

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) PI 1104833-6 A2



★ B R P I 1 1 0 4 8 3 3 A 2 ★

(22) Data de Depósito: 03/11/2011

(43) Data da Publicação: 16/07/2013
(RPI 2219)

(51) Int.Cl.:

H02J 7/00
B60L 11/18
B60W 20/00

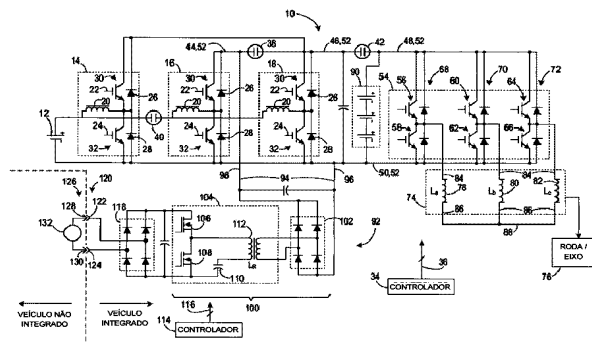
(54) Título: CIRCUITO DE ACIONAMENTO
ELETRÔNICO DE FORÇA

(30) Prioridade Unionista: 05/11/2010 US 12/940,110

(73) Titular(es): GENERAL ELECTRIC COMPANY

(72) Inventor(es): ROBERT DEAN KING, ROBERT LOUIS
STEIGERWALD, RUEDIGER SOEREN KUSCH

(57) Resumo: CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE FORÇA. Um aparelho para transferir energia com uso de eletrônicos de força integrados com isolamento de transformador high-frequência que inclui um circuito de acionamento eletrônico de força (10,134,136,142,174,178) compreende um barramento cc (52,176) e um primeiro dispositivo de armazenamento de energia (12) acoplado ao barramento cc (52,176). Um primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional (54,114) é acoplado ao primeiro dispositivo de armazenamento de energia (12) e ao barramento cc (52,176), e um primeiro dispositivo eletromecânico (74,144) acoplado ao primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional (54,144). Um sistema de carregamento (92) acoplado ao barramento cc (52,176) por meio de um barramento de carga (94) compreende um receptáculo (120) configurado para se encaixar com um conector (126) acoplado a uma fonte de tensão (132) externa ao circuito de acionamento eletrônico de força (10,134,136,142,174,178) e um transformador de isolamento (112) configurado para isolar eletricamente o barramento de carga (94) do receptáculo (120). Um controlador (34,114) configurado para fazer com que o sistema de carregamento (92) forneça uma tensão de carregamento para o barramento cc (52,176) com base em uma tensão recebida da fonte de tensão (132) externa ao circuito de acionamento eletrônico de força (10,134,136,142,174,178).



“CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE FORÇA”

ANTECEDENTES

A invenção se refere de forma geral a sistemas de acionamento elétrico incluindo veículos híbridos e eletrônicos, e a acionamentos estacionários que são submetidos a cargas transientes ou pulsadas e, mais particularmente, à energia de transferência entre um dispositivo de armazenamento elétrico do veículo ou acionador, e uma fonte de força externa para o veículo.

Os veículos elétricos híbridos podem combinar um motor de combustão interna e um motor elétrico alimentado por um dispositivo de armazenamento de energia, tal como uma bateria de tração, para propelar o veículo. Tal combinação pode aumentar a eficiência geral do combustível permitindo que o motor de combustão e o motor elétrico, cada um, operem em faixas respectivas de eficiência aumentada. Os motores elétricos, por exemplo, podem ser eficientes na aceleração de um ponto estacionário, enquanto os motores a combustão podem ser eficientes durante períodos prolongados de operação constante do motor, tal como na direção em uma autoestrada. Ter um motor elétrico para impulsionar a aceleração inicial permite que motores a combustão em veículos híbridos sejam menores e tenham mais eficiência de combustível.

Os veículos puramente elétricos usam energia elétrica armazenada para alimentar um motor elétrico, o que propela o veículo e pode também operar acionamentos auxiliares. Os veículos puramente elétricos podem usar um ou mais fontes de energia elétrica armazenada. Por exemplo, uma primeira fonte de energia elétrica armazenada pode ser usada para fornecer energia de duração mais longa enquanto uma segunda fonte de energia elétrica armazenada pode ser usada para fornecer energia de força mais alta para, por exemplo, aceleração.

Os veículos elétricos de tomada, sejam do tipo elétrico híbrido ou do tipo puramente elétrico, são configurados para usar energia elétrica de uma fonte externa para recarregar a bateria de tração. Tais veículos podem incluir veículos na estrada e fora da estrada, carros de golfe, veículos elétricos de vizinhança, empilhadeiras, e caminhões públicos, como exemplos. Esses veículos podem usar ou cargas de bateria estacionária não integradas ou cargas de bateria integradas para transferir energia elétrica de uma malha pública ou fonte de energia renovável para a bateria de tração integrada do veículo. Os veículos com vela incluem um conjunto de circuitos e conexões para facilitar a recarga da bateria de tração da malha pública ou outra fonte externa, por exemplo. A bateria que carrega o conjunto de circuitos, no entanto, pode incluir componentes dedicados tais como conversores de impulso, filtros de alta frequência, pulsadores, indutores, e outros componentes elétricos, incluindo conectores elétricos e interruptores, dedicados somente a transferir energia entre o dispositivo de armazenamento elétrico integrado e a fonte externa. Esses componentes adicionais dedicados adicionam custo extra e peso ao veículo.

Seria, então, desejável fornecer um aparelho para facilitar a transferência de energia elétrica de uma fonte externa para o dispositivo de armazenamento elétrico integrado de um veículo com vela que reduz o número de componentes dedicados somente a transferir energia entre o dispositivo de armazenamento elétrico integrado e a fonte externa. Seria também desejável fornecer isolamento do dispositivo de armazenamento elétrico integrado e outros componentes do veículo com vela a partir da fonte externa.

25

BREVE DESCRIÇÃO

De acordo com um aspecto da invenção, um circuito de acionamento eletrônico de força compreende um barramento cc e um primeiro dispositivo de armazenamento de energia acoplado ao barramento cc, o

primeiro dispositivo de armazenamento de energia configurado para emitir uma tensão cc. Um primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional é acoplado ao primeiro dispositivo de armazenamento de energia e ao barramento cc, e um primeiro dispositivo eletromecânico acoplado ao primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional. Um sistema de carregamento acoplado ao barramento cc por meio de um barramento de carga compreende um receptáculo configurado para se encaixar com um conector acoplado a uma fonte de tensão externa ao circuito de acionamento eletrônico de força e um transformador de isolamento configurado para isolar eletricamente o barramento de carga a partir do receptáculo. O circuito de acionamento eletrônico de força também compreende um controlador configurado para fazer com que o sistema de carregamento forneça uma tensão de carregamento para o barramento cc com base em uma tensão recebida da fonte de tensão externa ao circuito de acionamento eletrônico de força.

De acordo com outro aspecto da invenção, um método de fabricação de um circuito de acionamento eletrônico de força compreende acoplar um primeiro dispositivo de armazenamento de energia dc a um barramento cc, acoplar um primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional ao barramento cc, e acoplar um primeiro dispositivo eletromecânico ao primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional, o primeiro dispositivo eletromecânico configurado para converter energia mecânica em energia elétrica e configurado para converter energia elétrica em energia mecânica. O método também compreende acoplar um circuito de carregamento ao barramento cc por meio de um barramento de carga, o sistema de carregamento compreendendo um receptáculo configurado para se encaixar com um conector de fonte de tensão externa e um transformador configurado para isolar eletricamente o barramento de carga do receptáculo. O método também compreende configurar um controlador para fazer com que o sistema

de carregamento forneça uma tensão de carregamento ao barramento cc com base em uma tensão recebida de uma fonte de tensão externa.

De acordo com ainda outro aspecto da invenção, um sistema compreende uma máquina e um inversor de tensão acoplado à máquina. A máquina é configurada para conversor energia mecânica em energia elétrica e configurada para conversor energia elétrica em energia mecânica. O inversor de tensão é configurado para converter energia elétrica ca em energia elétrica dc e para conversor energia elétrica dc em energia elétrica ca. O sistema também compreende um barramento cc acoplado ao inversor de tensão, a primeiro dispositivo de armazenamento de energia acoplado ao barramento cc, e um sistema de carregamento. O sistema de carregamento compreende um receptáculo, um retificador de onda completa acoplado ao receptáculo, um conversor dc para dc acoplado ao retificador de onda completa, e um barramento de carga acoplado ao conversor dc para dc e ao barramento cc. O receptáculo é configurado para se encaixar com um plugue acoplado a uma fonte de tensão externa ao circuito de acionamento eletrônico de força. O retificador de onda completa é configurado para retificar uma tensão recebida de uma fonte de tensão. O conversor dc para dc compreende um transformador de isolamento configurado para isolar eletricamente o barramento de carga do retificador de onda completa. O sistema também compreende um controlador configurado para fazer com que o conversor dc para dc converta uma primeira tensão cc recebida do retificador de onda completa para uma segunda tensão cc e para fornecer a segunda tensão cc para o barramento de carga.

Vários outros recursos e vantagens se tornarão aparentes a partir da seguinte descrição detalhada e dos desenhos.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Os desenhos ilustram realizações presentemente contempladas para executar uma ou mais realizações da invenção.

Nos desenhos:

A FIGURA 1 é um diagrama esquemático de um sistema de tração de acordo com uma realização da invenção.

5 A FIGURA 2 é um diagrama esquemático de outro sistema de tração de acordo com uma realização da invenção.

A FIGURA 3 é um diagrama esquemático de outro sistema de tração de acordo com uma realização da invenção.

A FIGURA 4 é um diagrama esquemático de outro sistema de tração de acordo com uma realização da invenção.

10 A FIGURA 5 é um diagrama esquemático de outro sistema de tração de acordo com uma realização da invenção.

A FIGURA 6 é um diagrama esquemático de outro sistema de tração de acordo com uma realização da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA

15 A FIGURA 1 é um diagrama esquemático de um sistema de tração 10 usável em um veículo, tal como um veículo elétrico com vela ou híbrido com vela, ou sistema de acionamento elétrico estacionário de acordo com uma realização da invenção. O sistema de tração 10 inclui um primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12. Em uma realização, o primeiro
20 dispositivo de armazenamento de energia 12 é um dispositivo de armazenamento de energia de baixa tensão e pode ser uma bateria, uma célula de combustível, um ultracapacitor, ou similares. O sistema de tração 10 inclui um primeiro, segundo e terceiro conversor de tensão cc para dc bidirecional 14, 16, 18 configurado para converter uma tensão cc em outra
25 tensão cc. O primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12 é acoplado aos conversores de tensão cc para dc bidirecional 14 a 18. Cada conversor de tensão cc para dc bidirecional 14 a 18 inclui um indutor 20 acoplado a um par de comutadores 22, 24 e acoplado a um par de diodos 26, 28. Cada comutador

22, 24 é acoplado a um respectivo diodo 26, 28, e cada par comutador /diodo forma um respectivo módulo de meia fase 30, 32. Os comutadores 22, 24 são mostrados, para fins ilustrativos, como transistores bipolares de porta isolada (IGBTs). No entanto, as realizações da invenção não são limitadas aos IGBTs.

5 Qualquer comutador eletrônico apropriado pode ser usado, tal como, por exemplo, transistores de efeito de campo de semicondutor de óxido metálico (MOSFETs) transistores de junção bipolares (BJTs), e trístores controlados por semicondutor de óxido metálico (MCTs). A fabricação de comutador eletrônico
10 material semicondutor.

O sistema de tração 10 inclui um controlador 34 acoplado aos comutadores 22, 24 por meio de um respectivo par de linhas 36. Uma pluralidade de contadores 38, 40, 42 forma um conjunto de acoplamento controlado pelo controlador 34 durante um modo de carregamento de operação
15 e/ou interno e durante um modo de carregamento externo do sistema de tração 10. Durante o modo de operação, o controlador 34 é configurado para fazer com que os contadores 38 a 42 comutem ou permaneçam em uma posição fechada. Através do controle apropriado dos comutadores 22 e 24 durante o modo de operação, o controlador 34 é configurado para controlar os
20 conversores de tensão cc para dc bidirecionais 14 a 18 para estimular uma tensão do primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12 para uma tensão mais alta e fornecer a tensão mais alta para uma pluralidade de condutores 44, 46, 48, 50 de um barramento cc 52 acoplados aos conversores de tensão cc para dc bidirecionais 14-18. Durante o modo de carregamento
25 interno, o controlador 34 é também configurado para fazer com que os contadores 38 a 42 comutem ou permaneçam em uma posição fechada e para controlar os comutadores 22 e 24 dos conversores de tensão cc para dc bidirecionais 14 a 18 para inverter uma tensão do barramento cc 52 para

fornecer a tensão invertida para o primeiro dispositivo de armazenamento de energia¹² para carregar o primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12.

O sistema de tração 10 inclui um inversor de tensão cc para ca bidirecional 54 acoplado ao barramento cc 52. O inversor de tensão cc para ca bidirecional 54 inclui seis módulos de meia fase 56, 58, 60, 62, 64, e 66 que são postos em par para formar três fases 68, 70, e 72. Cada fase 68, 70, 72 é acoplada aos condutores 48 e 50 do barramento cc 52. Um dispositivo ou máquina eletromecânico 74 é acoplado ao inversor de tensão cc para ca bidirecional 54. Em uma realização, o dispositivo eletromecânico 74 é mostrado como um motor de tração de mecanicamente acoplado a um ou mais eixos ou rodas de acionamento 76 de um veículo (não mostrado). Configurações alternadas do dispositivo eletromecânico (não mostrado) incluem múltiplas fases ao invés de três. O dispositivo eletromecânico 74 inclui uma pluralidade de enrolamentos 78, 80, e 82 que têm uma pluralidade de condutores 84 acoplados às respectivas fases 68, 70, 72 do inversor de tensão cc para ca bidirecional 54. Os enrolamentos 78 a 82 também têm uma pluralidade de condutores 86 acoplados juntos para formar um nó comum 88. As configurações alternadas do dispositivo eletromecânico 74 (não mostrado) incluem uma pluralidade de enrolamentos que são acoplados em uma configuração "delta" sem um nó comum 88.

O controlador 34 é acoplado aos módulos de meia fase 56 a 66 por meio de linhas respectivas 36. O controlador 34, através de controle apropriado dos módulos de meia fase 56-66, é configurado para controlar o inversor de tensão cc para ca bidirecional 54 para conversor uma tensão ou corrente dc no barramento cc 52 para uma tensão ou corrente ca para fornecimento para os enrolamentos 78 a 82 por meio dos condutores 84. Desta forma, a tensão ou corrente dc do primeiro dispositivo de armazenamento de

energia¹² pode ser impulsionada por meio dos conversores de tensão cc para dc bidirecionais 14 a 18 para uma tensão ou corrente dc mais alta que é então convertida em uma tensão ou corrente ca e entregue ao motor 74 para acionar as rodas 76. Em outros sistemas de propulsão de não veículo, as rodas de acionamento 76 podem ser uma carga pulsada (não mostrado), incluindo uma bomba, ventilador, manivela, grua, ou outras cargas de acionamento de motor. Em um modo de frenagem regenerativa, o dispositivo eletromecânico 74 pode ser operado como um gerador para travar as rodas 76 e para fornecer tensão ou corrente ca para o inversor de tensão cc para ca bidirecional 54 para inversão em uma tensão ou corrente dc no barramento cc 52. Sendo assim, a tensão ou corrente dc pode ser invertida ou convertida em outra tensão ou corrente dc por meio dos conversores de tensão cc para dc bidirecionais 14 a 18 que seja adequada para recarregar o primeiro dispositivo de armazenamento de energia¹².

O sistema de tração 10 também inclui um segundo dispositivo de armazenamento de energia 90 acoplado ao barramento cc 52 para fornecer forma adicional para as rodas de acionamento 76. O segundo dispositivo de armazenamento de energia 90 pode ser configurado para fornecer uma força mais alta que o primeiro dispositivo de armazenamento de energia¹² para fornecer força durante, por exemplo, períodos de aceleração do veículo. O primeiro dispositivo de armazenamento de energia¹² pode ser configurado para fornecer uma energia mais alta que o segundo dispositivo de armazenamento de energia 90 para fornecer uma força de duração mais longa para o veículo para aumentar a distância de percurso do mesmo. A energia fornecida por meio do segundo dispositivo de armazenamento de energia 90 para o barramento cc 52 pode ser também invertido por meio do inversor de tensão cc para ca bidirecional 54 e fornecida para o dispositivo eletromecânico do motor 74. Similarmente, a energia gerada durante um modo de frenagem

regenerativo pode ser também usada para recarregar o segundo dispositivo de armazenamento de energia 90 por meio do inversor de tensão cc para ca bidirecional 54.

Quando um veículo que incorpora o sistema de tração 10 está estacionado ou não está em uso, pode ser desejável plugar o veículo, por exemplo, na malha pública ou em uma fonte de energia renovável para renovar ou recarregar qualquer um ou ambos os dispositivos de armazenamento de energia 12, 90. Desta forma, a FIGURA 1 mostra uma realização da invenção que inclui um circuito ou sistema de carregamento 92 acoplado ao sistema de tração 10 para o recarregamento dos dispositivos de armazenamento de energia 12, 90 de forma que os componentes do sistema de tração 10 possam ser usados para os propósitos duplos de recarregar os dispositivos de armazenamento de energia 12, 90 e conversor energia dos dispositivos de armazenamento de energia 12, 90 em energia utilizável para propelir o veículo.

O sistema de carregamento 92 inclui um barramento de carregamento 94 que tem um par de condutores 96, 98. Conforme mostrado na FIGURA 1, o condutor 96 é acoplado ao condutor 50 do barramento cc 52, e condutor 98 é acoplado ao condutor 44 do barramento cc 52. O sistema de carregamento 92 tem um conversor de isolamento dc para dc 100 acoplado ao barramento de carregamento 94 que inclui um retificador de onda completa 102 e um inversor 104 operado, nesta realização, como um inversor ressonante em série. O inversor 104 é configurado para converter uma tensão cc em uma tensão ca e para entregar a tensão ca para o retificador 102 para retificação em outra tensão cc a ser fornecida para o barramento de carregamento 94 para carregar o primeiro e/ou segundo dispositivos de armazenamento de energia 12, 90.

O inversor 104 inclui um par de comutadores ou transistores 106, 108 acoplado a um capacitor de ressonância 110 e a um transformador 112.

De acordo com as realizações da invenção, os transistores 106, 108 são transistores de efeito em campo, e o transformador 112 é um transformador de alta frequência, pequeno. Um controlador 114 acoplado aos transistores 106, 108 por meio de linhas respectivas 116 é configurado para controlar independentemente os transistores 106, 108 em um modo de ressonância em série de forma que o capacitor de ressonância 110 e a indutância de dispersão de transformador (L_R) do transformador 112 operem substancialmente ou levemente acima da ressonância em laço aberto. A indutância de dispersão de transformador, que serve como um indutor ressonante, não é mostrada na figura. Apesar de o sistema de tração 10 ser mostrado na FIGURA 1 tendo dois controladores 34, 114, é contemplado que mais ou menos que dois controladores podem ser configurados para realizar as operações do controlador.

Como a indutância ressonante (L_R) é fornecida pelo transformador 112, um componente adicional é evitado. Além disso, como um valor baixo de indutância de dispersão não é necessário, o espaçamento entre os enrolamentos primário e secundário do transformador 112 pode ser relativamente grande, o que leva a baixa capacitância entre enrolamentos (o que por sua vez leva a bom desempenho de EMI). Este espaçamento grande também alcança excelente isolamento de alta tensão entre o lado de entra e o lado de saída do conversor dc para dc 100. Em adição, a razão de voltas do transformador 112 pode ser designada ou selecionada de forma que uma tensão ideal seja gerada a partir deste com base nas características da entrada de tensão no conversor dc para dc 100. Em uma realização, a indutância de magnetização do transformador 112 é designada para fornecer comutação suave em qualquer carga.

O controle de transistores 106, 108 desta maneira permite baixas perdas de comutação e um controle de frequência constante simples. Os

transistores 106, 108 podem ser, por exemplo, ambos operados em uma frequência tal como 100 KHz com base em uma combinação apropriada das características do capacitor de ressonância 110 e do transformador 112. Funcionando em ou um pouco acima da ressonância, a corrente de alta
5 frequência que é levada pelos comutadores ou transistores de alta frequência 106, 108 é sinusoidal, e a comutação ocorre em corrente próxima a zero. Desta maneira, as perdas de comutação são próximas a zero. Em adição, a indutância de magnetização do transformador 112 pode ser designada para produzir apenas corrente de magnetização suficiente para permitir comutação
10 de tensão zero (ZVS) dos transistores 106, 108 que serão independentes da corrente de carga. Desta forma, a comutação eficiente que permite a operação de alta frequência (por exemplo, 100 a 300 kHz tipicamente) é alcançada.

O sistema de carregamento 92 inclui um retificador de onda completa 118 acoplado ao conversor dc para dc 100 e acoplado a um
15 receptáculo 120 que tem contatos 122, 124 configurados para se encaixarem com um plugue ou conector 126 que tem os contatos 128, 130 de uma fonte de força externa 132. Em uma realização, é contemplado que a fonte de força externa 132 é uma fonte ca e que uma, duas, ou três fases da fonte de força externa 132 podem ser usadas e que a fonte de força externa 132 pode
20 fornecer, por exemplo, 120 Vac ou 240 Vac de força. Em uma configuração designada para operação a partir de uma fonte de força externa ca trifásica 132, o retificador 118 pode ser modificado para incluir dois diodos adicionais (não mostrados) para a terceira fase de um retificador trifásico. De acordo com outra realização da invenção, é contemplado que a fonte de força externa 132
25 é um fonte cc. Acoplar a fonte cc 132 ao barramento de carregamento 94 através do retificador 118 ajuda a garantir que a tensão de carregamento transferida para o barramento de carregamento 94 tem a polaridade correta se a fonte cc 132 estiver acoplada a um retificador 118 com uma polaridade

reversa. O receptáculo 120 pode ser usado com ou uma fonte de tensão ca externa ou uma fonte de tensões cc externa. Ter um único receptáculo 120 configurado para se encaixar com ambos os tipos de fonte de tensão externa ajuda a reduzir os custos do sistema.

5 O fator de força de um sistema de força elétrica ca é definido como a razão entre a força real e a força aparente e pode ser expressa como um número entre 0 e 1 ou como uma percentagem entre 0 e 100. A força real é a capacidade do circuito para realizar trabalho em um tempo particular. A força aparente é o produto da corrente de raiz média quadrática e a tensão média

10 quadrática do circuito. Devido à energia armazenada na carga e retornou para a fonte, ou devido a uma carga não linear que distorce o formato de onda da corrente extraída da fonte, a força aparente pode ser maior que a força real. Um circuito com um fator de força inferior realiza menos trabalho para a mesma tensão e corrente de raiz média quadrática que um circuito com um fator de

15 força mais alto. Sendo assim, para realizar a mesma quantidade de trabalho, uma tensão ou corrente mais alta é inserida no circuito com o fator de força inferior.

Os suprimentos de força de modo de comutação podem ser configurados para controlar a quantidade de energia extraída por uma carga

20 para aumentar o fator de força de transferência de energia. Em algumas aplicações, um suprimento de força de modo de comutação, tal como um incluindo um conversor de neutralização/estímulo, por exemplo, controla a corrente de entrada para esta de forma que a forma de onda da corrente seja proporcional à forma de onda da tensão de entrada para esta. Por exemplo, o

25 conversor de neutralização/estímulo pode formatar a forma de onda da corrente em uma onda de seno que está em fase com uma onda de seno da forma de onda da tensão. O conversor de estímulo pode ser controlado para manter uma tensão de linha de saída de barramento cc constante enquanto

extrai uma corrente que está em fase com, e na mesma frequência que a tensão de linha de saída.

Quando um veículo que incorpora o sistema de tração 10 está estacionado ou não está em uso, pode ser desejável plugar o veículo, por exemplo, na malha pública ou a uma fonte de energia renovável para renovar ou recarregar qualquer um ou ambos os dispositivos de armazenamento de energia 12, 90. Desta forma, a operação do sistema de tração 10 durante o modo de carregamento externo será agora descrita.

Quando a fonte de força externa 132 está conectada ao sistema de carregamento 92 através dos contatos 122, 124, 128, 130, o controlador 114 é configurado para controlar o conversor dc para dc 100 conforme descrito acima para fornecer uma tensão de carregamento para o barramento de carregamento 94, que transfere a tensão de carregamento para o barramento cc 52.

Em um modo de carregamento de somente neutralização, o controlador 34 é configurado para controlar os contadores 38 a 42 para comutar ou permanecer em uma posição aberta para desacoplar o conversor de tensão cc para dc bidirecional 16 do condutor 46 do barramento cc 52 e para desacoplar os conversores de tensão cc para dc bidirecionais 16, 18 de ser diretamente acoplado ao primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12. Em adição, o segundo dispositivo de armazenamento de energia 90 é desacoplado da tensão de carregamento. O controlador 34 é também configurado para controlar o conversor de tensão cc para dc bidirecional 16 em um modo de neutralização para converter a tensão de carregamento dc fornecida pelo barramento de carregamento 94 para uma segunda tensão de carregamento inferior. Para neutralizar a tensão de carregamento, o controlador 34 controla o comutador 22 de forma que, juntamente com o indutor 20 e o diodo 28 do conversor 16, a segunda tensão de carregamento é

fornecida para o conversor de tensão cc para dc bidirecional 18. O diodo 26 do conversor 18 fornece a segunda tensão de carregamento para o conversor de tensão cc para dc bidirecional 14, que fornece a segunda tensão de carregamento para o primeiro dispositivo de armazenamento de energia¹² por meio do indutor 20 e comutador 22 (que é controlado para um estado ligado) do conversor 14.

Em um modo de carregamento de estímulo-neutralização, o controlador 34 é configurado para controlar os contadores 38 a 40 para comutarem ou permanecerem em uma posição aberta. O controlador 34 é também configurado para controlar o comutador 22 para um estado ligado de forma que o conversor 16 transfira a tensão de carregamento para o conversor 18 sem ativar o controle de neutralização. O controlador 34 é configurado para controlar o conversor 18 em um modo de estímulo para converter a tensão de carregamento dc fornecida pelo barramento de carregamento 94 em uma segunda tensão de carregamento mais alta. Para estimular a tensão de carregamento, o controlador 34 controla o comutador 22 de forma que, juntamente com o diodo 28 do conversor 18, a segunda tensão de carregamento se já fornecida ao conversor de tensão cc para dc bidirecional 14. Em uma realização, o controlador 34 pode controlar um interruptor 42 para um estado fechado de forma que a segunda tensão de carregamento seja também fornecida para o segundo dispositivo de armazenamento de energia 90 para um carregamento do mesmo. O controlador 34 é configurado para controlar o conversor de tensão cc para dc bidirecional 14 em um modo de neutralização para converter a tensão de carregamento dc estimulada fornecida pelo conversor 18 para uma terceira tensão de carregamento inferior. Para neutralizar a tensão de carregamento, o controlador 34 controla o comutador 22 de forma que, juntamente com o indutor 20 e o diodo 28 do conversor 14, a terceira tensão de carregamento é fornecida para o primeiro

dispositivo de armazenamento de energia 12.

Com o interruptor 38 aberto e o interruptor 42 fechado, os conversores de força bidirecionais 16 e 18 podem ser usados em combinação para produzir neutralização ou estímulo para carregar o dispositivo de armazenamento de energia 90. Quando o barramento de tensão 94 está abaixo do barramento de tensão 52, o estímulo de tensão é realizado ligando-se o transistor 22 do conversor bidirecional 16 e operando o transistor 24 e o diodo 26 do conversor bidirecional 18 em um modo de comutação para estimular a tensão até o nível do barramento 52 para carregar dispositivo de armazenamento de energia 90. Se o barramento de tensão 94 exceder o barramento de tensão 52, os mesmos conversores podem ser operados em um modo de neutralização operando o transistor 22 e o diodo 28 do conversor bidirecional 16 em um modo de neutralização e continuamente conduzindo corrente através do diodo 26 do conversor bidirecional 18 para o barramento 52 assim carregando o dispositivo de armazenamento de energia 90. Desta maneira, o dispositivo de armazenamento de energia 90 pode ser carregado esteja ou não o barramento de tensão 94 acima ou abaixo do barramento de tensão 52. Nota-se que os modos de neutralização e estímulo podem ser alternados rapidamente durante um meio período da onda de tensão ca de entrada (tipicamente 50 ou 60 Hz). Com o conversor dc-dc 100 operado em uma frequência constante, seu barramento de tensão de saída 94 pulsará em frequência de linha dupla (tipicamente 100 ou 120 Hz). Quando a tensão do barramento 94 for baixa (cerca de zero cruzamentos da tensão ca de entrada 132), os conversores agem no modo de estímulo e próximo ao máximo da onda de entrada ca da tensão ca 132, os conversores podem agir no modo de neutralização se esta tensão exceder a tensão do barramento 52. Com controle apropriado pelo controlador 34, o valor da corrente de entrada pode ser feito para ser proporcional à onda de tensão de entrada assim obtendo fator de alta

força. Com este tipo de controle dos conversores bidirecionais 16 e 18, a carga média na saída do conversor dc-dc 100 parece um resistor e isto é refletido na fonte de entrada ca como um resistor equivalente também. Assim, um fator de força alto é alcançado com baixas correntes harmônicas. Este mesmo tipo de comportamento pode ser alcançado com as realizações que seguem (exceto a realização na FIGURA 3 que será discutida abaixo).

Outra realização da invenção inclui um sistema de tração 134 de forma geral ilustrado na FIGURA 2, em que componentes similares discutidos em conexão com a realização mostrada na FIGURA 1 forma designados com numerais de referência similares.

Conforme mostrado na FIGURA 2, o condutor 98 do barramento de carregamento 94 é diretamente acoplado ao indutor 20 do conversor de tensão cc para dc bidirecional 18 ao invés de ao condutor 44 do barramento cc 52. Em adição, o interruptor 38 é removido, e o interruptor 40 é acoplado entre os conversores 14, 16 e o conversor 18.

Em um modo de carregamento de somente neutralização, o controlador 34 é configurado para controlar os contadores 40 a 42 para comutarem ou permanecerem em uma posição aberta para desacoplar o conversor de tensão cc para dc bidirecional 18 de ser diretamente acoplado ao primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12 e aos conversores 14, 16. Em adição, o segundo dispositivo de armazenamento de energia 90 é desacoplado da tensão de carregamento. Por meio do diodo 26 do conversor 18, a tensão de carregamento fornecida pelo barramento de carregamento 94 é fornecida para o barramento cc 52. O controlador 34 é configurado para controlar qualquer um ou ambos os conversores 14, 16 em um modo de neutralização para converter a dc tensão de carregamento no barramento cc 52 em uma segunda tensão de carregamento inferior. Para neutralizar a tensão de carregamento, o controlador 34 controla o comutador 22 de forma que,

juntamente com o indutor 20 e o diodo 28 de qualquer um ou ambos os conversores 14, 16, a segunda tensão de carregamento é fornecida ao primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12.

Em um modo de carregamento de estímulo-neutralização, o controlador 34 é configurado para controlar o interruptor 40 para comutar ou permanecer em uma posição aberta. O controlador 34 é também configurado para controlar o conversor 18 em um modo de estímulo para converter a tensão de carregamento dc fornecida pelo barramento de carregamento 94 em uma segunda tensão de carregamento mais alta. Para estimular a tensão de carregamento, o controlador 34 controla o comutador 24 de forma que, juntamente com o diodo 26 do conversor 18, a segunda tensão de carregamento seja fornecida para os conversores de tensão cc para dc bidirecionais 14, 16. Em uma realização, o controlador 34 pode controlar o interruptor 42 para um estado fechado de forma que a segunda tensão de carregamento seja também fornecida para o segundo dispositivo de armazenamento de energia 90 para um carregamento do mesmo. O controlador 34 é configurado para controlar qualquer um ou ambos os conversores de tensão cc para dc bidirecionais 14, 16 em um modo de neutralização para converter a tensão de carregamento dc estimulada fornecida pelo conversor 18 em uma terceira tensão de carregamento inferior. Para neutralizar a tensão de carregamento, o controlador 34 controla o comutador 22 de forma que, juntamente com o indutor 20 e o diodo 28 de qualquer um ou ambos os conversores 14, 16, a terceira tensão de carregamento seja fornecida para o primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12.

Outra realização da invenção inclui um sistema de tração 136 de forma geral ilustrado na FIGURA 3, em que componentes similares discutidos em conexão com as realizações mostradas nas FIGURAS 1 e 2 foram

designados com numerais de referência similares.

Em uma realização, o inversor 104 é operado em um modo de ressonância paralela ou em um modo de ressonância paralela em série para extrair corrente utilitária sinusoidal. A operação do inversor 104 desta maneira
 5 inclui um controle ativo do inversor 104 com uso de uma retroalimentação de corrente recebida e movendo a frequência dos transistores de controle 106, 108 ao redor para controlar o formato de onda da corrente de entrada. É contemplado, no entanto, que o controle do inversor 104 em um modo de ressonância em série conforme descrito acima está também disponível.

10 Conforme mostrado na FIGURA 3, o condutor 98 do barramento de carregamento 94 é diretamente acoplado aos diodos 26, 28 do conversor de tensão cc para dc bidirecional 16, e o condutor 96 do barramento de carregamento 94 é diretamente acoplado aos diodos 26, 28 do conversor de tensão cc para dc bidirecional 18 ao invés de ao condutor 44 do barramento cc
 15 52. Desta maneira, o retificador 102 ilustrado nas FIGURAS 1 e 2 não é necessário, e a retificação da saída de tensão ca do sistema de carregamento 92 é retificada por meio dos diodos 26, 28 dos conversores 16, 18.

Em um modo de carregamento de estímulo-neutralização por meio de um circuito ou sistema de carregamento 92, o controlador 114 é
 20 configurado para fechar um par de contadores 138, 140 acoplados aos condutores 96, 98 do barramento de carregamento 94 e para abrir o interruptor 40 de forma que a corrente dc não controlável não flua dos indutores 20 dos conversores de tensão cc para dc bidirecionais 16 e 18 diretamente para o dispositivo de armazenamento de energia 12. O controlador 114 é também
 25 configurado para controlar o inversor 104 para inverter e estimular a tensão do retificador 118 e para fornecer a tensão estimulada para os diodos 26, 28 dos conversores 16, 18 para retificação em uma tensão cc estimulada para suprimir o barramento cc 52. O segundo dispositivo de armazenamento de energia 90 é

recarregado por meio da tensão cc estimulada. O controlador 34 é configurado para o conversor de tensão cc para dc bidirecional 14 em um modo de neutralização para converter a tensão de carregamento dc estimulada fornecida para o barramento cc 52 em uma tensão de carregamento inferior.

- 5 Para neutralizar a tensão de carregamento, o controlador 34 controla o comutador 22 de forma que, juntamente com o indutor 20 e o diodo 28 do conversor 14, a tensão de carregamento seja fornecida para o primeiro dispositivo de armazenamento de energia¹².

Quando opera em um modo de carregamento não externo tal
 10 como durante um modo de frenagem regenerativa, o controlador 114 é configurado para abrir um ou ambos os contadores 138, 140 se os conversores 16, 18 devam ser operados diferentemente. Abrir um ou ambos os contadores 138, 140 ajuda a prevenir que corrente potencial flua no transformador 112 quando o sistema esta operando no modo de carregamento não externo. Um
 15 versado na técnica reconhecerá que se os conversores 16 e 18 aforem comutados juntos enquanto operam em um modo de carregamento ou motorização não externo, por exemplo, enquanto motoriza ou propela o veículo, os contadores 138, 140 não seriam necessários já que não haveria tensão através do enrolamento secundário do transformador 112.

20 Outra realização da invenção inclui um sistema de tração 142 de forma geral ilustrado na FIGURA 4, em que componentes similares discutidos em conexão com as realizações mostradas nas FIGURAS 1 a 3 foram designados com numerais de referência similares.

O sistema de tração 142 inclui um segundo inversor de tensão cc
 25 para ca bidirecional 144 acoplado a um segundo dispositivo eletromecânico 146, que inclui uma pluralidade de enrolamentos 148, 150, e 152. O segundo inversor de tensão cc para ca bidirecional 144 inclui seis módulos de meia fase 154, 156, 158, 160, 162 e 164 que são postos em par para formar três fases

166, 168, e 170. Cada fase 166, 168, 170 é acoplada aos condutores 44 e 50 do barramento cc 52.

Em uma realização da invenção, o dispositivo eletromecânico 74 é um motor de tração acoplado às rodas 76, e o dispositivo eletromecânico 146 é um alternador mecanicamente acoplado a um motor de combustão interna 172. O controlador 34 é acoplado aos módulos de meia fase 154 a 164 por meio das linhas respectivas 36. O controlador 34, através do controle apropriado dos módulos de meia fase 154 a 164, é configurado para controlar o inversor de arranque 144 para converter uma tensão ou corrente dc no barramento cc 52 em uma tensão ou corrente ca para fornecer para os enrolamentos 148 a 152 do alternador 146 para produzir torque para dar arrance ao motor de combustão interna 172. Alternativamente, motor de combustão interna 172 pode fornecer torque para o alternador 146 para fornecer tensão ou corrente ca para inversor de arranque 144 para inversão em uma tensão ou corrente dc no barramento cc 52. Sendo assim, a tensão ou corrente dc recarrega o segundo dispositivo de armazenamento de energia 90 e/ou pode ser neutralizada ou convertida em outra tensão cc por meio do conversor de tensão cc para dc bidirecional 14 que seja adequada para recarregar o primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12.

Conforme mostrado na FIGURA 4, o sistema de carregamento 92 é acoplado ao alternador 146. Desta forma, em um modo de carregamento de estímulo-neutralização, o controlador 34 é configurado para controlar, por exemplo, os módulos de meia fase 154, 156 de fase 166 para estimular a tensão ou corrente de carregamento que flui no enrolamento 148 do alternador 146. A tensão de carregamento estimulada é fornecida para o barramento cc 52 e é usada para diretamente recarregar o segundo dispositivo de armazenamento de energia 90, se presente, e para recarregar o primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12 por meio do controle de

neutralização do conversor de tensão cc para dc bidirecional 14 pelo controlador 34. Se o segundo dispositivo de armazenamento de energia 90 não estiver presente, um capacitor de filtro Link dc (não mostrado) contido dentro do inversor 144 fornece a função de suavização para o barramento cc 52, e recarga do primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12 pode ser carregada por meio do controle de neutralização do conversor de tensão cc para dc bidirecional 14 pelo controlador 34. Desta forma, um fator de força alto pode ser concretizado para as configurações em que um nível tensão cc no barramento cc 52 é mais alto que a tensão de pico da saída do retificador 118.

10 O controlador 34 pode ser também configurado para adicionalmente controlar os módulos de meia fase 158, 160 de fase 168 e/ou os módulos de meia fase 162, 164 de fase 170 pra operarem o inversor de arranque 144 como um circuito de estímulo bifásico ou trifásico em um modo de intercalação para reduzir ondulação. Ademais, a operação em uma, duas ou três fases durante o

15 carregamento pode maximizar a eficiência de carregamento de carga parcial.

Além disso, apesar de os conversores de tensão cc para dc bidirecionais 16, 18 não serem ilustrados na FIGURA 4, deve ser entendido que o sistema de tração 142 pode incluir os conversores 16, 18 e que o conversor 16 e/ou 18 pode ser operado em adição ao conversor 14 para

20 fornecer um circuito de neutralização bifásico ou trifásico em um modo de intercalação.

A FIGURA 5 mostra um diagrama esquemático de um sistema de tração 174 de acordo com outra realização da invenção, em que componentes similares discutidos em conexão com as realizações mostradas nas FIGURAS

25 1 a 4 foram designados com numerais de referência similares. O sistema de tração 174 inclui o primeiro e segundo inversores de tensão cc para ca bidirecionais 54, 144 e os dispositivos eletromecânicos 74, 146 similar ao sistema de tração 142 da FIGURA 4. No entanto, o inversor de tensão cc para

ca bidirecional 144 mostrado na FIGURA 5 é acoplado em paralelo ao primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12 através de um segundo barramento cc 176 ao invés de paralelo ao inversor de tensão cc para ca bidirecional 54 através do barramento cc 52, conforme mostrado na FIGURA 4.

5 Desta forma, uma tensão de carregamento da fonte de força externa 132 é estimulada através do inversor de tensão cc para ca bidirecional 144 por meio de controle apropriado por meio do controlador 34. A tensão de carregamento estimulada diretamente recarrega o primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12 e recarrega o segundo dispositivo de armazenamento de energia
10 90, se presente, por meio do controle de neutralização do conversor de tensão cc para dc bidirecional 14. O controlador 34 pode ser também configurado para adicionalmente controlar os módulos de meia fase 158, 160 de fase 168 e/ou os módulos de meia fase 162, 164 de fase 170 para operar o inversor de arranque 144 como um circuito de estímulo bifásico ou trifásico em um modo
15 de intercalação durante o carregamento para reduzir a ondulação. Ademais, a operação em uma, duas ou três fases durante o carregamento pode maximizar a eficiência de carregamento de carga parcial. O controlador 34 pode ser também configurado para adicionalmente controlar os módulos de meia fase 154, 156 de fase 166, os módulos de meia fase 158, 160 de fase 168, e os
20 módulos de meia fase 162, 164 de fase 170 para operar o inversor de arranque 144 como um conversor ca–cc para fornecer uma tensão de carga controlada para o dispositivo de armazenamento de energia 12 e a força para operar o sistema de acionamento de tração compreendido do inversor dc para ca 54 e a máquina elétrica 74 com uso de força do motor de combustão interna 172 que
25 aciona o alternador 146.

Outra realização da invenção inclui um sistema de tração 178 de forma geral ilustrado na FIGURA 6, em que componentes similares discutidos em conexão com as realizações mostradas nas FIGURAS 1 a 5 foram

designados com numerais de referência similares.

O sistema de tração 178, similar ao sistema de tração 142 da FIGURA 4, tem o condutor 98 do barramento de carregamento 94 acoplado a um dispositivo eletromecânico. No entanto, o condutor 98 do sistema de tração 178 mostrado na FIGURA 6 é diretamente acoplado ao nó 88 do motor de tração 74 ao invés do alternador 146. No modo de carregamento de estímulo-neutralização, o controlador 34 é configurado para controlar, por exemplo, os módulos de meia fase 56, 58 de fase 68 para estimular a tensão de carregamento e assim a corrente que flui no enrolamento 78 do motor 74. A tensão de carregamento estimulada é fornecida ao barramento cc 52 e é usada para diretamente recarregar o segundo dispositivo de armazenamento de energia 90, se presente, e para recarregar o primeiro dispositivo de armazenamento de energia 12 por meio do controle de neutralização do conversor de tensão cc para dc bidirecional 14 pelo controlador 34.

As realizações da invenção assim usam conversores integrados, conversores cc-cc e indutores associados, inversores, indutâncias de máquina de um sistema de controle de tração, ou uma combinação dos mesmos para recarregar um ou mais dispositivos de armazenamento de energia do sistema de controle de tração. Desta maneira, os conversores, inversores, indutores associados a conversor cc-cc, e indutâncias de máquina podem ser usados para o propósito duplo de motorizar e recarregar os dispositivos de armazenamento de energia. Com uso dos inversores, indutores associados a conversor dc-dc e indutâncias de máquina permitem fator de alta força, carregamento harmônico baixo dos dispositivos de armazenamento de energia. Em adição, com uso de um conversor dc para dc no sistema de carregamento que tem um transformador de isolamento permite que os conversores integrados, inversores, e indutâncias de máquina sejam isolados das linhas de alimentação. Desta forma, uma proteção contra falhas fundamentais e similares

é melhorada. Além disso, a tensão de carregamento alimentada para os conversores, inversores, indutores associados a conversor cc-cc, e indutâncias de máquina podem ser designados para estarem em um nível ideal.

De acordo com uma realização da invenção, um circuito de
5 acionamento eletrônico de força compreende um barramento cc e um primeiro dispositivo de armazenamento de energia acoplado ao barramento cc, o primeiro dispositivo de armazenamento de energia configurado para emitir uma tensão cc. Um primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional é acoplado ao primeiro dispositivo de armazenamento de energia e ao barramento cc, e
10 um primeiro dispositivo eletromecânico acoplado ao primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional. Um sistema de carregamento acoplado ao barramento cc por meio de um barramento de carga compreende um receptáculo configurado para se encaixar com um conector acoplado a uma fonte de tensão externa ao circuito de acionamento eletrônico de força e um transformador de
15 isolamento configurado para isolar eletricamente o barramento de carga do receptáculo. O circuito de acionamento eletrônico de força também compreende um controlador configurado para fazer com que o sistema de carregamento forneça uma tensão de carregamento ao barramento cc com base em uma tensão recebida da fonte de tensão externa para o circuito de
20 acionamento eletrônico de força.

De acordo com outra realização da invenção, um método para fabricar um circuito de acionamento eletrônico de força compreende acoplar um primeiro dispositivo de armazenamento de energia dc a um barramento cc, acoplar um primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional ao barramento
25 cc, e acoplar um primeiro dispositivo eletromecânico ao primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional, o primeiro dispositivo eletromecânico configurado para converter energia mecânica em energia elétrica e configurado para converter energia elétrica em energia mecânica. O método também

compreende acoplar um circuito de carregamento ao barramento cc por meio de um barramento de carga, o sistema de carregamento compreendendo um receptáculo configurado para se encaixar com um conector de fonte de tensão externa e um transformador configurado para isolar eletricamente o barramento de carga do receptáculo. O método também compreende configurar um controlador para fazer com que o sistema de carregamento forneça uma tensão de carregamento ao barramento cc com base em uma tensão recebida de uma fonte de tensão externa.

Em concordância já com outra realização da invenção, um sistema compreende uma máquina e um inversor de tensão acoplado à máquina. A máquina é configurada para converter energia mecânica em energia elétrica e configurada para converter energia elétrica em energia mecânica. O inversor de tensão é configurado para converter energia elétrica ca em energia elétrica dc e para converter energia elétrica dc em energia elétrica ca. O sistema também compreende um barramento cc acoplado ao inversor de tensão, um primeiro dispositivo de armazenamento de energia acoplado ao barramento cc, e um sistema de carregamento. O sistema de carregamento compreende um receptáculo, um retificador de onda completa acoplado ao receptáculo, um conversor dc para dc acoplado ao retificador de onda completa, e um barramento de carga acoplado ao conversor dc para dc e ao barramento cc. O receptáculo é configurado para se encaixar com um plugue acoplado a uma fonte de tensão externa ao circuito de acionamento eletrônico de força. O retificador de onda completa é configurado para retificar uma tensão recebida da fonte de tensão. O conversor dc para dc compreende um transformador de isolamento configurado para isolar eletricamente o barramento de carga do retificador de onda completa. O sistema também compreende um controlador configurado para fazer com que o conversor dc para dc converta uma primeira tensão cc recebida do retificador de onda

completa em uma segunda tensão cc e para fornecer a segunda tensão cc para o barramento de carga.

Apesar de a invenção ter sido descrita em detalhe em conexão com somente um número limitado de realizações, deve ser prontamente
5 entendido que a invenção não se limita a tais realizações reveladas. Pelo contrário, a invenção pode ser modificada para incorporar qualquer quantidade de variações, alterações, substituições ou disposições equivalentes não descritas anteriormente, mas que são comensuráveis com o espírito e escopo da invenção. Adicionalmente, apesar de várias realizações da invenção terem
10 sido descritas, deve ser entendido que os aspectos da invenção podem incluir somente algumas das realizações descritas. Desta forma, a invenção não deve ser vista como limitada pela descrição anterior, mas é somente limitada pelo escopo das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE FORÇA (10, 134, 136, 142, 174, 178), que compreende:

um barramento cc (52, 176);

5 um primeiro dispositivo de armazenamento de energia (12) acoplado ao barramento cc (52,176), o primeiro dispositivo de armazenamento de energia (12) configurado para emitir uma tensão cc;

um primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional (54,144) acoplado ao primeiro dispositivo de armazenamento de energia (12) e ao
10 barramento cc (52,176);

um primeiro dispositivo eletromecânico (74,144) acoplado ao primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional (54,144);

um sistema de carregamento (92) acoplado ao barramento cc (52,176) por meio de um barramento de carga (94), o sistema de carregamento
15 (92) que compreende:

um receptáculo (120) configurado para se encaixar com conector (126) acoplado a uma fonte de tensão (132) externa ao circuito de acionamento eletrônico de força (10, 134, 136, 142, 174,178); e.

um transformador de isolamento (112) configurado para isolar
20 eletricamente o barramento de carga (94) do receptáculo (120); e

um controlador (34,114) configurado para fazer com que o sistema de carregamento (92) forneça uma tensão de carregamento para o barramento cc (52,176) com base em uma tensão recebida da fonte de tensão (132) externa ao circuito de acionamento eletrônico de força
25 (10,134,136,142,174,178).

2. CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE FORÇA (10,134,136,142,174,178), de acordo com a reivindicação 1, em que o sistema de carregamento (92) ainda compreende:

um par de transistores (106,108); e
 um capacitor de ressonância (110); e
 em que o transformador de isolamento (112), o par de
 transistores (106,108), e o capacitor de ressonância (110) formam um inversor
 5 ca para dc de isolamento (104) (104).

3. CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE
 FORÇA (10,134,136,142,174,178), de acordo com a reivindicação 2, em que o
 controlador (34,114) é ainda configurado para fazer com que o inversor ca para
 dc de isolamento (104) opere em um modo de ressonância em série.

10 4. CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE
 FORÇA (10,134,136,142,174,178), de acordo com a reivindicação 2, em que o
 controlador (34,114) é ainda configurado para fazer com que o inversor ca para
 dc de isolamento (104) opere em um dente um modo de ressonância paralelo
 ou um modo de ressonância paralelo em série.

15 5. CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE
 FORÇA (10,134,136,142,174,178), de acordo com a reivindicação 2, em que o
 sistema de carregamento (92) ainda compreende um retificador de onda
 completa (102), em que o inversor ca para dc de isolamento (104) e p
 retificador de onda completa (102) formam um conversor dc para dc de
 20 isolamento (100).

6. CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE
 FORÇA (10,134,136,142,174,178), de acordo com a reivindicação 1, que ainda
 compreende um primeiro conversor de tensão cc para dc bidirecional (14)
 acoplado ao barramento cc (52,176); e

25 em que o controlador (34,114) é ainda configurado para fazer
 com que o primeiro conversor de tensão cc para dc bidirecional (14) para:

estimular uma tensão de armazenamento do primeiro dispositivo
 de armazenamento de energia (12); e

fornecer a tensão de armazenamento estimulada para o barramento cc (52,176).

7. CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE FORÇA (10,134,136,142,174,178), de acordo com a reivindicação 6, em que o controlador (34,114) é ainda configurado para fazer com que o primeiro conversor de tensão cc para dc bidirecional (14) para:

neutralizar uma primeira tensão cc no barramento cc (52,176) em uma segunda tensão cc adequada para carregar o primeiro dispositivo de armazenamento de energia (12); e

fornecer a segunda tensão cc para o primeiro dispositivo de armazenamento de energia (12).

8. CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE FORÇA (10,134,136,142,174,178), de acordo com a reivindicação 7, em que o primeiro dispositivo eletromecânico (74,144) é configurado para fornecer uma tensão regenerativa ca para o primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional (54,144); e

em que o primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional (54,144) é configurado para inverter a tensão regenerativa ca na primeira tensão cc e fornecer a primeira tensão cc para o barramento cc (52,176).

9. CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE FORÇA (10,134,136,142,174,178), de acordo com a reivindicação 7, que ainda compreende:

um segundo inversor de tensão cc para ca bidirecional (54,144) acoplado ao barramento cc (52,176); e

um segundo dispositivo eletromecânico (74,146) acoplado ao segundo inversor de tensão cc para ca bidirecional (54,144);

em que o barramento de carga (94) compreende:

um primeiro condutor (96) acoplado ao barramento de carga (94);

e

um segundo condutor (98) acoplado ao segundo dispositivo eletromecânico (74,146); e

em que o controlador (34,114), está sendo configurado para fazer
5 com que o sistema de carregamento (92) forneça a tensão de carregamento para o barramento cc (52,176), é configurado para fazer com que o segundo inversor de tensão cc para ca bidirecional (54,144) estimule uma tensão retificada do barramento de carga (94) na primeira tensão cc.

10 10. CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE FORÇA (10,134,136,142,174,178), de acordo com a reivindicação 7, que ainda compreende um segundo conversor de tensão cc para dc bidirecional (18) acoplado ao barramento cc (52,176); e

em que o controlador (34,114) é ainda configurado para induzir o segundo conversor de tensão cc para dc bidirecional (18) a:

15 estimular uma tensão de armazenamento do primeiro dispositivo de armazenamento de energia (12);

fornecer a tensão de armazenamento estimulada para o barramento cc (52,176);

20 estimular uma tensão de carregamento do sistema de carregamento (92);

fornecer a tensão de carregamento estimulada para o barramento cc (52,176).

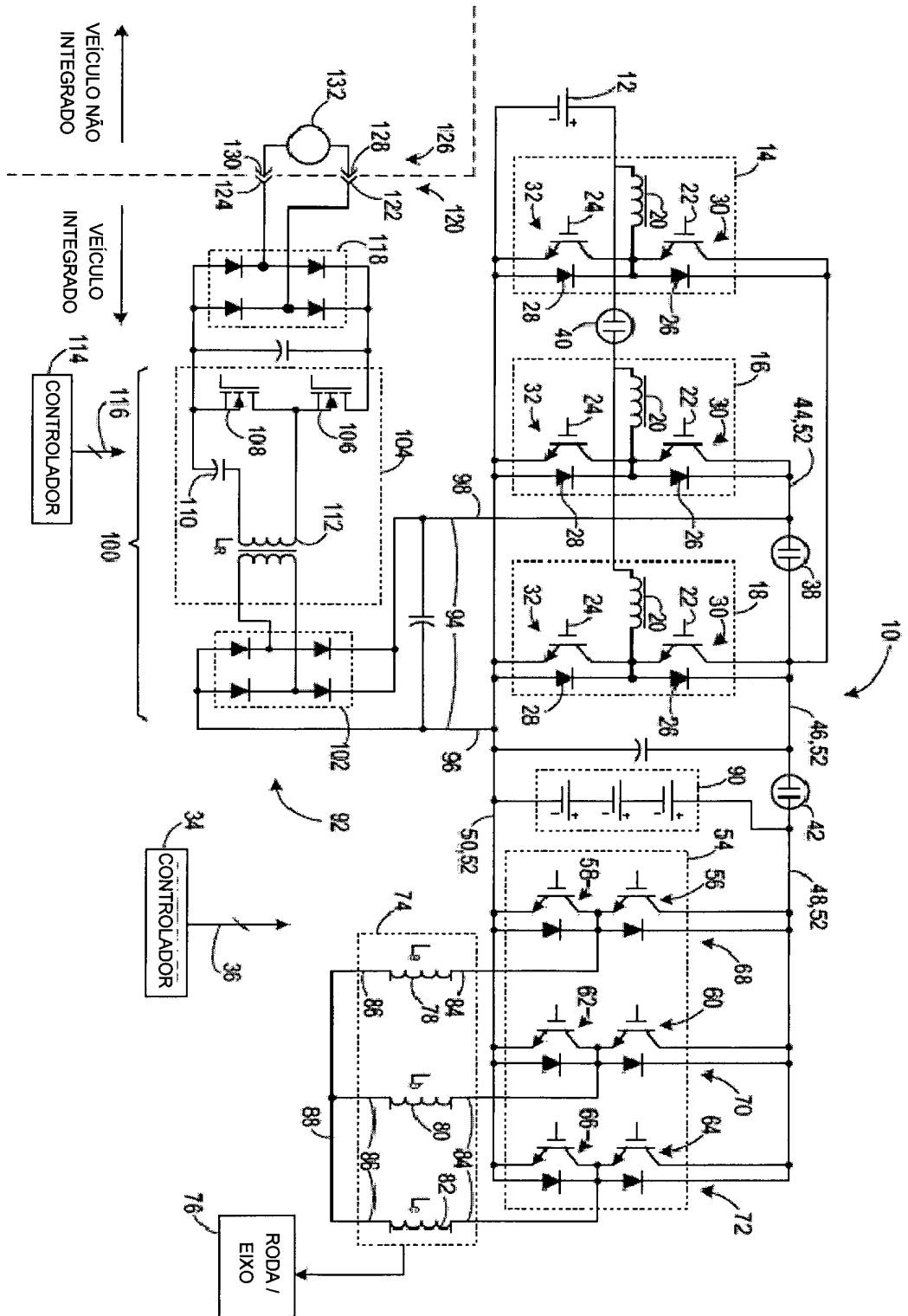


Fig. 1

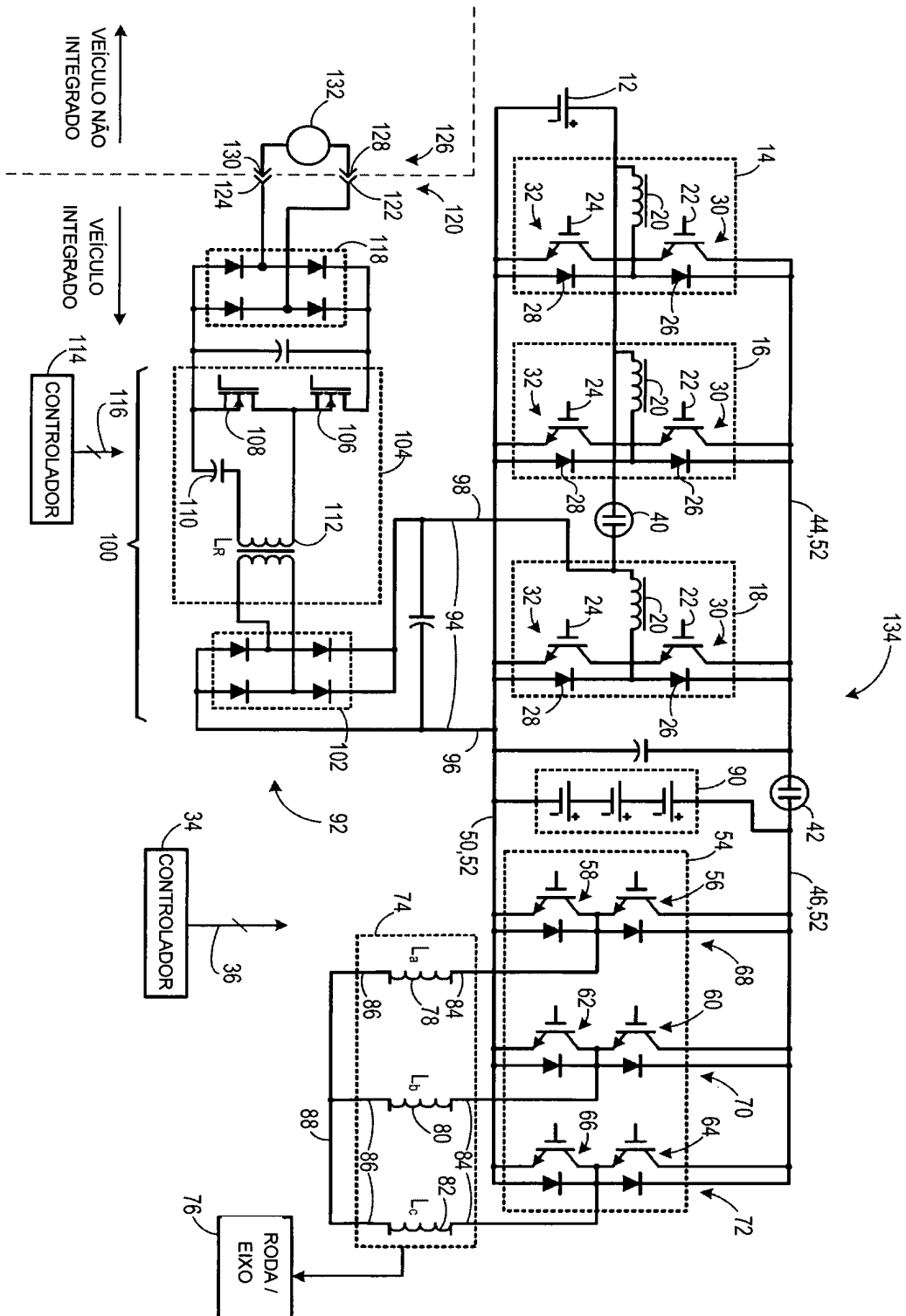


Fig. 2

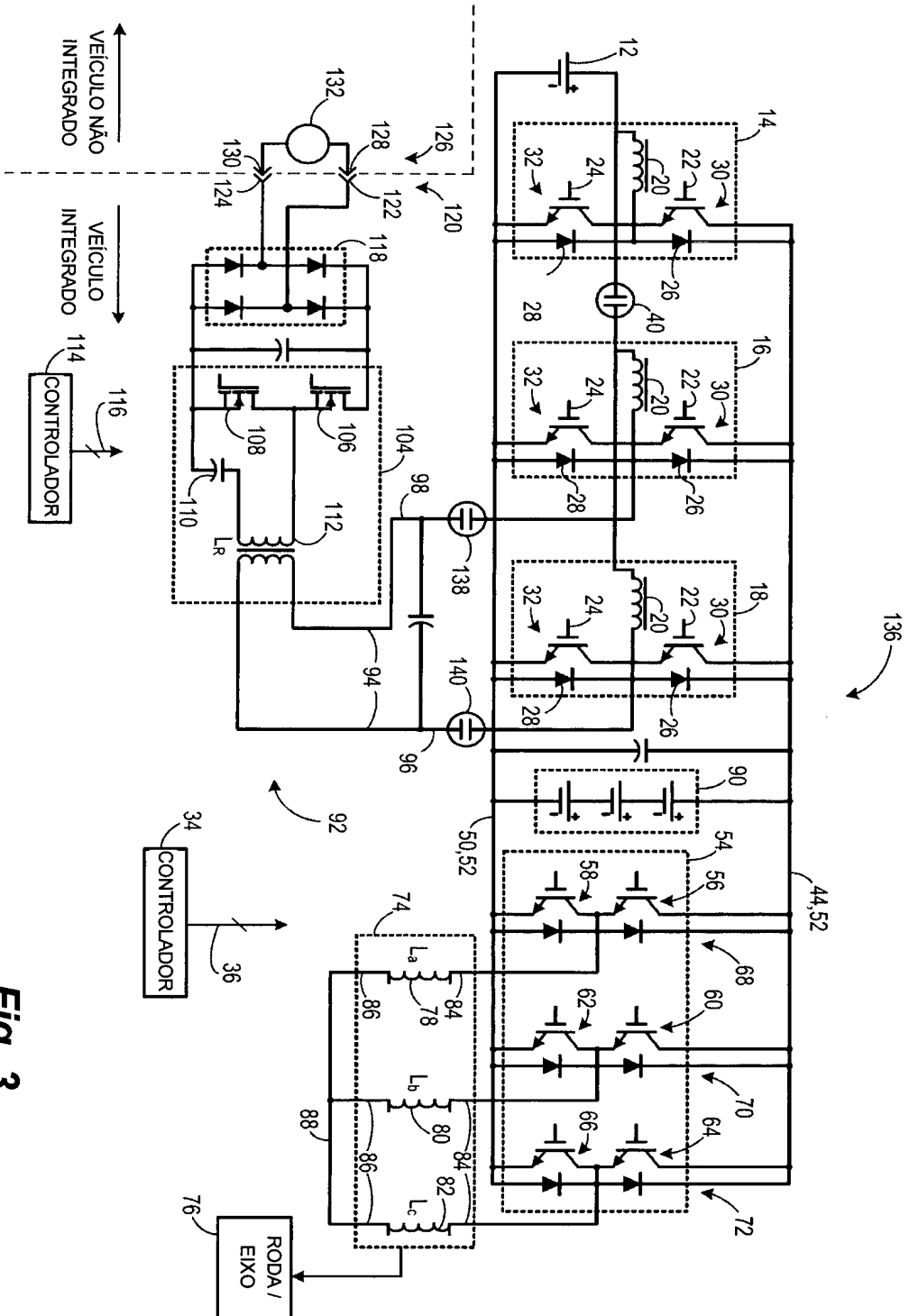


Fig. 3

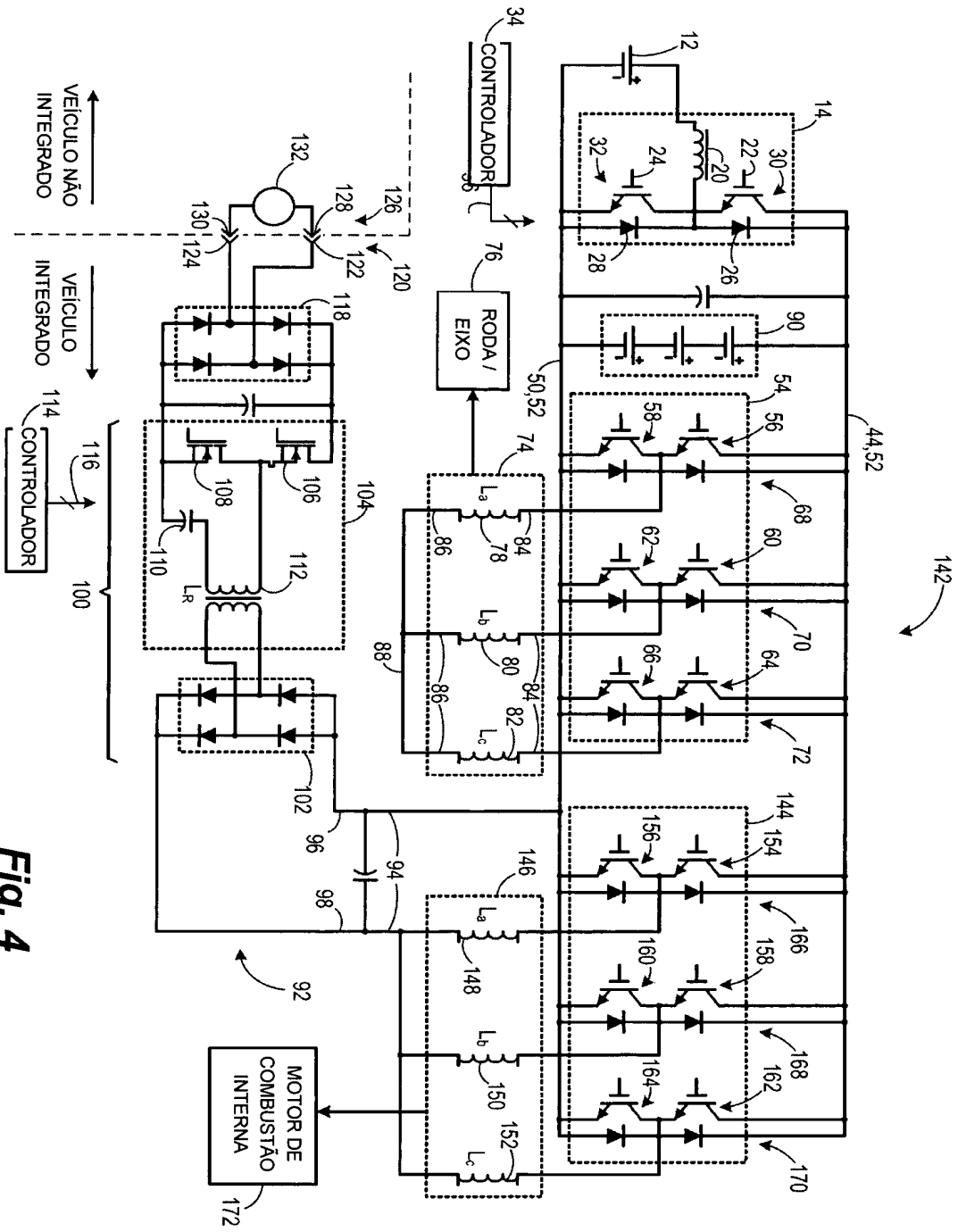
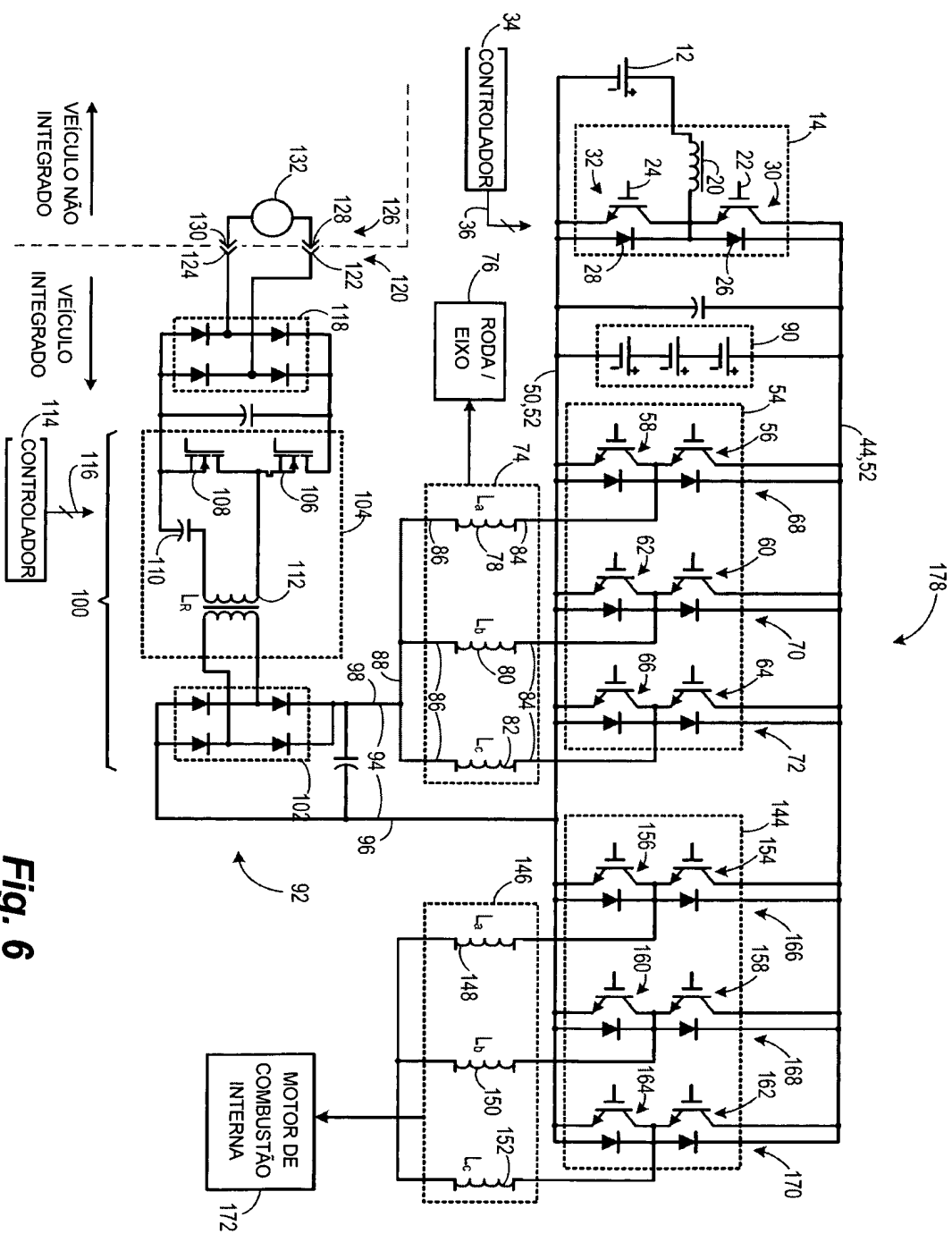


Fig. 4





RESUMO

“CIRCUITO DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DE FORÇA”

Um aparelho para transferir energia com uso de eletrônicos de força integrados com isolamento de transformador high-frequência que inclui

5 um circuito de acionamento eletrônico de força (10,134,136,142,174,178) compreende um barramento cc (52,176) e um primeiro dispositivo de armazenamento de energia (12) acoplado ao barramento cc (52,176). Um primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional (54,144) é acoplado ao primeiro dispositivo de armazenamento de energia (12) e ao barramento cc

10 (52,176), e um primeiro dispositivo eletromecânico (74,144) acoplado ao primeiro inversor de tensão cc para ca bidirecional (54,144). Um sistema de carregamento (92) acoplado ao barramento cc (52,176) por meio de um barramento de carga (94) compreende um receptáculo (120) configurado para se encaixar com um conector (126) acoplado a uma fonte de tensão (132)

15 externa ao circuito de acionamento eletrônico de força (10,134,136,142,174,178) e um transformador de isolamento (112) configurado para isolar eletricamente o barramento de carga (94) do receptáculo (120). Um controlador (34,114) configurado para fazer com que o sistema de carregamento (92) forneça uma tensão de carregamento para o barramento cc

20 (52,176) com base em uma tensão recebida da fonte de tensão (132) externa ao circuito de acionamento eletrônico de força (10,134,136,142,174,178).