



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

(21) BR 102014018547-0 A2



(22) Data do Depósito: 28/07/2014

(43) Data da Publicação: 17/11/2015

(RPI 2341)

**(54) Título:** CONVERSOR DE POTÊNCIA E SISTEMA PARA CONVERSÃO DE POTÊNCIA

**(51) Int. Cl.:** H02M 7/487; H02M 7/757; H02M 7/217; H02M 7/483

**(52) CPC:** H02M 7/487; H02M 7/7575; H02M 7/217; H02M 2007/4835

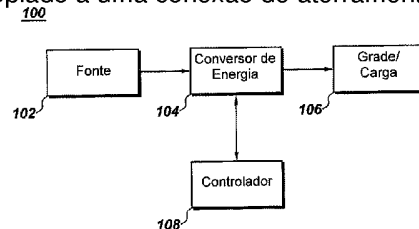
**(30) Prioridade Unionista:** 29/07/2013 US 13/953,153

**(73) Titular(es):** GE ENERGY POWER CONVERSION TECHNOLOGY LTD

**(72) Inventor(es):** DI ZHANG, ANDREW ALLEN ROCKHILL, LUIS JOSÉ GARCÉS RIVERA, RAVISEKHAR NADIMPALLI RAJU, RIXIN LAI

**(74) Procurador(es):** ARTUR FRANCISCO SCHAAL

**(57) Resumo:** CONVERSOR DE POTÊNCIA E SISTEMA PARA CONVERSÃO DE POTÊNCIA. Trata-se de um conversor de potência que inclui pelo menos uma perna com uma primeira cadeia que inclui uma pluralidade de comutadores semicondutores controláveis, um primeiro nó de conexão e um segundo nó de conexão, em que a primeira cadeia é acoplada de modo operativo através de um primeiro barramento e um segundo barramento. A pelo menos uma perna também inclui uma segunda cadeia acoplada de modo operativo à primeira cadeia através do primeiro nó de conexão e do segundo nó de conexão, em que a segunda cadeia inclui uma pluralidade de unidades de comutação. A primeira cadeia inclui uma primeira ramificação e uma segunda ramificação, em que a segunda ramificação é acoplada de modo operativo à primeira ramificação através de um terceiro nó de conexão e o terceiro nó de conexão é acoplado a uma conexão de aterramento.



## **“CONVERSOR DE POTÊNCIA E SISTEMA PARA CONVERSÃO DE POTÊNCIA”**

### **REFERÊNCIA CRUZADA AOS DOCUMENTOS RELACIONADOS**

[001] Este pedido é uma continuação parcial do pedido de patente nº U.S. 13/629.882, depositado no dia 28 de setembro de 2012, cujo pedido é incorporado no presente documento a título de referência.

### **ANTECEDENTES**

[002] As realizações da invenção referem-se a conversores de potência e, mais especificamente, a um conversor multinível.

[003] Nas últimas décadas, o campo da conversão de potência tem crescido tremendamente devido a suas vantagens iminentes em acionamentos de motor, sistemas de energia renovável, sistemas de corrente contínua de alta tensão (HVDC) e similares. O conversor multinível surgiu como uma esperança de tecnologia de conversão de potência para vários meios e aplicações de alta tensão.

[004] Os conversores multinível oferecem várias vantagens em relação a um conversor normal com dois níveis. Por exemplo, a qualidade de potência do conversor multinível é melhor que a dos conversores com dois níveis. Também, os conversores multinível são ideais para se conectar entre uma grade e fontes de energia renovável, como células fotovoltaicas (PV), células de combustível, turbinas eólicas e similares. Adicionalmente, a eficiência do conversor multinível é relativamente maior como um resultado da sua frequência de comutação mínima.

[005] Recentemente, os conversores multinível dotados de uma estrutura modular e sem transformadores foram projetados. A estrutura modular dos conversores possibilita o empilhamento desses conversores em uma quantidade quase ilimitada de níveis. Também, a estrutura modular ajuda na ampliação em diferentes níveis de potência e tensão. Um exemplo desse

emprega uma grande quantidade de comutadores semicondutores completamente controláveis, como transistores bipolares de porta isolada (IGBTs).

[006] O aterramento é um aspecto importante dos conversores multinível. Um ponto de solo ou ponto de aterramento se refere a um nó no conversor multinível a partir do qual várias tensões de nó são medidas. Geralmente, o ponto de solo determina taxas de isolamento de tensão de vários componentes no conversor multinível. Ademais, as taxas de isolamento de tensão são determinadas com base na tensão máxima referente a cada massa que um componente particular pode observar durante condições normais e falhas.

#### **BREVE DESCRIÇÃO**

[007] De acordo com uma realização da presente técnica, um conversor de potência que inclui pelo menos uma perna é fornecido. A pelo menos uma perna inclui uma primeira cadeia que compreende uma pluralidade de comutadores semicondutores controláveis, um primeiro nó de conexão e um segundo nó de conexão, em que a primeira cadeia é acoplada de modo operativo através de um primeiro barramento e um segundo barramento. A pelo menos uma perna inclui adicionalmente uma segunda cadeia acoplada de modo operativo à primeira cadeia através do primeiro nó de conexão e do segundo nó de conexão, em que a segunda cadeia inclui uma pluralidade de unidades de comutação. Ademais, a primeira cadeia inclui uma primeira ramificação e uma segunda ramificação, em que a segunda ramificação é acoplada de modo operativo à primeira ramificação através de um terceiro nó de conexão e o terceiro nó de conexão é acoplado a uma conexão de aterramento.

[008] De acordo com outra realização da presente técnica, um sistema para conversão de potência é fornecido. O sistema inclui uma fonte de

potência, uma carga e um primeiro conversor de potência. O primeiro conversor de potência inclui uma ou mais pernas, em que cada uma das uma ou mais pernas inclui uma primeira cadeia que compreende uma pluralidade de comutadores semicondutores controláveis, um primeiro nó de conexão e um segundo nó de conexão, em que a primeira cadeia é acoplada de modo operativo através de um primeiro barramento e de um segundo barramento. Uma segunda cadeia é acoplada de modo operativo à primeira cadeia através do primeiro nó de conexão e do segundo nó de conexão, em que a segunda cadeia compreende uma pluralidade de unidades de comutação. Ademais, a primeira cadeia compreende uma primeira ramificação e uma segunda ramificação e a segunda ramificação é acoplada de modo operativo à primeira ramificação através de um terceiro nó de conexão; sendo que o terceiro nó de conexão é acoplado a uma conexão de aterramento. Adicionalmente, o primeiro conversor de potência inclui um controlador configurado para controlar a comutação da pluralidade de comutadores semicondutores controláveis e da pluralidade de unidades de comutação.

#### FIGURAS

[009] Estas e outras características, aspectos e vantagens da presente invenção serão mais bem compreendidos quando a descrição detalhada a seguir for lida com referência às figuras anexas nas quais caracteres iguais representam partes iguais por todas as figuras, em que:

A Figura 1 é uma representação diagramática de um sistema para conversão de potência;

A Figura 2 é uma representação diagramática de uma realização exemplificativa de um conversor multinível embutido modular (MEMC) para uso no sistema da Figura 1, de acordo com os aspectos da presente revelação;

A Figura 3 é uma representação diagramática de uma realização exemplificativa de uma unidade de comutação para uso na parte do conversor

de potência da Figura 2, de acordo com os aspectos da presente revelação;

As Figuras 4(a)-4(c) são representações diagramáticas de um padrão de comutação exemplificativo de comutadores semicondutores controláveis no conversor de potência da Figura 2, de acordo com os aspectos da presente revelação; e

A Figura 5 é uma representação diagramática de uma realização exemplificativa de um esquema de aterramento para um conversor multinível embutido modular (MEMC) da Figura 2, de acordo com os aspectos da presente revelação.

#### **DESCRIÇÃO DETALHADA**

[0010] A menos que seja definido de outra forma, os termos técnicos e científicos usados no presente documento têm o mesmo significado, conforme é comumente entendido por uma pessoa com habilidade normal na técnica à qual essa revelação pertence. Os termos “primeiro”, “segundo” e similares, conforme usados no presente documento, não denotam qualquer ordem, quantidade ou importância, mas, de preferência, são usados para distinguir um elemento do outro. Também, os termos “um” e “uma” não denotam uma limitação de quantidade, mas, de preferência, denotam a presença de pelo menos um dos itens relacionados. O termo “ou” se destina a ser inclusivo e significa um, alguns ou todos os itens listados. O uso de “que inclui”, “que compreende” ou “que tem” e variações dos mesmos no presente documento se destinam a compreender os itens listados doravante e os equivalentes dos mesmos, bem como itens adicionais. Os termos “conectado” e “acoplado” não são restritos a conexões físicas ou mecânicas ou a acoplamentos e podem incluir conexões elétricas ou acoplamentos, se direta ou indireta. Ademais, os termos “circuito” e “conjunto de circuitos” e “controlador” podem incluir tanto um único componente como uma pluralidade de componentes, os quais são tanto ativos como passivos e são conectados

ou, de outra forma, acoplados juntos para proporcionar a função descrita.

[0011] Conforme será descrito em detalhes doravante, várias realizações de um sistema para conversão de potência e método para conversão de potência exemplificativos são apresentados. Para empregar o conversor de potência e o método para conversão de potência descritos doravante, um conversor multinível com um esquema de aterramento é fornecido. Em um exemplo, o conversor de potência pode incluir um conversor multinível embutido modular. O termo conversor multinível, conforme usado no presente documento, é usado para se referir a um conversor que converte uma forma de tensão/corrente de admissão para outra forma de tensão/corrente de emissão com distorção muito baixa.

[0012] Agora, de volta às Figuras, a título de exemplo na Figura 1, um sistema 100 para converter potência é ilustrado. Em uma realização, o sistema 100 para converter potência pode incluir uma fonte 102, um conversor de potência 104 e uma grade/utilitário/carga 106. O termo fonte, conforme usado no presente documento, é usado para se referir a uma fonte de potência renovável, uma fonte de potência não renovável, um gerador, uma grade e similares. Também, o termo carga, conforme usado no presente documento, pode ser usado para se referir a uma grade, um aparelho elétrico e similares. Adicionalmente, o conversor de potência 104 pode ser um conversor multinível. Em uma realização, a fonte 102 pode ser acoplada de modo operativo a um primeiro terminal (não mostrado) do conversor de potência 104. Um segundo terminal (não mostrado) do conversor de potência 104 pode ser acoplado de modo operativo à carga 106. O primeiro terminal e o segundo terminal podem ser empregados alternativamente como um terminal de entrada ou um terminal de saída do conversor de potência 104.

[0013] Também, o sistema 100 pode incluir um controlador 108. O controlador 108 pode ser configurado para controlar a operação do conversor

de potência 104, Em uma realização. A título de exemplo, o controlador 108 pode ser configurado para controlar a operação do conversor de potência 104 mediante o controle da comutação de uma pluralidade de comutadores semicondutores do conversor de potência 104. Ademais, em uma realização, o sistema 100 também pode incluir outros componentes de circuito (não mostrados) como um disjuntor, um indutor, um compensador, um condensador, um retificador, um reator, um filtro e similares, mas não se limita aos mesmos.

[0014] Com referência agora à Figura 2, uma representação diagramática de uma realização exemplificativa de um conversor multinível embutido modular (MEMC) 300 para uso no sistema da Figura 1, de acordo com os aspectos da presente revelação, é ilustrado. Em uma realização, o MEMC 300 inclui três pernas 301, 303 e 305 respectivamente. Ademais, cada perna 301, 303 e 305 do MEMC pode incluir uma primeira cadeia 302 e uma segunda cadeia 304. Deve-se notar que apesar de na Figura 2 certos números de referência serem mostrados para os de apenas uma perna 301, os mesmos podem ser igualmente aplicáveis a outros de duas pernas 303 e 305. Mais particularmente, a primeira cadeia 302 pode ser acoplada de modo operativo à segunda cadeia 304 para formar a perna 301. Ademais, a primeira cadeia 302 pode ser acoplada de modo operativo entre um primeiro barramento 306 e um segundo barramento 308. Em uma realização, o primeiro barramento 306 pode incluir um barramento de CC positivo e o segundo barramento 308 pode incluir um barramento de CC negativo. A segunda cadeia 304 pode ser acoplada de modo operativo à primeira cadeia 302 através de um primeiro nó de conexão 310 e de um segundo nó de conexão 312. Também, a primeira cadeia 302 pode incluir uma primeira ramificação 314 acoplada de modo operativo a uma segunda ramificação 316 através de um terceiro nó de conexão 318. De modo semelhante, a segunda cadeia 304 pode incluir uma primeira parte 320 acoplada de modo operativo a uma segunda parte 322 através de uma fase de

CA 326 e um indutor 324. Em uma realização, o indutor 324 é um indutor de divisão, isto é, o indutor 324 é dividido em duas partes. O terceiro nó de conexão 318 pode ser acoplado de modo operativo a um terceiro barramento 328.

[0015] Adicionalmente, a primeira perna 301 pode ser acoplada de modo operativo à segunda perna 303 através do terceiro nó de conexão 318. Ademais, em um exemplo, os terceiros nós de conexão 318 de cada uma das três primeiras cadeias 302 podem ser acoplados de modo operativo entre si a fim de formar um terceiro barramento 328. Conforme foi observado anteriormente, o terceiro barramento 328 pode ser um barramento de CC médio ou central. No entanto, em outra realização, para aplicações em acionamentos de máquina, os terceiros nós de conexão 318 de cada uma das três primeiras cadeias 302 podem ser acoplados de modo operativo a um barramento neutro. Ademais, as três pernas 301, 303, 305 podem ser acopladas de modo operativo entre o primeiro barramento 306 e o segundo barramento 308.

[0016] Em uma realização, o terceiro barramento 328 pode estar em um potencial negativo em relação ao primeiro barramento 306 e em um potencial positivo em relação ao segundo barramento 308. Também, a primeira cadeia 302 pode incluir uma pluralidade de comutadores semicondutores controláveis 330. No exemplo da Figura 2, a pluralidade de comutadores semicondutores controláveis pode incluir comutadores parcialmente semicondutores controláveis. No entanto, em outra realização, a pluralidade de comutadores semicondutores controláveis pode incluir comutadores semicondutores completamente controláveis. Ademais, a pluralidade de comutadores semicondutores controláveis pode incluir uma combinação de comutadores parcialmente semicondutores controláveis e comutadores semicondutores completamente controláveis. A título de exemplo não limitante,

a primeira cadeia 302 pode incluir comutadores parcialmente semicondutores controláveis, comutadores semicondutores completamente controláveis ou uma combinação de comutadores parcialmente semicondutores controláveis e comutadores semicondutores completamente controláveis. Ademais, em um exemplo, a primeira ramificação 314 da primeira cadeia 302 pode incluir dois comutadores semicondutores controláveis 330. De forma semelhante, a segunda ramificação 316 da primeira cadeia 302 pode incluir dois comutadores semicondutores controláveis 330. Os comutadores semicondutores controláveis 330 podem incluir um diodo de potência 332 em combinação com um tiristor 333 ou um retificador controlado de silício, um tiristor de saída de porta, um IGBT e similares.

[0017] Os indutores 324 em cada perna 301, 303 e 305 são acoplados de modo operativo a pelo menos uma fase de corrente alternada (CA) (por exemplo, A, B e C). Adicionalmente, a primeira parte 320 e a segunda parte 322 da segunda cadeia 304 podem incluir uma pluralidade de unidades de comutação 334 conectadas em série entre si. A unidade de comutação 334 pode ser uma combinação de uma pluralidade de comutadores semicondutores completamente controláveis e um dispositivo de armazenamento de energia. Os comutadores semicondutores completamente controláveis podem incluir um transistor bipolar de porta isolada (IGBT), um transistor de efeito de campo metal óxido semicondutor (MOSFET), um transistor de efeito de campo (FET), um tiristor de saída de porta, um tiristor de porta integrada isolado (IGCT), um transistor de porta de injeção aprimorada (IEGT), um comutador com base em carboneto de silício, um comutador com base em nitreto de gálio, um comutador com base em arsenieto de gálio ou equivalentes dos mesmos.

[0018] Com referência agora à Figura 3, a representação diagramática 400 de uma realização exemplificativa de uma unidade de

comutação como a unidade de comutação 334 da Figura 2 é ilustrada. Na configuração contemplada agora, a unidade de comutação 400 pode incluir comutadores semicondutores completamente controláveis 402 e 404, um dispositivo de armazenamento de energia 406, um primeiro conector 40, e um segundo conector 410. Conforme foi observado previamente, os comutadores semicondutores completamente controláveis 402, 404 podem incluir um IGBT, um MOSFET, um FET, um IEGT, um tiristor de saída de porta, um IGCT, um comutador com base em carboneto de silício, um comutador com base em nitreto de gálio, um comutador com base em arsenieto de gálio ou equivalentes dos mesmos. Ademais, cada um dos comutadores semicondutores completamente controláveis 402, 404 também pode incluir um diodo de potência 412 que pode ser embutido e antiparalelo aos comutadores semicondutores completamente controláveis 402 e 404. Os diodos de potência embutidos 412 podem fornecer uma trajetória de giro livre. Esses diodos de potência 412 também podem ser citados como diodos antiparalelos.

[0019] Também, em um exemplo não limitante, o dispositivo de armazenamento de energia 406 pode incluir um condensador. No exemplo da Figura 3, o comutador semicondutor completamente controlável 402 pode ser acoplado de modo operativo em série ao dispositivo de armazenamento de energia 406 a fim de formar um primeiro membro 414. Também, o outro comutador de semicondutor completamente controlável 404 forma um segundo membro 416. O segundo membro 416 pode ser acoplado de modo operativo em paralelo ao primeiro membro 414. Adicionalmente, o primeiro membro 414 e o segundo membro 416 podem ser acoplados de modo operativo entre o primeiro conector 408 e o segundo conector 410. Embora o exemplo da Figura 3 ilustre as unidades de comutação 400 em uma configuração de conversor de semiponte como incluindo dois comutadores semicondutores completamente controláveis e um dispositivo de armazenamento de energia, o uso de outras

quantidades de comutadores semicondutores completamente controláveis 402, 404 e de dispositivos de armazenamento de energia 406 também é contemplado. Em uma realização, algumas ou todas as unidades de comutação podem estar dispostas de modo a formar uma configuração de conversor de ponte completa.

[0020] Ademais, em um exemplo não limitante, quando o comutador de semicondutor completamente controlável 402 é ativado e o comutador de semicondutor completamente controlável 404 é desativado, o dispositivo de armazenamento de energia 406 pode aparecer através do primeiro conector 408 e do segundo conector 410. Consequentemente, a carga através do dispositivo de armazenamento de energia 406 mostra-se como uma tensão através do primeiro conector 408 e do segundo conector 410. Alternativamente, quando o comutador de semicondutor completamente controlável 404 é ativado e o comutador de semicondutor completamente controlável 402 é desativado, o primeiro membro 414 é contornado, fornecendo assim tensão zero através do primeiro conector 408 e do segundo conector 410. Então, mediante o controle da comutação dos comutadores semicondutores completamente controláveis 402 e 404 na pluralidade de unidades de comutação 334 na segunda cadeia 304 da Figura 2, a tensão desenvolvida através da segunda cadeia 304 pode ser regulada.

[0021] Com referência à Figura 4(a), uma representação diagramática de uma perna 502, como a perna 301 da Figura 2, em um primeiro estado de comutação do comutador semicondutor controlável é apresentada. O primeiro estado também pode ser citado como um estado positivo. A perna 502 pode incluir uma primeira cadeia 504 e uma segunda cadeia 506. Também, a perna 502 pode ser acoplada de modo operativo entre um primeiro barramento 508 e um segundo barramento 510. Conforme foi observado previamente, o primeiro barramento 508 pode incluir um barramento

de CC positivo e o segundo barramento 510 pode incluir um barramento de CC negativo. Ademais, a primeira cadeia 504 pode ser acoplada de modo operativo à segunda cadeia 506 através de um primeiro nó de conexão 512 e um segundo nó de conexão 514. Os comutadores semicondutores controláveis 330 (A Figura 2) da primeira cadeia são todos classificados como S1, S2, S3 e S4 respectivamente.

[0022] Adicionalmente, uma primeira parte, como a primeira parte 320 da Figura 2 da segunda cadeia 506 e uma segunda parte, como a segunda parte 322 da Figura 2 da segunda cadeia 506, podem ser representadas pelas fontes de tensão  $V_p$  516 e  $V_n$  518, respectivamente. Conforme foi observado anteriormente, a segunda cadeia 506 pode incluir uma pluralidade de unidades de comutação (não mostradas). A primeira parte da segunda cadeia 506 e a segunda parte da segunda cadeia 506 podem ser acopladas de modo operativo através da fase de corrente alternada 520. Também, a primeira cadeia 504 pode incluir um terceiro nó de conexão 522 que pode ser acoplado de modo operativo a um terceiro barramento 524. Também, na configuração contemplada agora, a primeira cadeia 504 inclui quatro comutadores semicondutores controláveis representados como  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  e  $S_4$ . Adicionalmente, a tensão no primeiro barramento 508 pode ser representada como  $+V_{dc}$  e a tensão no segundo barramento 510 pode ser representada como  $-V_{dc}$ . A título de exemplo, a tensão de  $+V_{dc}$  no primeiro barramento 508 e a tensão de  $-V_{dc}$  no segundo barramento 510 podem estar em relação a uma terra virtual. Também, a tensão no terceiro barramento 524 pode ser representada como  $V_{mid}$  e a tensão na corrente alternada fase pode ser representada como  $V_{ac}$ .

[0023] Conforme ilustrado na Figura 4(a), durante o primeiro estado de comutação, os comutadores semicondutores controláveis  $S_1$  e  $S_3$  são ativados, enquanto os comutadores semicondutores controláveis  $S_2$  e  $S_4$

são mantidos em um estado desativado. A ativação de comutadores semicondutores controláveis  $S_1$  e  $S_3$  fornece uma primeira trajetória de vazão de corrente 526 entre o primeiro barramento 508 e o terceiro barramento 524 através de uma segunda cadeia correspondente 506. Conseqüentemente, a segunda cadeia 506 pode ser acoplada de modo operativo entre o primeiro barramento 508 e o terceiro barramento 524 no estado positivo. Ademais, embora a primeira trajetória de vazão de corrente 526 seja estabelecida, a tensão através do primeiro barramento 508 e do terceiro barramento 524 poderá depender da comutação dos comutadores semicondutores completamente controláveis correspondente à pluralidade de unidades de comutação na segunda cadeia 506, como as unidades de comutação 334 da Figura 2. A corrente que flui através da primeira trajetória de vazão de corrente 526 é representada como  $I_{dc}$ .

[0024] De um modo semelhante, a Figura 4(b) é uma representação diagramática 528 de uma perna em um segundo estado de comutação dos comutadores semicondutores controláveis. O segundo estado de comutação dos comutadores semicondutores controláveis também pode ser citado como um estado negativo. Para facilitar a compreensão, a Figura 4(b) é explicada com referência à Figura 4(a). No segundo estado, os comutadores semicondutores controláveis  $S_2$  e  $S_4$  podem ser ativados, enquanto os comutadores semicondutores controláveis  $S_1$  e  $S_3$  são desativados. A ativação dos comutadores semicondutores controláveis  $S_2$  e  $S_4$  pode resultar no fornecimento de uma segunda trajetória de vazão de corrente 530 entre o terceiro barramento 524 e o segundo barramento 510. Conseqüentemente, a segunda cadeia 506 pode ser acoplada de modo operativo entre o segundo barramento 510 e o terceiro barramento 524 no estado negativo.

[0025] De forma semelhante, a Figura 4(c) é uma representação diagramática 532 de uma perna em um terceiro estado de comutação dos

comutadores semicondutores controláveis. O terceiro estado de comutação dos comutadores semicondutores controláveis também pode ser citado como um estado zero. Para facilitar a compreensão, a Figura 4(c) é explicada com referência à Figura 4(a). Ademais, no terceiro estado, os comutadores semicondutores controláveis  $S_2$  e  $S_3$  podem ser ativados, enquanto os comutadores semicondutores controláveis  $S_1$ , e  $S_4$  são desativados. A ativação dos comutadores semicondutores controláveis  $S_2$  e  $S_3$  pode resultar no fornecimento de uma terceira trajetória de vazão de corrente 534. Subsequentemente, as vazões de corrente na terceira trajetória de vazão de corrente 534. Essa terceira trajetória de vazão de corrente 534 também pode ser citada como uma trajetória de giro livre. Adicionalmente, ambas as extremidades da segunda cadeia 506 podem ser acopladas de modo operativo entre si através dos comutadores semicondutores controláveis ativados  $S_2$  e  $S_3$  e do terceiro barramento 524. Embora as Figuras 4(a)–4(c) representem os três estados de comutação com referência a uma única perna, esses três estados de comutação podem ser empregados simultaneamente para uma pluralidade de pernas em um conversor de potência com duas fases, um conversor de potência com três fases e similares.

[0026] Deve-se notar que qualquer sistema de conversor de potência precisa de um ponto de aterramento para reduzir o requisito de nível de isolamento. Por exemplo, para um conversor multinível modular convencional, os componentes passivos adicionais são necessários para criar um ponto de aterramento tanto no lado de corrente alternada (CA) como no lado de corrente contínua (CC) e esses componentes passivos precisam ser classificados para a tensão de sistema completa. De acordo com uma realização da presente técnica, um esquema de aterramento para um MEMC é revelado.

[0027] Com referência à Figura 5, uma representação

diagramática 600 de uma realização exemplificativa de um esquema de aterramento para um MEMC da Figura 2, de acordo com os aspectos da presente revelação, é ilustrada. No exemplo da Figura 5, o MEMC 600 inclui três pernas 301, 303, 305. Como na Figura 2, cada perna pode incluir uma primeira e segunda cadeia respectivas 302 e 304. Ademais, a primeira cadeia 302 inclui a primeira ramificação 314 e a segunda ramificação 316.

[0028] O ponto médio 326 da segunda cadeia 304 pode ser acoplado de modo operativo a um quarto barramento que pode ser uma fase de corrente alternada (CA). Em particular, cada uma das três pernas 301, 303, 305 pode ser associada a pelo menos uma fase de CA. Em um exemplo não limitante, um sistema de CA com três fases pode incluir uma fase-A de CA, uma fase-B de CA e uma fase-C de CA. Adicionalmente, um primeiro terminal (não mostrado) pode ser formado por uma combinação do primeiro barramento 306 e do segundo barramento 308. O primeiro terminal também pode ser citado como um terminal de CC. Também, as fases de CA, fase-A de CA, fase-B de CA e fase-C de CA, em combinação, podem formar um segundo terminal (não mostrado). O segundo terminal também pode ser citado como um terminal de CA.

[0029] Adicionalmente, a primeira perna 301 pode ser acoplada de modo operativo à segunda perna 303 através do terceiro nó de conexão 318. Em uma realização, o terceiro nó de conexão 318 pode ser o nó de ponto médio ou o nó de ponto central da primeira cadeia 302. Ademais, em um exemplo, os terceiros nós de conexão 318 de cada uma das três primeiras cadeias 302 podem ser acoplados de modo operativo entre si a fim de formar o terceiro barramento 328. Em uma realização o terceiro barramento 328 é conectado a uma ligação de terra ou massa 604 através de impedância de aterramento 602. Isso resulta em cada um dos terceiros nós de conexão 318 sendo conectados à conexão de aterramento 604 através de impedância de

aterramento 602. O modelo de impedância de aterramento 602 depende de vários parâmetros como uma corrente terra permissível, condições de solo e interferência de rádio com instrumentos circundantes ou mesmo tensão através de MEMC 600, mas não se limita aos mesmos.

[0030] O modelo de impedância de aterramento 602 afeta as taxas de isolamento de tensão de vários componentes de MEMC 600. Para alcançar diferentes critérios de modelo, a impedância da rede de aterramento pode ter diferentes valores de impedância em frequências de sistema diferentes. Em uma realização, um valor da impedância de aterramento 602 pode ser de cerca de zero ohms para corrente dc e impedância muito alta para correntes de frequência altas, isto é, pode haver uma impedância de aterramento indutora entre o terceiro barramento 328 e a conexão de aterramento 604. Em outra realização, o terceiro barramento 328 pode ser conectado à conexão de aterramento 604 diretamente, isto é, sem qualquer impedância de aterramento. Nesse caso, o terceiro barramento 328 sempre estará próximo à tensão zero, o que resulta em níveis de bloqueio de modelo de tensão fáceis para a primeira ramificação 314 e a segunda ramificação 316.

[0031] Conforme ilustrado na Figura 4 em qualquer momento, a segunda cadeia 304 é acoplada de modo operativo entre o primeiro barramento 306 e terceiro barramento 328, entre o terceiro barramento 328 e o segundo barramento 308 ou ambas as extremidades da segunda cadeia 304 podem ser acopladas de modo operativo a um terceiro barramento 328. Agora, conforme mostrado na Figura 5, se o terceiro barramento 328 for conectado à conexão de aterramento 604, a segunda cadeia 304 pode ter que suportar uma tensão máxima de valor  $V_{dc}$ , assumindo que uma tensão através do primeiro barramento 206 e do terceiro barramento 328 seja igual à  $V_{dc}$ . Conseqüentemente, para o controle efetivo do conversor de potência, a primeira parte da segunda cadeia 304 e a segunda parte da segunda cadeia

304 podem, cada uma, ter que sustentar uma tensão máxima de  $V_{dc}$ . Conseqüentemente, a classificação de cada unidade de comutação da segunda cadeia 304 pode ser apenas  $V_{dc}/N_1$ , em que  $N_1$  é a quantidade de unidades de comutação em cada uma das primeira e segunda partes da segunda cadeia 304. Então, a classificação de cada unidade de comutação pode ser  $2V_{dc}/N$ , em que  $N$  é a quantidade de unidades de comutação na segunda cadeia 304 e  $N = 2N_1$ . Ademais, os comutadores semicondutores controláveis 330 na primeira cadeia 302 pode ser, cada, classificados como  $V_{dc}/2$ .

[0032] Embora apenas certas características da invenção tenham sido ilustradas e descritas no presente documento, várias modificações e mudanças ocorreram para aqueles versados na técnica. Portanto, deve-se compreender que as reivindicações anexas se destinam a cobrir todas essas modificações e mudanças, a medida que se incluem no verdadeiro espírito da invenção.

**REIVINDICAÇÕES:**

1. CONVERSOR DE POTÊNCIA, caracterizado pelo fato de que compreende:

pelo menos uma perna que compreende:

uma primeira cadeia que compreende uma pluralidade de comutadores semicondutores controláveis, um primeiro nó de conexão e um segundo nó de conexão, em que a primeira cadeia é acoplada de modo operativo através de um primeiro barramento e um segundo barramento;

uma segunda cadeia acoplada de modo operativo à primeira cadeia através do primeiro nó de conexão e do segundo nó de conexão, em que a segunda cadeia compreende uma pluralidade de unidades de comutação;

em que a primeira cadeia compreende uma primeira ramificação e uma segunda ramificação, e em que a segunda ramificação é acoplada de modo operativo à primeira ramificação através de um terceiro nó de conexão; e

em que o terceiro nó de conexão é acoplado a uma conexão de aterramento.

2. CONVERSOR DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende o terceiro nó de conexão da primeira cadeia é acoplado à conexão de aterramento através de impedância de aterramento.

3. CONVERSOR DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que compreende um valor da impedância de aterramento depende da frequência de sistema.

4. CONVERSOR DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que compreende um modelo de impedância de aterramento é baseado em uma pluralidade de parâmetros que incluem uma corrente terra permissível, condições de solo e interferência de rádio com instrumentos circundantes e uma tensão através do conversor de potência.

5. CONVERSOR DE POTÊNCIA, de acordo com a

reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende uma taxa de tensão de cada unidade de comutação da segunda cadeia é  $V_{dc}/N_1$ , em que  $V_{dc}$  é uma tensão de corrente contínua (CC) através do primeiro barramento e da conexão de aterramento e  $N_1$  é um número de unidades de comutação em cada metade da segunda cadeia.

6. CONVERSOR DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende uma taxa de tensão de comutadores semicondutores controláveis na primeira cadeia é de cerca de  $V_{dc}/2$ , em que  $V_{dc}$  é uma tensão de corrente contínua (CC) através do primeiro barramento e da conexão de aterramento.

7. CONVERSOR DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende a pluralidade de unidades de comutação compreende uma pluralidade de comutadores semicondutores completamente controláveis e pelo menos um dispositivo de armazenamento de energia.

8. CONVERSOR DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende o primeiro barramento compreende um barramento de corrente contínua positivo e o segundo barramento compreende um barramento de corrente contínua negativo.

9. CONVERSOR DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende a segunda cadeia compreende uma primeira parte e uma segunda parte.

10. CONVERSOR DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que compreende a primeira e a segunda partes da segunda cadeia são acopladas de modo operativo a um quarto barramento.

11. CONVERSOR DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que compreende o quarto barramento compreende

uma fase de corrente alternada.

12. CONVERSOR DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende a pluralidade de comutadores semicondutores controláveis compreende comutadores parcialmente semicondutores controláveis, comutadores semicondutores completamente controláveis ou uma combinação dos mesmos.

13. SISTEMA PARA CONVERSÃO DE POTÊNCIA, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma fonte de potência;

uma carga;

um primeiro conversor de potência que compreende:

uma ou mais pernas, em que cada uma das uma ou mais pernas compreende:

uma primeira cadeia que compreende uma pluralidade de comutadores semicondutores controláveis, um primeiro nó de conexão e um segundo nó de conexão, em que a primeira cadeia é acoplada de modo operativo através de um primeiro barramento e um segundo barramento;

uma segunda cadeia acoplada de modo operativo à primeira cadeia através do primeiro nó de conexão e do segundo nó de conexão, em que a segunda cadeia compreende uma pluralidade de unidades de comutação;

em que a primeira cadeia compreende uma primeira ramificação e uma segunda ramificação e em que a segunda ramificação é acoplada de modo operativo à primeira ramificação através de um terceiro nó de conexão;

em que o terceiro nó de conexão é acoplado a uma conexão de aterramento; e

um controlador configurado para controlar a comutação da pluralidade de comutadores semicondutores controláveis e a pluralidade de unidades de comutação.

14. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a carga compreende uma grade, um aparelho elétrico ou uma

combinação dos mesmos.

15. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende o terceiro nó de conexão da primeira cadeia é acoplado à conexão de aterramento através de impedância de aterramento.

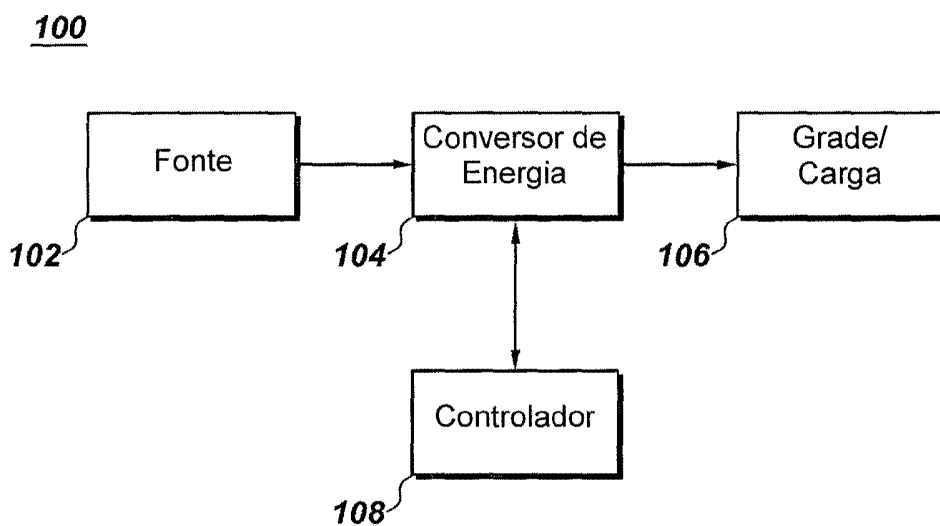
16. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que compreende um modelo de impedância de aterramento é baseado em uma pluralidade de parâmetros que incluem uma corrente terra permissível, condições de solo, e interferência de rádio com instrumentos circundantes e uma tensão através do conversor de potência.

17. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende uma taxa de tensão de cada unidade de comutação da segunda cadeia é  $V_{dc}/N_1$ , em que  $V_{dc}$  é uma tensão de corrente contínua (CC) através do primeiro barramento e da conexão de aterramento e  $N_1$  é um número de unidades de comutação em cada metade da segunda cadeia.

18. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende uma taxa de tensão de comutadores semicondutores controláveis na primeira cadeia é cerca de  $V_{dc}/2$ , em que  $V_{dc}$  é uma tensão de corrente contínua (CC) através do primeiro barramento e da conexão de aterramento.

19. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende a pluralidade de unidades de comutação compreende uma pluralidade de comutadores semicondutores completamente controláveis e pelo menos um dispositivo de armazenamento de energia.

20. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende a pluralidade de comutadores semicondutores controláveis compreende comutadores parcialmente semicondutores controláveis, comutadores semicondutores completamente controláveis ou uma combinação dos mesmos.



**Fig. 1**

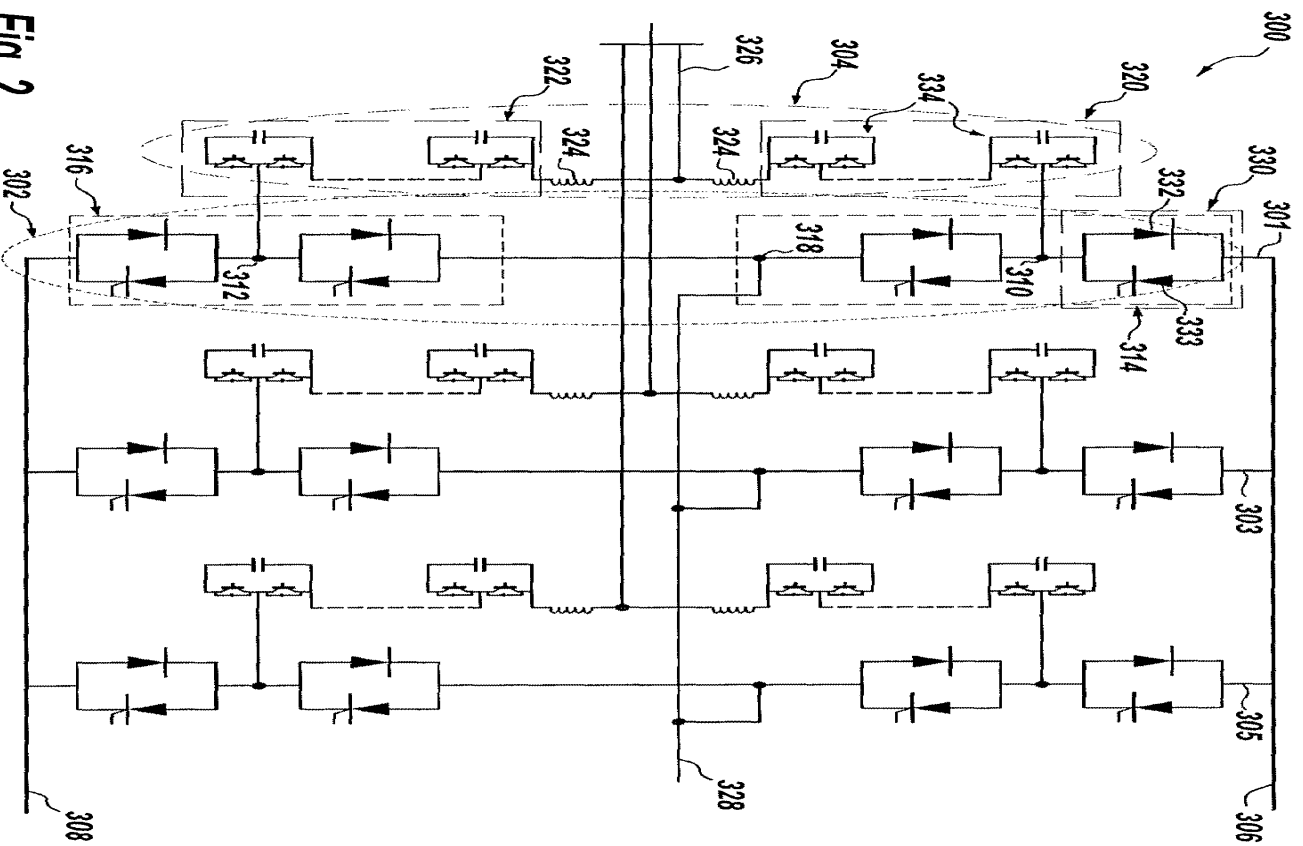
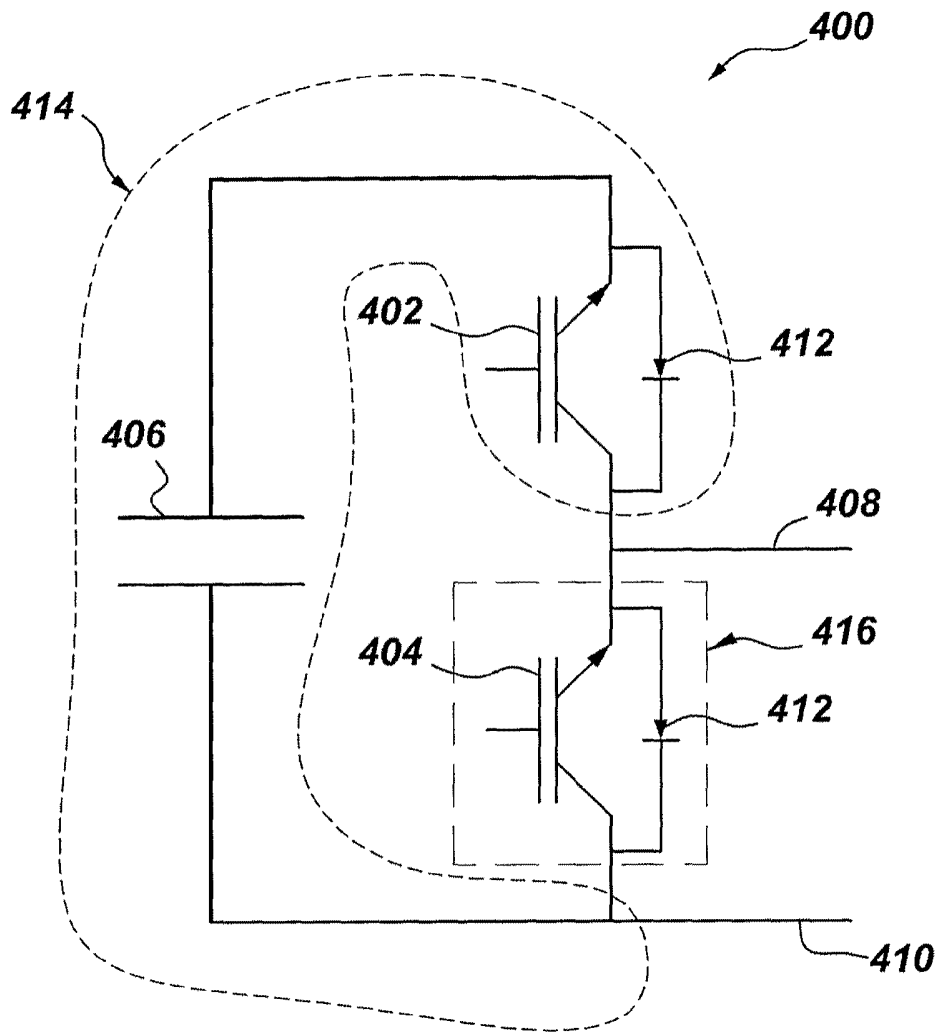
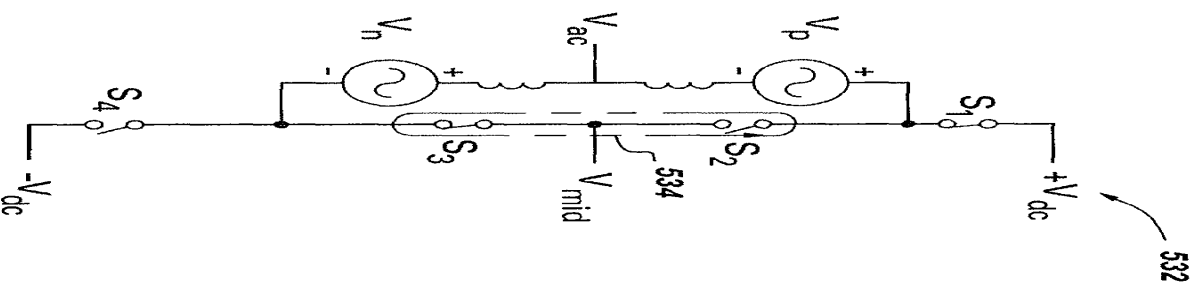
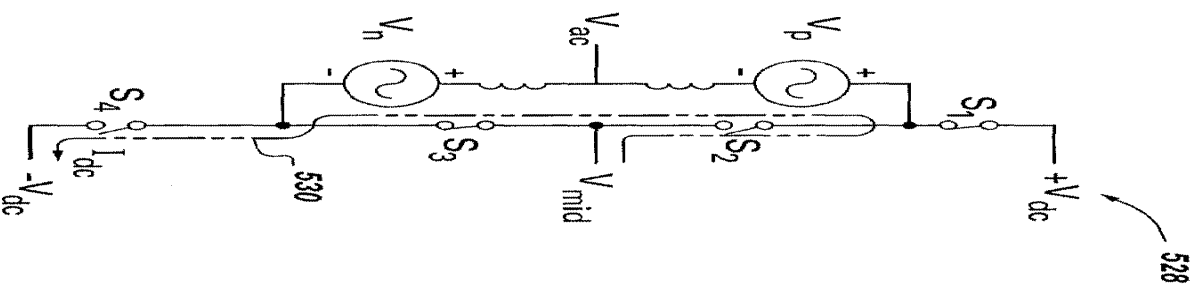
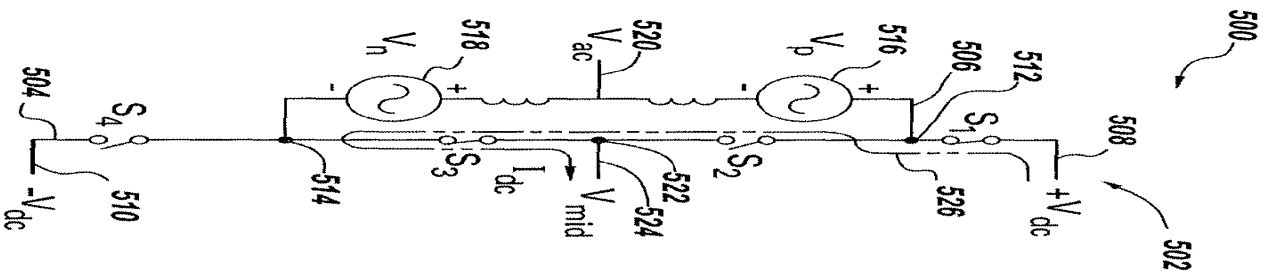


Fig. 2

**Fig. 3**



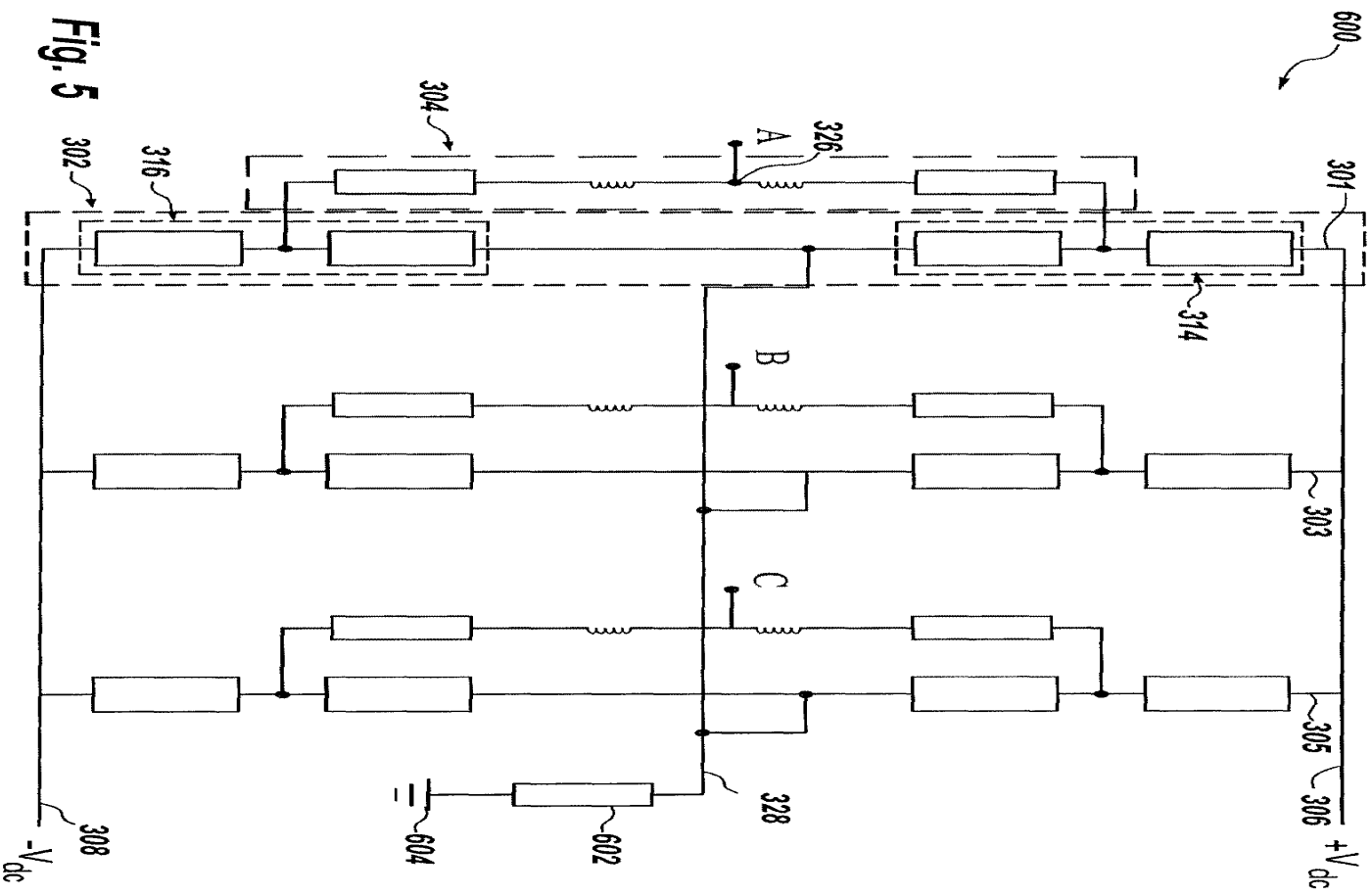


Fig. 5

**RESUMO****“CONVERSOR DE POTÊNCIA E SISTEMA PARA CONVERSÃO DE POTÊNCIA”**

Trata-se de um conversor de potência que inclui pelo menos uma perna com uma primeira cadeia que inclui uma pluralidade de comutadores semicondutores controláveis, um primeiro nó de conexão e um segundo nó de conexão, em que a primeira cadeia é acoplada de modo operativo através de um primeiro barramento e um segundo barramento. A pelo menos uma perna também inclui uma segunda cadeia acoplada de modo operativo à primeira cadeia através do primeiro nó de conexão e do segundo nó de conexão, em que a segunda cadeia inclui uma pluralidade de unidades de comutação. A primeira cadeia inclui uma primeira ramificação e uma segunda ramificação, em que a segunda ramificação é acoplada de modo operativo à primeira ramificação através de um terceiro nó de conexão e o terceiro nó de conexão é acoplado a uma conexão de aterramento.