



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

(21) **PI 1104341-5 A2**

(22) Data de Depósito: 01/11/2011  
(43) Data da Publicação: 26/02/2013  
(RPI 2199)



(51) *Int.Cl.:*  
H02M 7/42

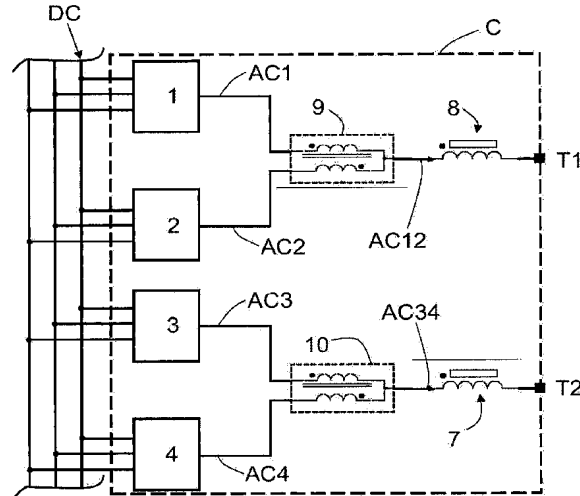
(54) **Título:** MÉTODO DE CONTROLE PARA CONVERSÃO DE ENERGIA E CONVERSOR ELETRÔNICO DE ENERGIA ADAPTADO PARA CONDUZIR O MÉTODO DE CONTROLE

(30) **Prioridade Unionista:** 08/11/2010 ES 9 201031637

(73) **Titular(es):** INGETEAM TECHNOLOGY, S. A.

(72) **Inventor(es):** DANIEL MADARIAGA ZUBIMENDI, FRANCISCO JAVIER CHIVITE ZABALZA, GORKA CALVO OLALLA, MIGUEL ANGEL RODRIGUEZ VIDAL, PEDRO IZURZA MORENO

(57) **Resumo:** MÉTODO DE CONTROLE PARA CONVERSÃO DE ENERGIA E CONVERSOR ELETRÔNICO DE ENERGIA ADAPTADO PARA CONDUZIR O MÉTODO DE CONTROLE. Método de controle para converter energia na qual uma tensão CC é convertida em tensão alternada, em que são obtidas uma primeira tensão alternada (AC1) e uma segunda tensão alternada (AC2) por meio de um primeiro inversor (1) e um segundo inversor (2), respectivamente. As ditas tensões alternadas (AC1, AC2) são combinadas em paralelo e é obtida uma tensão alternada resultante (AC12). Também é gerada uma tensão alternada resultante adicional (AC34), que converte a tensão CC em tensão alternada, em que é obtida uma tensão alternada adicional (AC3) e uma outra tensão alternada adicional (AC4) por meio de um primeiro inversor adicional (3) e um segundo inversor adicional (4), respectivamente, em combinação em paralelo das ditas tensões alternadas adicionais (AC3, AC4). A tensão alternada resultante adicional (AC34) é deslocada em fase a cerca de 180° com relação à tensão alternada resultante (AC12). Graças ao dito método, as tensões em modo comum também são eliminadas de pelo menos uma das tensões alternadas.



MÉTODO DE CONTROLE PARA CONVERSÃO DE ENERGIA E  
CONVERTOR ELETRÔNICO DE ENERGIA ADAPTADO PARA CONDUZIR O  
MÉTODO DE CONTROLE

CAMPO DA TÉCNICA

5 A presente invenção refere-se a métodos de controle  
em ambientes de alta potência, particularmente a métodos de  
controle para conversão de energia para linhas de transmissão  
e/ou distribuição a partir de tensão CC. A presente invenção  
também se refere a conversores eletrônicos de energia  
10 adaptados para conduzir os ditos métodos de controle.

ESTADO DA TÉCNICA

Conversores eletrônicos de energia são atualmente  
utilizados em uma ampla série de aplicações nas quais é  
necessária conversão CC/CA, conduzida por meio de inversores  
15 compreendidos pelos ditos conversores, tais como drivers de  
velocidade variável, turbinas eólicas com velocidade  
variável, inversores solares, sistemas FAI (Fontes de  
Alimentação Ininterruptas) ou dispositivos STCAF (Sistemas de  
Transmissão CA Flexíveis).

20 Os inversores em conversores eletrônicos de energia  
compreendem chaves do tipo semicondutor estáticas. As  
características de chaveamento dos dispositivos  
semicondutores atualmente disponíveis no mercado permitem a  
seleção do semicondutor mais apropriado para cada tipo de  
25 aplicação. Como resultado, dependendo do nível de energia  
necessário ou exigido, podem ser identificadas diferentes  
famílias de semicondutores:

- MOSFETs: estes são semicondutores com tecnologia  
FET, ideais para aplicações em chaveamento de alta frequência  
30 e baixa potência/tensão, tais como fontes chaveadas e  
inversores fotovoltaicos. Eles são os mais amplamente  
utilizados em eletrodomésticos com produção em massa.

- IGBTs e IEGTs: semicondutores com tecnologia

transistorizada. O IGBT tornou-se o padrão em aplicações de baixa e média potência e em aplicações multi-MW com topologias de múltiplos níveis. A Mitsubishi recentemente desenvolveu o IEGT com pacote de prensa encapsulado para aplicações de média tensão e alta potência e, como resultado, podem agora ser elaborados inversores trifásicos de até 10 MVAs. Estes são utilizados, por exemplo, em drivers industriais, tração de trilho elétrico e equipamento para geradores de energia renovável (solar e eólica).

10 - GTOs e IGCTs: semicondutores com tecnologia tiristor, equipados com drivers que permitem a sua operação com chaveamento forçado. Como ocorre com IEGTs, podem ser desenvolvidos conversores com unidades de energia de cerca de 10 MW, embora a frequência de chaveamento seja limitada a 15 frequências na região de 200 Hz para GTOs e 1000 Hz para IGCTs. Eles podem ser aplicados, por exemplo, em drivers de alta potência, dispositivos de STCAF, que podem ser tipicamente CSSE (Compensador Síncrono em Série Estático), se conectados em série com uma linha de transmissão e/ou 20 distribuição, STATCOM, se conectados em paralelo com uma linha de transmissão e/ou distribuição, ou CFPU (Controlador de Fluxo de Energia Universal), que é uma combinação de CSSE e STATCOM.

Pode-se aumentar a tensão de saída do conversor aumentando-se o número de níveis da sua tensão de saída, de 25 forma a aumentar a energia do conversor, que é atingida utilizando inversores de múltiplos níveis. Além disso, a qualidade da forma de onda da tensão de saída aumenta com o número de níveis. Como resultado, com um inversor de três 30 níveis, por exemplo, é possível obter uma forma de onda de tensão de saída com cinco níveis. Quanto maior o número de níveis, maior a complexidade na implementação do conversor (dos inversores) e, como resultado, de forma geral,

aplicações industriais são normalmente baseadas em inversores ou ramos de, no máximo, até dois ou três níveis.

A solução mais comumente utilizada na fabricação de conversores de alta potência para aplicações STCAF, por exemplo, é a conexão de inversores trifásicos com dois ou três níveis entre si por meio de transformadores ou elementos magnéticos intermediários, de tal forma que, graças à dita conexão ou combinação, atinge-se um outro aumento da tensão de saída e, portanto, da energia do conversor, também melhorando a qualidade da forma de onda emitida. O documento US 3628123 A, por exemplo, descreve a combinação em paralelo de dois inversores por meio de transformadores interfásicos ou TIFs ("transformador interfásico").

O documento US 5889668 A descreve um conversor eletrônico de energia. No dito conversor, tensão CC é convertida em tensão alternada, obtendo diferentes ondas de tensão alternada por meio de diferentes inversores, sendo obtida uma série de ondas de tensão de saída alternadas. As ditas ondas de tensão de saída alternadas são combinadas paralelamente em duas, por meio de transformadores interfásicos ou TIFs, até que sejam obtidas duas ondas de tensão alternada resultantes, que são manipuladas para eliminação de pelo menos alguns dos seus harmônicos. As duas ondas de tensão alternadas resultantes atingem em seguida duas bobinas secundárias de um transformador de acoplamento, por meio do qual o conversor eletrônico de energia é acoplado à linha de transmissão e/ou distribuição. Para reduzir o teor de harmônicos da tensão no primário do transformador de acoplamento, as bobinas de um secundário são conectadas em conexão trifásica e as bobinas do outro secundário em delta.

#### BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

É objeto da presente invenção fornecer um método de conversão de tensão CC em tensão alternada para linhas de

transmissão e/ou distribuição. É outro objeto da presente invenção fornecer um conversor adaptado para conduzir o dito método, a fim de que a energia fornecida para as linhas de transmissão e/ou distribuição compreenda um valor de alta  
5 tensão, também apresentando ao mesmo tempo qualidade de forma de onda ideal.

No método de acordo com a presente invenção, uma tensão CC é convertida em tensão alternada para a obtenção de pelo menos uma primeira forma de onda de tensão alternada por  
10 meio de pelo menos um inversor e uma segunda forma de onda de tensão alternada por meio de pelo menos um outro inversor e as ondas de tensão de saída alternada dos dois inversores são combinadas em paralelo, sendo obtida desta maneira uma forma de onda de tensão alternada resultante de alta potência.

Além disso, graças ao método de acordo com a  
15 presente invenção, também é gerada uma forma de onda de tensão alternada resultante adicional, uma terceira forma de onda de tensão alternada por meio de pelo menos um inversor adicional, uma quarta forma de onda de tensão alternada por  
20 meio de pelo menos um outro inversor que é obtida durante a conversão e as ondas de tensão de saída alternada dos ditos inversores adicionais são combinadas em paralelo.

A forma de onda de tensão alternada resultante adicional sofre comutação de fases em cerca de  $180^\circ$  com  
25 relação à forma de onda de tensão alternada resultante, de tal forma que, graças ao método de controle de acordo com a presente invenção, são gerados dois sinais de tensão que são adaptados para que correspondam a dois sinais de saída do conversor (ondas de tensão em dois terminais do dito  
30 conversor), em que os ditos terminais são utilizados para acoplar o conversor a uma carga (preferencialmente, a carga corresponde a uma linha de transmissão e/ou distribuição). Como resultado, como as ondas de tensão dos dois terminais

que são utilizados para acoplar o conversor a uma carga encontram-se substancialmente em oposição, a tensão da forma de onda de tensão de saída do dito conversor também é praticamente dobrada, de forma a fornecer um conversor de  
5 alta potência de forma simples e econômica, sem a necessidade de elementos adicionais que tornariam o dito conversor mais caro.

Graças ao método de controle de acordo com a presente invenção, duas ondas de tensão são obtidas e  
10 adaptadas para fornecimento através de dois terminais do conversor, o que permite o acoplamento de um conversor com dois polos abertos sobre a saída a uma carga (preferencialmente, a carga corresponde a uma linha de transmissão e/ou distribuição), geralmente por meio de um  
15 componente magnético específico. Graças à disposição de conversor oferecida pelo método de acordo com a presente invenção, o dito componente magnético pode compreender um transformador de acoplamento com uma única bobina sobre o secundário, onde os dois terminais do conversor são  
20 conectados, de tal forma que seja obtido um conversor eletrônico de energia com menos componentes magnéticos que os necessários no estado da técnica e, portanto, um conversor mais econômico e também com redução das necessidades de chaves de alta tensão associadas, que envolveria um custo  
25 muito alto. Isso causa uma redução do tamanho dos componentes magnéticos que são utilizados, o que resulta em um tamanho menor do conversor e pode ser vantajoso em algumas situações.

Com o método de acordo com a presente invenção, as tensões em modo comum também são eliminadas de forma  
30 ordinária de pelo menos uma das ondas de tensão alternadas e, como resultado, a qualidade da forma de onda de tensão aplicada na carga é ideal e é utilizado um baixo número de inversores, o que causa redução do custo e do tamanho do

conversor resultante com relação aos empregados no estado da técnica. Isso também permite o uso de métodos de modulação que produzem um componente de tensão de sequência zero, para os fins de aumento da tensão da forma de onda de tensão de saída e, conseqüentemente, da energia fornecida pelo conversor, de forma simples.

As mesmas vantagens explicadas para o método podem também ser aplicadas ao conversor de acordo com a presente invenção.

Estas e outras vantagens e características da presente invenção serão evidentes à luz das figuras e da sua descrição detalhada.

#### DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

A Figura 1 exhibe esquematicamente uma realização de um conversor eletrônico de energia de acordo com a presente invenção.

A Figura 2 exhibe as tensões de saída alternadas de dois inversores do conversor da Figura 1, que são combinados em paralelo entre si.

A Figura 3a exhibe esquematicamente um conversor de acordo com a Figura 1, acoplado a uma carga em paralelo por meio de um componente magnético.

A Figura 3b exhibe esquematicamente um conversor de acordo com a Figura 1, acoplado a uma carga em série por meio de um componente magnético.

A Figura 4 exhibe um inversor de múltiplos níveis do conversor da Figura 1.

A Figura 5 exhibe ondas utilizadas em uma realização de modulação de MLP, em uma realização do método de acordo com a presente invenção implementada no conversor da Figura 1.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

O método de controle de acordo com a presente

invenção é adaptado para uso em conversores eletrônicos de energia C, particularmente do tipo CFT (Conversor de Fonte de Tensão), que convertem tensão CC em tensão alternada, preferencialmente para linhas de transmissão e/ou de distribuição. Embora seja um sistema trifásico, as Figuras e o relatório descritivo exibem e explicam a presente invenção em forma de fio único para fins de clareza.

A Figura 1, na forma de blocos, exhibe uma realização de um conversor eletrônico de energia C adaptado para sustentar o método de acordo com a presente invenção. O dito conversor C compreende pelo menos um primeiro inversor trifásico 1 que é alimentado por meio de tensão CC de uma fonte de energia CC e pelo menos um segundo inversor trifásico 2 que também é alimentado pela dita tensão CC, em que a tensão CC é convertida em uma primeira forma de onda de tensão alternada AC1 por meio do primeiro inversor 1 e em uma segunda forma de onda de tensão alternada AC2 por meio do segundo inversor 2. O conversor C também compreende meios de combinação 9 que correspondem preferencialmente a um transformador interfases ou TIF (transformador interfases), para combinar em paralelo as ditas ondas de tensão alternada AC1 e AC2 entre si, sendo obtida uma forma de onda de tensão alternada AC12 resultante. Preferencialmente, conforme exibido na Figura 2, as ditas ondas de tensão alternada AC1 e AC2 dos inversores 1 e 2 são deslocadas em fase em um pequeno ângulo  $\alpha$  entre si, de tal forma que, ao sacrificar levemente a amplitude da forma de onda de tensão de saída alternada resultante AC12, certos harmônicos da dita forma de onda de tensão alternada AC12 são eliminados ou reduzidos. O dito ângulo  $\alpha$  pode ser de cerca de  $7,5^\circ$ , tal como um ângulo em que os harmônicos próximos a 24 na forma de onda resultante são eliminados ou reduzidos; em outras palavras, os harmônicos 23 e 25 são reduzidos até um ponto em que podem ser considerados

eliminados, com uma redução insignificante da amplitude da dita forma de onda de tensão de saída alternada resultante AC12.

A fim de conduzir o método de acordo com a presente  
5 invenção, o conversor C também compreende pelo menos um  
terceiro inversor 3 e um quarto inversor 4 alimentados pela  
tensão CC, em que são obtidas uma primeira forma de onda de  
tensão alternada adicional AC3 e uma segunda forma de onda de  
tensão alternada adicional AC4, respectivamente, como  
10 resultado da conversão. O dito conversor C compreende meios  
de combinação adicionais 10 que correspondem a um  
transformador interfásico ou TIF, para combinar em paralelo  
as ditas ondas de tensão alternada adicionais AC3 e AC4 entre  
si, sendo obtida uma tensão alternada adicional resultante  
15 AC34. As duas ondas de tensão alternada resultantes AC12 e  
AC34 são fornecidas para a saída do conversor C por meio de  
dois terminais T1 e T2 do conversor C, de forma a permitir  
que um conversor C com dois polos ou terminais T1 e T2  
abertos na saída seja acoplado a uma carga 12  
20 (preferencialmente, a carga corresponde a uma linha de  
transmissão e/ou de distribuição), por meio de um componente  
magnético específico 11 conforme exibido na realização da  
Figura 3a, com referência a um acoplamento paralelo à carga  
12 e, na realização da Figura 3b, com referência a um  
25 acoplamento em série à carga 12. O dito componente magnético  
11 compreende um transformador de acoplamento trifásico com  
uma bobina isolada no secundário, em que os dois terminais T1  
e T2 do conversor C são conectados, de forma a facilitar o  
acoplamento em série à carga 12 e obter um conversor  
30 eletrônico de energia C com menos componentes magnéticos que  
os necessários no estado da técnica e, portanto, um conversor  
mais econômico. O dito transformador de acoplamento pode  
também compreender um enrolamento delta auxiliar que fornece

um trajeto de baixa impedância para as correntes com sequência zero. Como resultado, as correntes com sequência zero que fluem ao longo da linha não fluem através do conversor e vice-versa. Além disso, isso envolve uma redução do tamanho dos componentes magnéticos que são utilizados, o que envolve um tamanho menor da unidade formada pelo conversor C e pelos ditos componentes magnéticos. No acoplamento paralelo, é geralmente utilizado um banco capacitor 13 para aumentar a energia capacitiva e uma resistência adicional 19 para aumentar o poder de indução do equipamento e reduzir a intensidade do curto-circuito por meio de um secundário do transformador de acoplamento, enquanto no acoplamento em série uma resistência adicional 18 é geralmente utilizada para aumentar o poder de indução do equipamento e reduzir a intensidade do curto-circuito por meio de um secundário do transformador de acoplamento e uma passagem 17 para fechá-la no caso de falha da carga.

Na realização da Figura 1 e ao longo de todo o relatório descritivo, faz-se menção do uso de quatro inversores 1, 2, 3 e 4, embora possam ser utilizados tantos inversores quantos forem necessários sem limitar a presente invenção ao uso de quatro inversores. No caso do uso de mais inversores, os ditos inversores são combinados em paralelo entre si, até que produzam duas ondas de tensão de saída alternada, que correspondem às ondas de tensão alternada AC12 e AC34 da Figura 1 e do relatório descritivo.

A forma de onda de tensão alternada resultante adicional AC34 é exibida em fase a cerca de  $180^\circ$  com relação à forma de onda de tensão alternada resultante AC12, de tal forma que a forma de onda de tensão de saída do conversor C também aumente quando for acoplada à carga 12. Os inversores 1, 2, 3 e 4 utilizados são inversores de múltiplos níveis, preferencialmente de três níveis tais como o exibido na

Figura 4 (e, portanto, as ondas de tensão alternada AC1 e AC2 exibidas na Figura 2), o que permite o aumento da energia de saída do conversor C. Conforme comentado, o sistema é trifásico e, como resultado, os inversores utilizados também são trifásicos e geram três fases de saída F1, F2 e F3 (as ondas de tensão alternada AC1, AC2, AC3 e AC4 correspondem a uma das ditas fases F1, F2 ou F3 e, por esta razão, conforme comentado acima, apenas uma fase é detalhada em forma de fio único para fins de clareza).

10 Graças ao método, as tensões em modo comum de pelo menos uma das ondas de tensão alternada AC1, AC2, AC3, AC4, AC12 ou AC34 também são eliminadas, o que envolve uma redução do teor de harmônicos da forma de onda de tensão de saída do conversor C e, como resultado, a qualidade da tensão e/ou  
15 energia fornecida para a carga 12 é ideal. Com este propósito, o conversor C compreende meios de filtragem 7, 8, que correspondem preferencialmente a um transformador de bloqueio com sequência zero ou ZSBT. Preferencialmente, as ditas tensões em modo comum são eliminadas, pois foram  
20 obtidas as ondas de tensão alternada resultantes AC12 e AC34, em que um único ZSBT é utilizado para cada terminal T1 e T2 do conversor C, conforme exibido na realização da Figura 1, embora eles possam também ser eliminados na etapa anterior à obtenção das ditas ondas de tensão alternada resultantes AC12  
25 e AC34, antes da combinação das ondas de tensão alternada AC1 e AC2; AC3 e AC4 são combinados entre si e, como resultado, as ditas tensões são eliminadas diretamente das ditas ondas de tensão alternada AC1 e AC2; AC3 e AC4, em que ZSBT é utilizado para cada uma delas. Pode também ser utilizado  
30 apenas um ZSBT para uma das ondas de tensão resultantes AC12 ou AC34 de um dos ditos terminais T1 ou T2 e nenhum é utilizado no outro terminal T2 ou T1. Em vez de uma dessas propostas alternativas, pode-se também adotar uma combinação

delas, desde que seja utilizada para eliminar as tensões em modo comum. Como resultado e adicionalmente, graças ao método de acordo com a presente invenção, como é utilizado um número pequeno de inversores 1, 2, 3 e 4, é obtida uma redução do custo e do tamanho do conversor C resultante.

Para reduzir o teor de harmônicos da tensão de saída a ser fornecida à carga 12, em uma primeira realização do método de acordo com a presente invenção, são utilizados métodos do tipo modulação MLP (Modulação de Largura de Pulso), nos quais o formato da forma de onda de saída é obtido por meio de comparação de uma forma de onda de saída modulada (tal como em uma frequência de 50 Hz) com uma forma de onda triangular de alta frequência (tal como de 600 a 10.000 Hz), sendo obtida uma forma de onda de tensão de saída com baixo teor de harmônicos. A dita modulação MLP pode ser conduzida utilizando as ondas de modulação correspondentes M1 e M2 deslocadas em fase entre si, nos dois inversores 1 e 2; 3 e 4, cujas ondas de tensão de saída alternada AC1 e AC2; AC3 e AC4 são combinadas em paralelo e as ondas triangulares 21 e 22 que são iguais e em fase, conforme exibido na Figura 5, ou com as ondas de modulação M1 e M2 em fase e as ondas triangulares 21 e 22 iguais, mas deslocadas em fase entre si, preferencialmente em cerca de 90°. Pode também ser adotada uma combinação dos dois, em outras palavras, deslocados em portadora de fase e ondas de modulação. Ondas de tensão de saída similares podem ser obtidas por meios alternativos, tais como utilizando métodos de modulação vetorial do tipo MLPVE (Modulação de Largura de Pulso de Vetor de Espaço). Esta disposição também permite a injeção de harmônicos com sequência zero, tais como o terceiro, para aumentar a tensão de saída, à medida que é bloqueada pelo(s) ZSBT(s).

Para reduzir o teor de harmônicos da tensão de saída, em uma segunda realização do método de acordo com a

presente invenção, são utilizados métodos de modulação de SHE ou eliminação de harmônicos seletivos e, por meio deles, são controlados os deslocamentos de fases dos sinais de comutação para os semicondutores dos diferentes inversores 1, 2, 3 e 4, 5 as duas ondas fundamentais dos diferentes inversores 1 e 2; 3 e 4, cujas ondas de tensão de saída alternada AC1 e AC2; AC3 e AC4 são combinadas em paralelo, seja em fase ou de outra forma. Como resultado, certos harmônicos das ondas de tensão alternada AC1, AC2, AC3 e AC4 são eliminados ou reduzidos, o 10 que resulta em uma redução do teor de harmônicos das ditas ondas de tensão alternada AC1, AC2, AC3 e AC4.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO DE CONTROLE PARA CONVERSÃO DE ENERGIA, em que:

- a tensão CC é convertida em tensão alternada, em que pelo menos uma primeira forma de onda de tensão alternada (AC1) é obtida por meio de pelo menos um inversor de múltiplos níveis (1) e uma segunda forma de onda de tensão alternada (AC2) é obtida por meio de pelo menos um outro inversor com múltiplos níveis (2); em que:

10 - as ondas de tensão alternadas (AC1, AC2) dos diferentes inversores (1, 2) são combinadas em paralelo e é obtida uma forma de onda de tensão alternada resultante (AC12);

caracterizado em que:

15 - durante a conversão de tensão CC em tensão alternada, é obtida uma forma de onda de tensão alternada adicional (AC3) por meio de pelo menos um inversor de múltiplos níveis adicional (3) e uma segunda forma de onda de tensão alternada adicional (AC4) é obtida por meio de pelo menos um outro inversor com múltiplos níveis adicional (4), em que as ditas ondas de tensão alternada adicionais (AC3, AC4) são combinadas em paralelo, a forma de onda de tensão alternada resultante adicional (AC34) é obtida como resultado da combinação e a forma de onda de tensão alternada resultante adicional (AC34) é deslocada em fase em cerca de 25 180° com relação à forma de onda de tensão alternada resultante (AC12); e

- as tensões em modo comum são eliminadas de pelo menos uma das ondas de tensão alternada (AC1, AC2; AC12; AC3, AC4; AC34).

30

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado em que as ondas de tensão alternada (AC1, AC2; AC3, AC4) que são combinadas em paralelo entre si para obter

a forma de onda de tensão alternada resultante correspondente (AC12; AC34) comrpeendem diferentes valores instantâneos.

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado em que, para converter tensão CC em tensão alternada para obter as ondas de tensão alternada (AC1, AC2; AC3, AC4), os inversores (1, 2; 3, 4) utilizam uma modulação MLP com sinais de modulação nos dois inversores (1, 2; 3, 4) deslocados em fase entre si e sinais de portadoras triangulares que se encontram em fase.

10 4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado em que, para converter tensão CC em tensão alternada para obter as ondas de tensão alternada (AC1, AC2; AC3, AC4), os inversores (1, 2; 3, 4) utilizam uma modulação MLP com sinais de modulação nos dois inversores (1, 2; 3, 4) em fase e sinais de portadoras triangulares que são iguais mas deslocados em fase entre si.

15 5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado em que, para converter tensão CC em tensão alternada para obter as ondas de tensão alternada (AC1, AC2; AC3, AC4), os inversores (1, 2; 3, 4) utilizam uma modulação MLP com sinais de modulação nos dois inversores (1, 2; 3, 4) deslocados em fase em um certo ângulo entre si e sinais de portadoras triangulares que são iguais mas deslocados em fase entre si.

20 6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado em que, a fim de converter tensão CC (CC1; CC2) em tensão alternada para obter as ondas de tensão alternada (AC1; AC2), utiliza-se uma modulação de mitigação ou eliminação de harmônicos seletiva.

30 7. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado em que as tensões em modo comum são eliminadas de pelo menos uma das ondas de tensão alternada (AC1, AC2; AC12) e/ou uma das ondas de tensão

alternada adicionais (AC3, AC4; AC34).

8. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado em que as tensões em modo comum são eliminadas das ondas de tensão alternada (AC1, AC2; AC3, AC4) após a combinação das ditas ondas de tensão alternada (AC1, AC2; AC3, AC4).

9. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado em que a tensão em modo comum é eliminada de cada forma de onda de tensão alternada (AC1, AC2; AC3, AC4), em que as ditas ondas de tensão alternada (AC1, AC2; AC3, AC4) são combinadas entre si em seguida.

10. CONVERSOR ELETRÔNICO DE ENERGIA ADAPTADO PARA CONDUZIR O MÉTODO DE CONTROLE conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 9, que compreende:

- um bloco (B1) de inversores que compreende pelo menos dois inversores em múltiplos níveis (1, 2) para converter tensão CC em tensão alternada, em que são obtidas pelo menos duas formas de onda de tensão alternada (AC1, AC2); e

- meios de combinação (9) para combinar em paralelo as duas ondas de tensão alternada (AC1, AC2), em que é obtida uma forma de onda de tensão alternada resultante (AC12) como resultado da combinação;

caracterizado em que:

- o conversor também compreende um bloco adicional (B2) de inversores que compreende pelo menos dois inversores em múltiplos níveis adicionais (3, 4) para converter tensão CC em tensão alternada, em que são obtidas pelo menos duas ondas de tensão alternada adicionais (AC3, AC4); e

- meios de combinação adicionais (10) para combinar em paralelo as duas ondas de tensão alternada adicionais (AC3, AC4), uma forma de onda de tensão alternada resultante

adicional (AC34) deslocada em fase em cerca de  $180^\circ$  com a geração da forma de onda de tensão alternada resultante (AC12); e

5 - meios de filtragem (7; 8) para eliminar as tensões de modo comum das ondas de tensão alternada (AC1, AC2; AC12; AC2, AC3; AC34).

11. CONVERSOR, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado em que compreende meios de filtragem (8) para eliminar as tensões de modo comum da forma de onda de tensão alternada resultante (AC12) e meio de filtragem adicional (7) para eliminar as tensões em modo comum da forma de onda de tensão alternada resultante (AC34).

12. CONVERSOR, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado em que compreende meios de filtragem (7; 8) para eliminar as tensões de modo comum de cada forma de onda de tensão alternada (AC1, AC2, AC3, AC4).

13. CONVERSOR, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 12, caracterizado em que os inversores (1, 2, 3, 4) são inversores de três níveis.

20 14. CONVERSOR, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 13, caracterizado pelo fato de que cada meio de combinação (9, 10) corresponde a um transformador interfases.

25 15. CONVERSOR, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 14, caracterizado em que o meio de filtragem (7, 8) corresponde a um transformador de bloqueio com zero sequências.

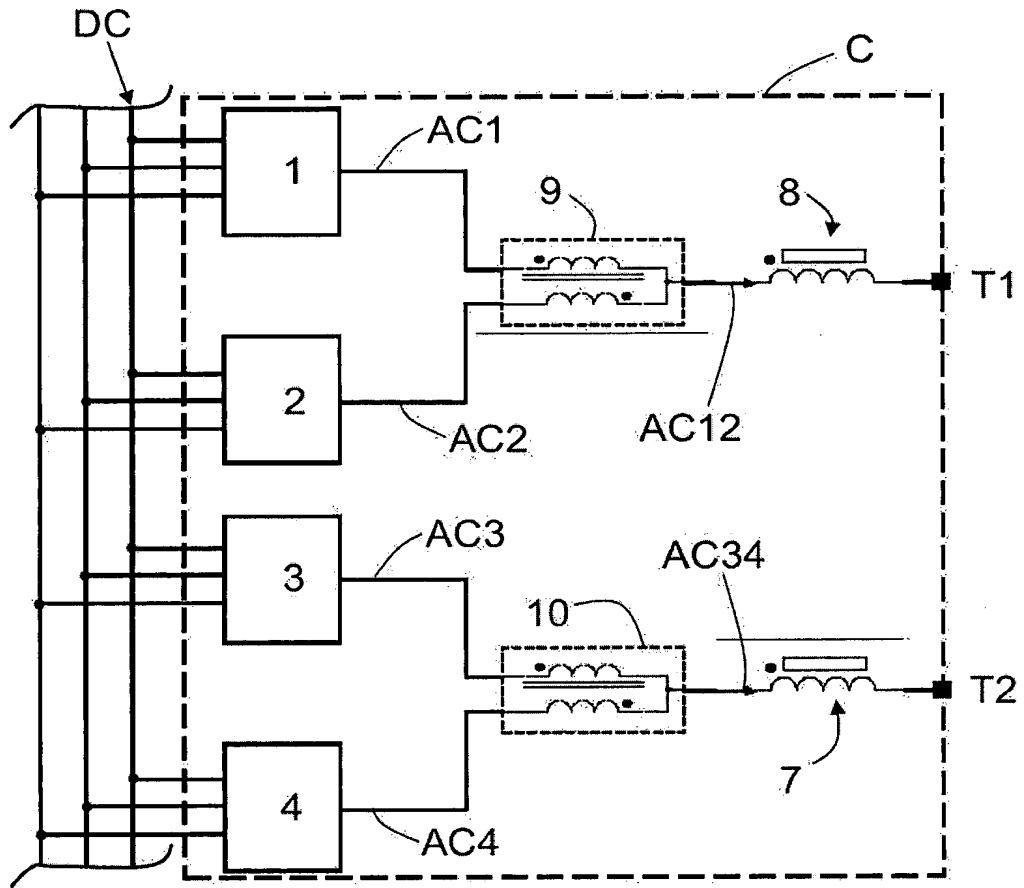


Fig. 1

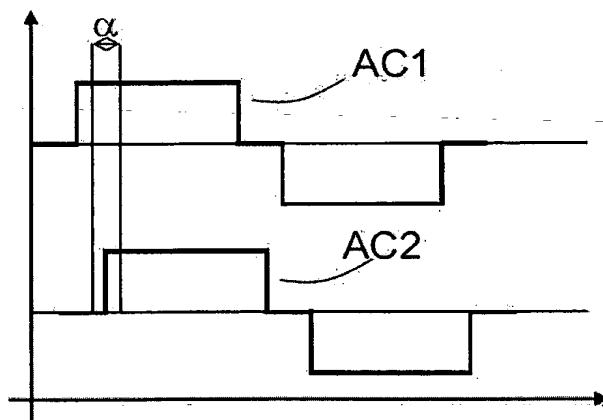


Fig. 2

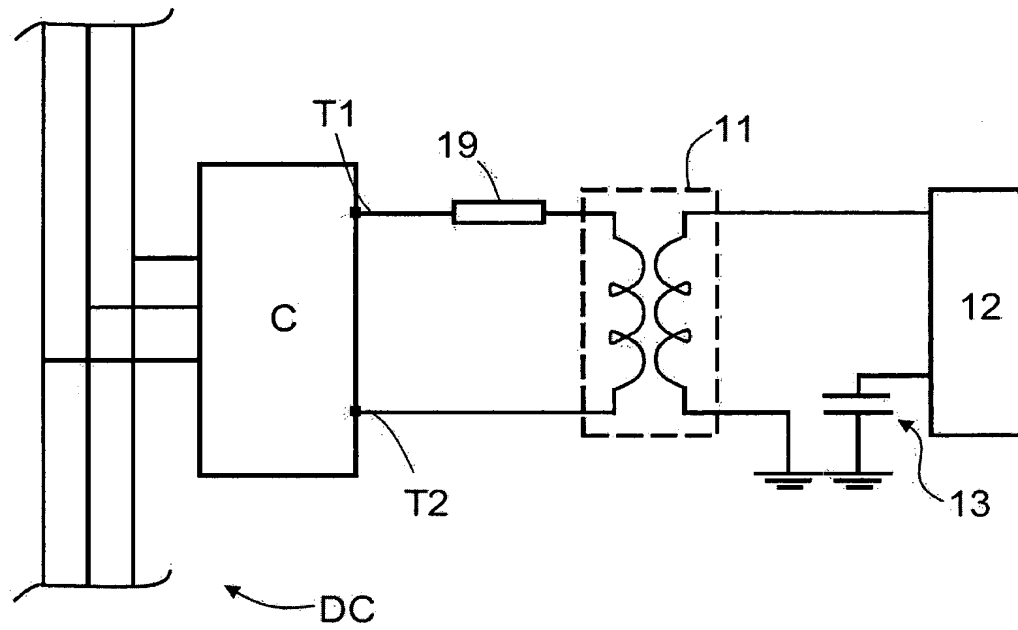


Fig. 3a

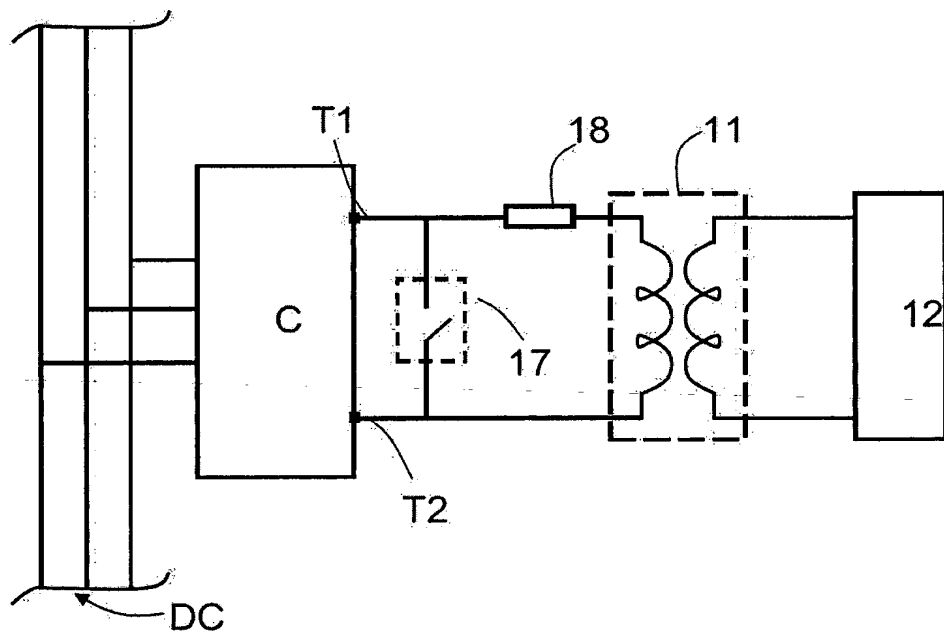


Fig. 3b

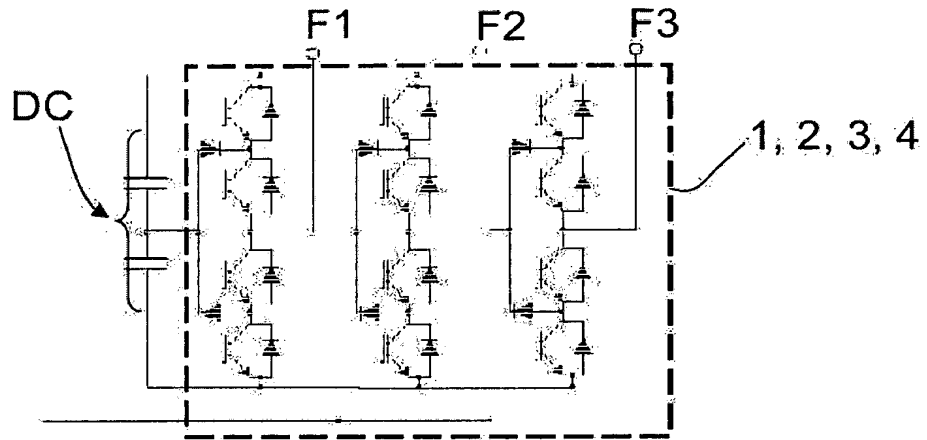


Fig. 4

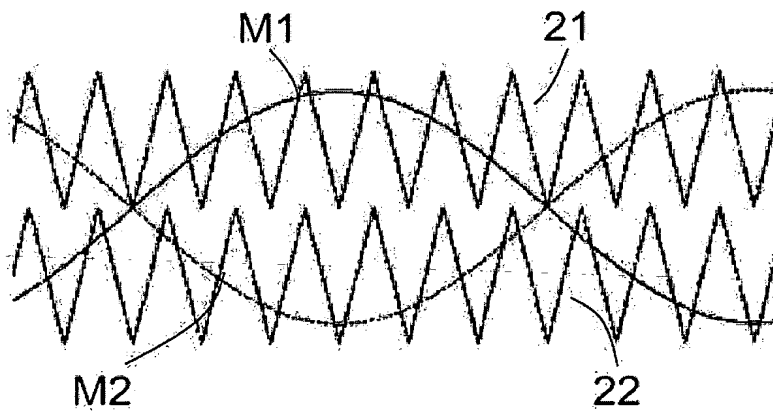


Fig. 5

RESUMO

MÉTODO DE CONTROLE PARA CONVERSÃO DE ENERGIA E  
CONVERSOR ELETRÔNICO DE ENERGIA ADAPTADO PARA CONDUZIR O  
MÉTODO DE CONTROLE

5                    Método de controle para converter energia na qual  
uma tensão CC é convertida em tensão alternada, em que são  
obtidas uma primeira tensão alternada (AC1) e uma segunda  
tensão alternada (AC2) por meio de um primeiro inversor (1) e  
um segundo inversor (2), respectivamente. As ditas tensões  
10 alternadas (AC1, AC2) são combinadas em paralelo e é obtida  
uma tensão alternada resultante (AC12). Também é gerada uma  
tensão alternada resultante adicional (AC34), que converte a  
tensão CC em tensão alternada, em que é obtida uma tensão  
alternada adicional (AC3) e uma outra tensão alternada  
15 adicional (AC4) por meio de um primeiro inversor adicional  
(3) e um segundo inversor adicional (4), respectivamente, em  
combinação em paralelo das ditas tensões alternadas  
adicionais (AC3, AC4). A tensão alternada resultante  
adicional (AC34) é deslocada em fase a cerca de 180° com  
20 relação à tensão alternada resultante (AC12). Graças ao dito  
método, as tensões em modo comum também são eliminadas de  
pelo menos uma das tensões alternadas.