



INPI
INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0923793-3

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0923793-3

(22) Data do Depósito: 16/11/2009

(43) Data da Publicação do Pedido: 08/07/2010

(51) Classificação Internacional: H02J 3/18.

(30) Prioridade Unionista: EP 08 022511.3 de 29/12/2008.

(54) Título: MÉTODO DE OPERAÇÃO DE UM CONVERSOR DE MÚLTIPLOS NÍVEIS, DISPOSITIVO DE CONTROLE DE MÚLTIPLAS FASES CONVERSoras DE UM CONVERSOR DE MÚLTIPLOS NÍVEIS E CONVERSOR DE MÚLTIPLOS NÍVEIS

(73) Titular: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, Sociedade Alemã. Endereço: Wittelsbacherplatz 2, München, ALEMANHA(DE)

(72) Inventor: WOLFGANG HÖRGER; WOLFGANG MEUSEL.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 16/11/2009, observadas as condições legais

Expedida em: 15/01/2019

Assinado digitalmente por:
Alexandre Gomes Ciano
Diretor Substituto de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO DE OPERAÇÃO DE UM CONVERSOR DE MÚLTIPLOS NÍVEIS, DISPOSITIVO DE CONTROLE DE MÚLTIPLAS FASES CONVERSORAS DE UM CONVERSOR DE MÚLTIPLOS NÍVEIS E CONVERSOR DE MÚLTIPLOS NÍVEIS"**.

[001] A presente invenção refere-se a um método de operação para um conversor de múltiplos níveis que possui múltiplas fases de conversão que são ligadas às fases de uma rede trifásica em uma ligação estrela-triângulo.

[002] A presente invenção também se refere a um programa de computador que compreende um código de máquina que pode ser diretamente processado por um dispositivo de controle para as fases de conversão de um conversor de múltiplos níveis e cujo processamento pelo dispositivo de controle faz com que o dispositivo de controle realize tal método de operação.

[003] A presente invenção também se refere a um dispositivo de controle de múltiplas fases de conversão de um conversor de múltiplos níveis que são ligadas às fases de uma rede trifásica em uma ligação estrela-triângulo.

[004] Por fim, a presente invenção se refere a um conversor de múltiplos níveis que possui múltiplas fases de conversão que são ligadas às fases de uma rede trifásica em uma ligação estrela-triângulo, em que o conversor de múltiplos níveis também possui um dispositivo de controle.

[005] Os conversores de múltiplos níveis são geralmente conhecidos. Esses são usados, *inter alia*, como compensadores de potência reativa para cargas não lineares. A carga pode ser, por exemplo, um forno a arco elétrico trifásico. Entretanto, outras cargas também são possíveis. Meramente a título de exemplo, em relação à configuração e em relação ao modo básico de operação de um conversor de múltiplos

níveis usado como um compensador de potência reativa, faz-se referência ao documento US 6.075.350 A.

[006] Por meio do procedimento conhecido a partir de US 6.075.350 A, já é possível garantir que a harmônica disruptiva e os componentes de potência reativa sejam filtrados. Entretanto, o procedimento no documento US 6.075.350 A é tecnicamente muito complexo. Ademais, o procedimento conhecido não pode garantir que a potência ativa desejada seja distribuída uniformemente entre todas as fases da rede trifásica.

[007] O documento especialista "A Universal STATCOM with Delta-Connected Cascade Multilevel Inverter" por F. Z. Peng *et al.*, 35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, Aachen, Germany, 2004 descreve a compensação de potência reativa e a simetriação de potência ativa em um conversor de múltiplos níveis.

[008] Uma descrição similar pode ser encontrada no documento especialista "Symmetry Compensation using a H-Bridge Multilevel STATCOM with Zero Sequence Injection" por R. E. Betz *et al.*, Conference Records of the 42nd IEEE Industry Applications Conference, Outubro de 2006, páginas 1721 a 1731.

[009] Um conversor de potência de um motor, que é operado com uma fonte de potência CA desequilibrada e fornece corrente ao motor de maneira uniforme, é conhecido a partir do documento especialista "Analysis of a Multi-Cell Converter under Unbalanced AC Source" by M. A. Perez *et al.*, 36th Power Electronics Specialists Conference, Piscataway, NJ, USA, 2005.

[0010] O documento US 2008/174183 A1 descreve a harmônica de compensação na corrente e/ou tensão de um sistema de corrente trifásica.

[0011] O documento WO 2005/029669 A2 descreve a harmônica de filtragem e as correntes reativas bem como a simetrização da po-

tência ativa em um sistema de corrente trifásica por meio de um filtro ativo.

[0012] O documento US 5.648.894 A descreve a harmônica de compensação e as assimetrias de carga em um sistema de corrente trifásica.

[0013] O objetivo da presente invenção consiste em fornecer maneiras possíveis de determinar facilmente o estado de atuação do conversor de múltiplos níveis e de distribuir a potência ativa uniformemente entre todas as fases da rede trifásica.

[0014] O objetivo é atingido por um método de operação para um conversor de múltiplos níveis correspondente que possui as características da invenção. As melhorias vantajosas do método de operação de acordo com a invenção são o assunto das concretizações.

[0015] De acordo com a invenção, um componente ativo e ao menos dois componentes assimétricos são determinados com base em valores de tensão de fase e valores de corrente de fase. Os valores de tensão de fase são característicos das tensões de fase presentes nas fases. Os valores de corrente de fase são característicos das correntes de fase que fluem nas fases. O componente de corrente ativa é característico da corrente ativa total que flui na rede trifásica. Ao menos dois componentes assimétricos são característicos de uma distribuição, entre as fases, das correntes ativas e reativas totais fluentes. O componente de corrente ativa e ao menos dois componentes assimétricos são filtrados com uma característica de filtragem. Os valores de tensão de fase são multiplicados pelo componente ativo filtrado e ao menos dois componentes assimétricos filtrados. Os valores de tensão de fase multiplicados são multiplicados por um respectivo fator de ponderação e são então somados aos valores de corrente de fase. Uma corrente zero é determinada com base nos componentes assimétricos e os valores de tensão de fase e também é somada aos valores de corrente

de fase. A corrente zero é determinada de modo que essa simetrize qualquer fluxo de potência ativa assimétrico do conversor de múltiplos níveis que poderia ocorrer sem a corrente zero. Com base nos valores de corrente de fase que são modificados desse modo, um estado de atuação das fases de conversão é determinado. As fases de conversão são atuadas de acordo com o estado de atuação que é determinado.

[0016] Com base no modo inventivo de determinar o estado de atuação é possível garantir que a harmônica e os componentes de potência reativa que se alteram de maneira rápida ou lenta ou os componentes de potência que se alteram a um alto grau e que causam cintilação sejam filtrados e que as fases da rede trifásica sejam uniformemente carregadas com a potência ativa e as fases de conversão mesmo assim permaneçam carregadas.

[0017] Fundamentalmente, o método de operação de acordo com a invenção consiste primeiramente em predefinir completamente a corrente de carga que será compensada como um valor de ponto de ajuste do conversor de múltiplos níveis. Entretanto, os componentes de corrente de carga são modificados no modo inventivo explicado acima, com o resultado que mesmo que os componentes de corrente assimétricos possam ser distribuídos uniformemente entre todas as fases da rede trifásica e, para evitar a sobrecarga do conversor de múltiplos níveis, os componentes de corrente de carga são subtraídos do valor de ponto de ajuste de corrente levando-se em consideração uma taxa de alteração que evita a cintilação. A simetrização da carga ativa é realizada por meio de uma carga reativa assimétrica. Para esse propósito, a corrente zero é calculada, filtrada e somada aos valores de ponto de ajuste de corrente de fase.

[0018] De acordo com uma melhoria preferida do método de operação há a condição que as características de filtragem para ao menos dois componentes assimétricos sejam determinadas de modo que uma

redução na cintilação, que ocorre mesmo sem a filtragem, seja aprimorada. Como resultado, as reações de rede indesejadas podem ser reduzidas.

[0019] As características de filtragem de ao menos dois componentes assimétricos são geralmente as mesmas. Entretanto, essas podem se diferir da característica de filtragem do componente ativo. Isso torna possível em particular otimizar o estado de carga das fases de conversão independentemente da redução na cintilação.

[0020] Em uma configuração preferida adicional da presente invenção há a condição que pelo menos um fator de adaptação seja determinado com base em um estado de carga instantâneo das fases de conversão, com base em tal fator de adaptação ao menos uma das características de filtragem e/ou ao menos um dos fatores de ponderação são adaptados. Desse modo, quando um estado de carga crítico for obtido, é possível acelerar a correção desse estado de carga.

[0021] De acordo com uma configuração preferida adicional do método de operação de acordo com a invenção, ao menos um dos valores de tensão de fase multiplicados e/ou a corrente zero são filtrados antes da soma aos valores de corrente de fase por meio de um respectivo filtro de adaptação que possui um comportamento de integração próximo à frequência de rede. Isso permite um comportamento de diferenciação da rede trifásica de alimentação que será facilmente compensado. Como resultado, um efeito cintilante pode ser reduzido ainda mais.

[0022] O objetivo também é atingido por meio de um programa de computador do tipo descrito acima, cujo processamento de programa de computador faz com que o dispositivo de controle realize um método de operação de acordo com a invenção. O programa de computador pode ser armazenado em uma portadora de dados em uma forma legível de máquina. A portadora de dados pode ser incorporada, em

particular, como uma portadora de dados móvel.

[0023] O objetivo também é atingido por meio de um dispositivo de controle do tipo mencionado no início que é incorporado de modo que durante a operação esse realize um método de operação de acordo com a invenção.

[0024] Em muitos casos, o dispositivo de controle é incorporado como um controlador programável por software. Nesse caso, o dispositivo de controle é programado com um programa de computador de acordo com a invenção.

[0025] No conversor de múltiplos níveis de acordo com a invenção há a condição que o dispositivo de controle seja incorporado de modo que durante a operação esse realize um método de operação de acordo com a invenção.

[0026] Vantagens e detalhes adicionais surgem a partir da seguinte descrição de modalidades exemplificativas em conjunto com os desenhos, em que, em uma ilustração básica:

a figura 1 é uma vista esquemática de um sistema de corrente trifásica, e

a figura 2 mostra um método de operação de um conversor de múltiplos níveis.

[0027] De acordo com a figura 1, uma rede trifásica 1 possui uma pluralidade de fases 2 a 4. Três dessas fases 2 a 4 são ilustradas na figura 1. O número de fases 2 a 4 poderia, entretanto, também ser maior, por exemplo, cinco. A rede trifásica 1 é alimentada a partir de um ponto de alimentação 5. O ponto de alimentação 5 pode ser, por exemplo, um transformador de corrente trifásica. Uma carga 6 é conectada à rede trifásica 1. A carga 6 pode ser incorporada, por exemplo, como um forno a arco elétrico trifásico ou como alguma outra carga que é notoriamente não linear.

[0028] Se a carga 6 for operada imediatamente na rede trifásica 1,

poderiam ocorrer fortes reações de rede. Um compensador de potência reativa 7 é, portanto, conectado paralelo à carga 6. O compensador de potência reativa 7 é incorporado de acordo com a invenção como um conversor de múltiplos níveis 7.

[0029] O conversor de múltiplos níveis 7 possui múltiplas fases de conversão 8 a 10. Cada fase de conversão 8 a 10 possui um circuito em série composto de fontes de tensão individualmente invertíveis. O número de fontes de tensão por fase de conversão 8 a 8 pode ser selecionado como exigido. Como uma regra, o número está entre 10 e 100. Em todos os casos esse é consideravelmente maior do que dois. O desenho básico das fases de conversão 8 a 10 é descrito em detalhes no documento mencionado acima US 6.075.350 A, e, portanto, não há a necessidade de declarações detalhadas referentes ao desenho das fases de conversão individuais 8 a 10.

[0030] De acordo com a figura 1, cada fase de conversão 8 a 10 é ligada, em cada caso, a duas das fases 2 a 4. As fases de conversão 8 a 10 são, portanto, ligadas em uma ligação triângulo às fases 2 a 4 da rede trifásica 1. Alternativamente, as fases de conversão 8 a 10 poderiam ser ligadas em uma ligação estrela às fases 2 a 4 da rede trifásica 1.

[0031] O conversor de múltiplos níveis 7 também possui um dispositivo de controle 11. O dispositivo de controle 11 recebe sinais de estado U2 a U4, IL2 a IL4 da rede trifásica 1. O dito dispositivo de controle 11 determina um estado de atuação A para as fases de conversão 8 a 10 com base nos sinais de estado fornecidos U2 a U4, IL2 a IL4 da rede trifásica 1. O estado de atuação A compreende, para cada fonte de tensão individual de cada fase de conversão 8 a 10, o estado de atuação individual binário (+/-) da mesma ou o estado de atuação individual ternário (+/0/-) da mesma.

[0032] O dispositivo de controle 11 pode ser implementado utili-

zando um conjunto de circuitos. Nesse caso, o método de funcionamento do dispositivo de controle 11 é determinado por meio do conjunto de circuitos do mesmo. Entretanto, o dispositivo de controle 11 é geralmente incorporado como um dispositivo de controle programável por software 11. Nesse caso, o método de funcionamento do dispositivo de controle 11 é determinado por um programa de computador 12 com o qual o dispositivo de controle 11 é programado.

[0033] O programa de computador 12 compreende um código de máquina 13 que pode ser diretamente processado pelo dispositivo de controle 11. O processamento do código de máquina 13 pelo dispositivo de controle 11 faz com que o dispositivo de controle 11 realize um método de operação que é determinado pelo código de máquina 13.

[0034] O programa de computador 12 pode ser alimentado no dispositivo de controle 11 de qualquer maneira desejada. Por exemplo, o programa de computador 12 já pode ser armazenado no dispositivo de controle 11 quando o dispositivo de controle 11 for fabricado. Alternativamente, é possível que o programa de computador 12 seja alimentado no dispositivo de controle 11 através de uma rede de computador - por exemplo, a World Wide Web. Por sua vez, é alternativamente possível que o programa de computador 12 seja armazenado em uma portadora de dados móvel 14 em uma forma legível de máquina e seja alimentado no dispositivo de controle 11 desse modo. A portadora de dados móvel 14 pode ser incorporada de acordo com as exigências. Meramente a título de exemplo, um cartão Memory Stick USB é ilustrado esquematicamente na figura 1. Alternativamente, a portadora de dados móvel 14 poderia ser, por exemplo, incorporada como um cartão de memória SD ou como uma CD-ROM.

[0035] Independente de o dispositivo de controle 11 ser incorporado por um conjunto de circuitos ou realizar o programa de computador 12, o dispositivo de controle 11 implementa um método de operação

que será explicado em mais detalhes abaixo em conjunto com a figura 2.

[0036] De acordo com a figura 2, os valores de tensão de fase U2 a U4 e os valores de corrente de fase IL2 a IL4 são alimentados no dispositivo de controle 11. Os valores de tensão de fase U2 a U4 são característicos das tensões de fase que estão presentes nas fases 2 a 4. Esses podem ser derivados, por exemplo, por meio de sensores de tensão correspondentes 15. Em princípio, a derivação pode ocorrer em qualquer local desejado na rede trifásica 1. A derivação ocorre, de preferência, próxima ao ponto de alimentação 5. Os valores de corrente de fase IL2 a IL4 são característicos das correntes de fase que fluem nas fases 2 a 4. Esses podem ser detectados, por exemplo, por meio de sensores de corrente correspondentes 16. Os sensores de corrente 16 são, de preferência, dispostos naquela parte da rede trifásica 1 pela qual a carga 6 é exclusivamente fornecida.

[0037] De acordo com a ilustração nas figuras 1 e 2, os valores de tensão de fase U2 a U4 e os valores de corrente de fase IL2 a IL4 são diretamente alimentados no dispositivo de controle 11.

[0038] Entretanto, é alternativamente possível que os valores de tensão de fase U2 a U4 e os valores de corrente de fase IL2 a IL4 sejam convertidos em um sistema bicomponente ortogonal. Essa conversão é geralmente conhecida por um elemento versado na técnica e, portanto, não precisa ser explicada em mais detalhes.

[0039] O dispositivo de controle 11 implementa ao menos cinco trajetórias de sinal 17 que se abrem em um nó comum 18. As trajetórias de sinal 17 são especificadas abaixo, em cada caso, com uma das letras a a e para que sejam diferenciadas. A respectiva mesma letra a a e também é usada, quando apropriado, como um suplemento para os elementos individuais das respectivas trajetórias de sinal 17.

[0040] Na primeira trajetória de sinal 17a, os valores de tensão de

fase U2 a U4 são multiplicados em uma base de componente pelo valor de corrente de fase respectivamente correspondente IL2 a IL4 em um bloco de ligação 19a (implícito: no que é referido como o sistema de sequência de fase positiva). Ademais, a soma dos produtos é determinada. O sinal de saída do bloco de ligação 19a é um componente ativo. O componente ativo w é uma variável escalar que é característica da corrente ativa total que flui na rede trifásica 1.

[0041] Se, por exemplo, os valores de tensão de fase U2 a U4 e os valores de corrente de fase I2 a I4 forem convertidos em um sistema bicomponente ortogonal, e no sistema bicomponente os valores de tensão de fase forem denotados por u_1 , u_2 e os valores de corrente de fase por i_1 , i_2 , o componente ativo w é obtido como $w = u_1 \cdot i_1 + u_2 \cdot i_2$.

[0042] O componente ativo w é filtrado em um filtro 20a com uma característica de filtro. Como uma regra, ocorre a filtragem passa baixa. Entretanto, outras características de filtro também são possíveis e concebíveis, por exemplo, filtragem passa-faixa ou filtragem de rejeição passa-faixa.

[0043] O componente ativo filtrado w é alimentado em um bloco de multiplicação 21a, no qual os valores de tensão de fase U2 a U4 também são alimentados. Os valores de tensão de fase U2 a U4 são multiplicados pelo componente ativo filtrado w no bloco de multiplicação 21a. Os valores de tensão de fase U2 a U4 que são multiplicados pelo componente ativo filtrado w são alimentados no nó 18 através de um bloco de ponderação 22a. A ponderação por um fator de ponderação g ocorre no bloco de ponderação 22a.

[0044] Opcionalmente, um filtro de adaptação 26a pode ser determinado a jusante do bloco de ponderação 22a. Se o filtro de adaptação 26a estiver presente, o mesmo realiza a filtragem que possui um comportamento de integração próximo à frequência de rede (geralmente 50Hz ou 60Hz).

[0045] A segunda trajetória de sinal 17b possui uma estrutura similar à primeira trajetória de sinal 17a. Entretanto, ao contrário da primeira trajetória de sinal 17a um inversor de direção rotacional 23b é determinado a montante do bloco de processamento 19b da segunda trajetória de sinal 17b. O inversor de direção rotacional 23b inverte a direção rotacional dos valores de tensão de fase U2 a U4. O que é referido como o sistema de sequência de fase negativa é, portanto, determinado. O sinal de saída w' do bloco de ligação 19b, portanto, corresponde a um componente ativo virtual w' . Esse também é uma variável escalar. Essa corresponde a uma potência ativa virtual em relação à rede trifásica invertida 1. No sistema bicomponente ortogonal descrito acima, o componente ativo virtual w' poderia ser obtido, por exemplo, como $w' = u_1 \cdot i_1 - u_2 \cdot i_2$.

[0046] A terceira trajetória de sinal 17c possui uma estrutura similar à segunda trajetória de sinal 17b. O inversor de direção rotacional 23c pode ser, se adequado, aquele da segunda trajetória de sinal 17b. A diferença entre a terceira trajetória de sinal 17c e a segunda trajetória de sinal 17b é a maneira na qual a ligação ocorre no bloco de ligação 19c da terceira trajetória de sinal 17c. Isso se deve ao fato de o sinal de saída b' do terceiro bloco de ligação 19c corresponder a uma potência reativa virtual, em relação à rede trifásica invertida 1. No sistema bicomponente ortogonal descrito acima, o sinal de saída b' poderia ser obtido, por exemplo, como $b' = u_1 \cdot i_2 + u_2 \cdot i_1$.

[0047] Os dois sinais de saída w' , b' dos segundo e terceiro blocos de ligação 19b, 19c são componentes assimétricos. Esses são característicos de uma distribuição, entre as fases 2 a 4, da rede trifásica 1, das correntes ativas e reativas totais que fluem na rede trifásica 1.

[0048] A quarta trajetória de sinal 17d possui um bloco de simetria 27. Os componentes assimétricos w' , b' e os valores de tensão de fase U2 a U4 são alimentados no bloco de simetria 27. O bloco

de simetrização 27 determina uma corrente zero I_0 , que também é alimentada no nó 18. A corrente zero I_0 é a mesma para todas as fases 2 a 4. É determinado de tal modo que esse simetriza qualquer fluxo de potência ativa assimétrico do conversor de múltiplos níveis 7 que poderia ocorrer sem a corrente zero I_0 . Em particular, a corrente zero I_0 poderia ser obtida no sistema bicomponente ortogonal descrito acima como

$$I_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{u_1 \cdot b' + u_2 \cdot w'}{u_1^2 + u_2^2}$$

[0049] A configuração do bloco de simetrização 27 é conhecida individualmente pelos versados na técnica. A dita configuração é conhecida, por exemplo, em uma forma estática como um autodenominado circuito de Steinmetz. Meramente a título de exemplo, faz-se referência ao documento especialista "Koordinatentransformationen für Mehrgrößen-Regelsysteme zur Kompensation und Symmetrierung von Drehstromnetzen [Coordinate transformations for multi-variable control systems for compensating and symmetrizing three-phase networks]" por W. Meusel e H. Waldmann, Siemens Forsch.- u. Entwickl.-Ber., Vol. 6 (1997), N° 1, pp. 29 a 38, Springer-Verlag 1977.

[0050] Os valores de corrente de fase IL2 a IL4 são alimentados no nó 18 através da quinta trajetória de sinal 17e. Entretanto, ao contrário dos outros valores alimentados no nó 18, os valores de corrente de fase IL2 a IL4 são alimentados no nó 18 com um sinal negativo.

[0051] No nó 18, os sinais que são alimentados no nó 18 são somados em uma base componente por componente – ou seja, separadamente para cada fase 2 a 4. O sinal de saída do nó 18 corresponde a uma solicitação de corrente ponto de ajuste para as fases de conversão individuais 8 a 10 do conversor de múltiplos níveis 7. O dito sinal de saída é alimentado em um conversor 24 que determina a partir desse os valores de tensão necessários das fases de conversão 8 a 10.

Os valores de tensão correspondem em sua totalidade a um estado de atuação de ponto de ajuste das fases de conversão 8 a 10. Os ditos valores de tensão são alimentados nas fases de conversão 8 a 10, com o resultado que os últimos são correspondentemente atuados. A determinação do estado de atuação de ponto de ajuste de uma determinada solicitação de corrente de ponto de ajuste é conhecida por um versado na técnica. A dita determinação pode ocorrer da mesma maneira que no documento US 6.075.350 A, mencionado no início.

[0052] Com base na formação de somas no nó 18 em uma base componente por componente, a solicitação de corrente de ponto de ajuste é determinada para as fases de conversão individuais 8 a 10 do conversor de múltiplos níveis 7 de modo que não só a harmônica e os componentes de potência reativa sejam compensados, porém, além disso, a potência ativa também é distribuída uniformemente entre as fases 2 a 4 da rede trifásica 1.

[0053] As características de filtragem dos filtros 20a a 20c podem ser determinadas independentemente umas das outras. Como uma regra, as características de filtragem dos filtros 20b e 20c são iguais. As características de filtragem dos filtros 20b, 20c para os componentes assimétricos w' , b' são, de preferência, determinadas de modo que essas aprimorem uma redução em cintilação, que já ocorre mesmo sem a filtragem. A configuração correspondente do filtro é conhecida por um elemento versado na técnica. Por exemplo, os filtros 20a a 20c podem conter, como uma alternativa (de preferência), além disso, a filtragem passa-baixa, uma característica que é inversa em relação à curva de sensibilidade da visão que é conhecida por um versado na técnica.

[0054] A característica de filtragem do filtro 20a do componente ativo w' pode ser determinada da mesma maneira que as características de filtragem dos filtros 20b, 20c. Alternativamente, essas podem

ser diferentes das características de filtragem dos filtros 20b, 20c. Como resultado, em particular a otimização independente de um estado de carga L do conversor de múltiplos níveis 7 a partir da distribuição do estado de carga L entre as fases de conversão individuais 8 a 10 é possível.

[0055] Em uma configuração adicional da presente invenção também é possível alimentar informações sobre o estado de carga L das fases de conversão 8 a 10 no dispositivo de controle 11. Nesse caso, o estado de carga L pode ser avaliado, por exemplo, em um bloco de avaliação 25. Dentro do escopo dessa avaliação é possível que um fator de adaptação seja determinado, por exemplo, uniformemente para os filtros 20a a 20c e/ou os blocos de ponderação 22a a 22c ou ainda independentemente de cada um desses componentes 20a a 20c, 22a a 22c. As características de filtragem dos filtros 20a a 20c e/ou dos fatores de ponderação g_a a g_c podem ser adaptadas com base no fator de adaptação a .

[0056] É possível determinar um fator de adaptação separado a para cada um dos filtros 20a a 20c e para cada um dos blocos de ponderação 22a a 22c. Alternativamente, é possível que o fator de adaptação a atue apenas nos componentes individuais dos componentes 20a a 20c, 22a a 22c. Também é possível que o fator de adaptação a atue sobre uma pluralidade de componentes 20a a 20c, 22a a 22c da mesma maneira em uma maneira diferente. O efeito pode ser uniforme ou graduado, com ou sem histerese. Uma conversão entre coeficientes de filtragem diferentes, conjuntos de parâmetros, etc., também é possível.

[0057] A configuração explicada acima é completamente suficiente se o número de fases 2 a 4 da rede trifásica 1 for exatamente três. Se o número de fases 2 a 4 da rede trifásica 1 for maior do que três, por exemplo, cinco, pode ser necessário determinar componentes assimétricos adicionais.

[0058] Nesse caso, uma trajetória de sinal adicional correspondente 17 deve estar presente, além das trajetórias de sinal 17a a 17e, para cada componente assimétrico adicional que será determinado. A configuração das trajetórias de sinal adicionais correspondentes é similar àquela das trajetórias de sinal 17b e 17c.

[0059] A presente invenção possui muitas vantagens. Em particular, ocorre um controle simples, robusto, confiável e rápido do conversor de múltiplos níveis 7, em que cargas "instáveis" e assimétricas são reduzidas para um efeito cintilante leve. O procedimento de acordo com a invenção promove uma compensação muito rápida com a anulação simultânea de sobrecarga no conversor de múltiplos níveis 7. Ademais, ocorre o carregamento assimétrico da rede trifásica 1. O estado de carga L do conversor de múltiplos níveis 7 também pode ser levado em consideração. Os métodos computacionais que são necessários para isso são conhecidos pelos versados na técnica e esses são, portanto, fáceis de implementar.

[0060] A descrição acima serve exclusivamente para explicar a presente invenção. Por outro lado, o escopo de proteção da presente invenção será determinado exclusivamente pelas concretizações em anexo.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de operação de um conversor de múltiplos níveis (7) que possui múltiplas fases de conversão (8 a 10) que são ligadas às fases (2 a 4) de uma rede trifásica (1) em uma ligação estrela ou triângulo, caracterizado pelo fato de que:

em que um componente ativo (w) e ao menos dois componentes assimétricos (w', b') são determinados com base em valores de tensão de fase (U2 a U4) e valores de corrente de fase (IL2 a IL4),

em que o componente ativo (w) é específico da corrente ativa total que flui na rede trifásica (1), e ao menos dois componentes assimétricos (w', b') são específicos de uma distribuição, entre as fases (2 a 4), das correntes ativas e reativas totais que fluem,

em que o componente ativo (w) e os ao menos dois componentes assimétricos (w', b') são filtrados com uma especificidade de filtro (20a a 20c), cada um,

em que os valores de tensão de fase (U2 a U4) são multiplicados pelo componente ativo filtrado (w) e os ao menos dois componentes assimétricos filtrados (w', b'),

em que os valores de tensão de fase multiplicados (U2 a U4) são multiplicados por um fator de ponderação respectivo (ga a gc),

em que uma corrente zero (I0) é determinada com base nos componentes assimétricos (w', b') e nos valores de tensão de fase (U2 a U4),

em que a corrente zero (I0) é determinada de modo que essa, em um sistema de dois componentes correspondentes com as fases (2 a 4) da rede trifásica (1), satisfaça a relação

$$I_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} * \frac{u1 * b' + u2 * w'}{u1^2 + u2^2}$$

em que u1 e u2 são os valores de tensão de fase do sistema de dois componentes e b' e w' são os componentes de assimetria,

em que os valores de tensão de fase (U2 a U4) multiplicados ponderados com os fatores de ponderação (g_a a g_c) e a corrente zero (I0) são subtraídos dos valores de corrente de fase (I2 a I4),

em que um estado de atuação (A) das fases conversoras (8 a 10) é determinado com base nos valores de corrente de fase (IL2 a IL4) que são modificados de tal modo, e as fases conversoras (8 a 10) são atuadas de acordo com o estado de atuação (A) determinado.

2. Método de operação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as especificidades de filtro de ao menos dois componentes assimétricos (w' , b') se diferem da especificidade de filtro do componente ativo.

3. Método de operação, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que pelo menos um dos valores de tensão de fase multiplicados (U2 a U4) e/ou a corrente zero (I0) são filtrados antes da adição aos valores de corrente de fase (I2 a I4) por meio de um respectivo filtro de adaptação (26a a 26d) que possui um comportamento de integração próximo à frequência de rede.

4. Dispositivo de controle de múltiplas fases conversoras (8 a 10) de um conversor de múltiplos níveis (7) que são ligadas às fases (2 a 4) de uma rede trifásica (1) em uma ligação estrela ou triângulo, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de controle é incorporado de modo que durante a operação esse realize um método de operação como definido qualquer em uma das reivindicações 1 a 3.

5. Conversor de múltiplos níveis, caracterizado pelo fato de que:

em que o conversor de múltiplos níveis possui múltiplas fases conversoras (8 a 10) que são ligadas às fases (2 a 4) de uma rede trifásica (1) em uma ligação estrela ou triângulo,

em que o conversor de múltiplos níveis possui um dispositivo de controle (11),

em que o dispositivo de controle (11) é incorporado como definido na reivindicação 4.

FIG 1

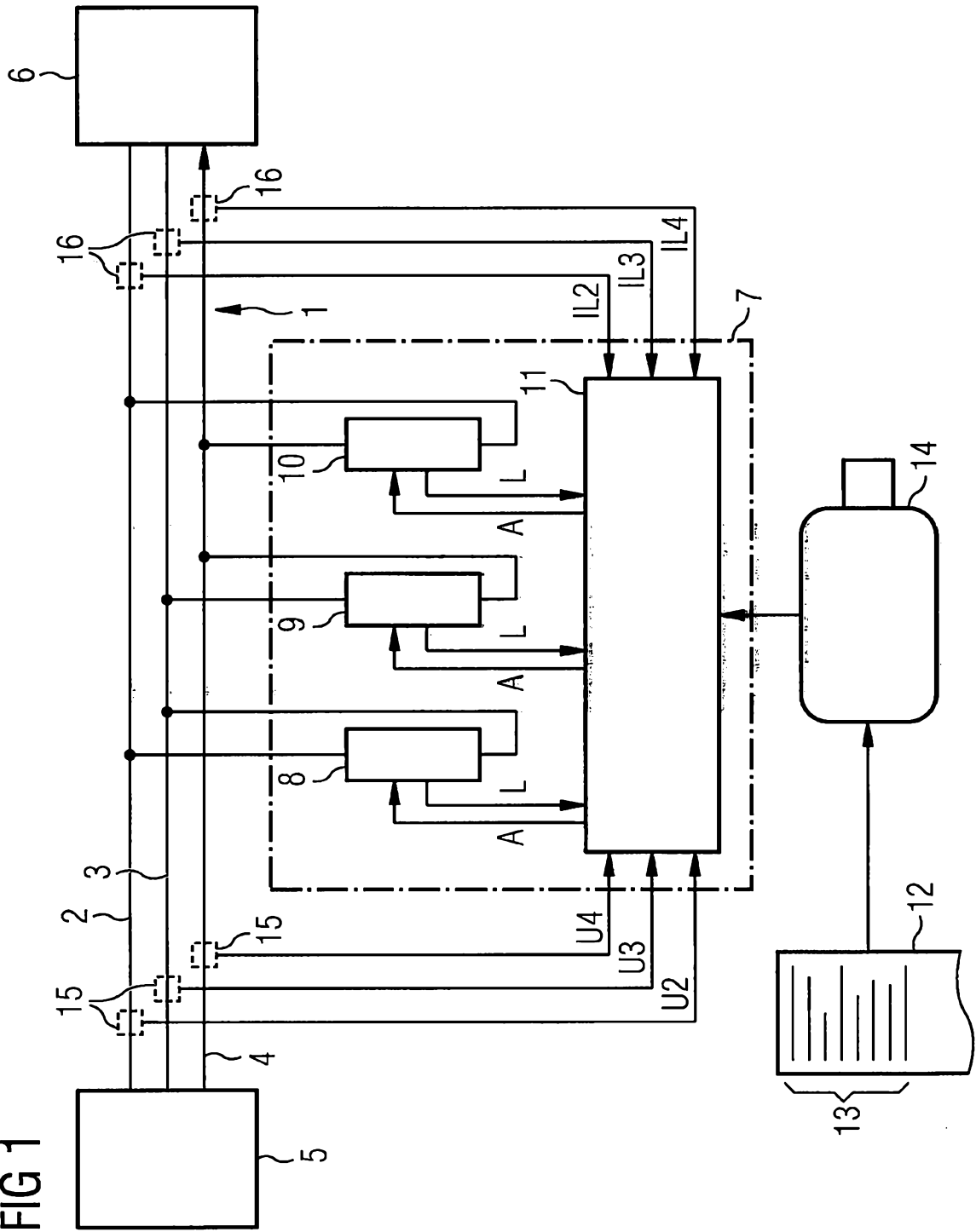


FIG 2

