

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

(21) **PI 0721437-5 A2**

(22) Data de Depósito: 13/03/2007
(43) Data da Publicação: 08/01/2013
(RPI 2192)



(51) *Int.Cl.*:
H02M 7/12
H02J 3/36

(54) Título: MÉTODO PARA LIMITAR DANO A CONVERSOR TENDO SEMICONDUTORES DE POTÊNCIA, NO CASO DE UM CURTO-CIRCUITO NO CIRCUITO INTERMEDIÁRIO DE VOLTAGEM DE CORRENTE CONTÍNUA

(73) Titular(es): Siemens Aktiengesellschaft

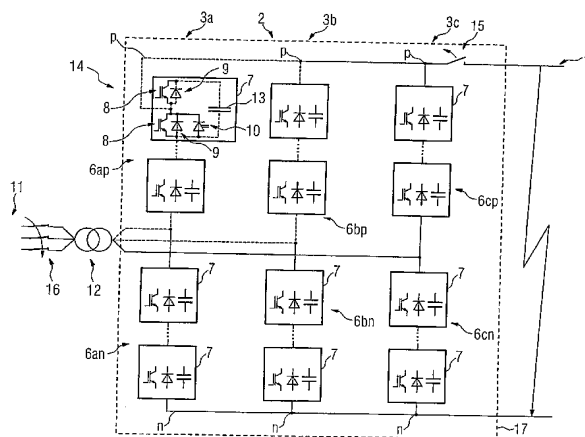
(72) Inventor(es): Ingo Euler, Jörg Dorn, Jörg Lang, Kraus Würflinger, Mike Dommaschk, Quoc-Buu Tu

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT DE2007000485 de 13/03/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/110129 de 18/09/2008

(57) Resumo: MÉTODO PARA LIMITAR DANO A CONVERSOR TENDO SEMICONDUTORES DE POTÊNCIA, NO CASO DE UM CURTO-CIRCUITO NO CIRCUITO INTERMEDIÁRIO DE VOLTAGEM DE CORRENTE CONTÍNUA. A presente invenção refere-se a um dispositivo (1) para converter uma corrente elétrica, tendo pelo menos um módulo de fase (3a, 3b, 3c), que, por sua vez, tem uma conexão de corrente alternada (31, 32, 33) e pelo menos uma conexão de corrente contínua (p, n), conectada ao circuito intermediário de corrente contínua (4), e tendo ainda pelo menos um armazenamento de potência (5, 13), em que uma ramificação do módulo de fase (β_{ap} , β_{bp} , β_{cp} , β_{an} , β_{bn} , β_{cn}) sendo formada entre cada conexão de corrente contínua (p, n) e cada conexão de corrente alternada (31, 32, 33) e cada ramificação de módulo de fase (β_{ap} , β_{bp} , β_{cp} , β_{an} , β_{bn} , β_{cn}) tendo uma conexão em série de submódulos (7), tendo cada um pelo menos um semicondutor de potência (8, 9), meios protetores de semicondutor (10) sendo providos em conexão paralela com um dos semicondutores de potência (8, 9) de cada submódulo (7), e uma unidade de controle sendo provida para acionar os meios protetores de semicondutor (10), e o/ou o(s) armazenamento(s) de potência (5, 13) sendo equipados para suprir potência à unidade de controle. O dito dispositivo impedindo com segurança dano a a partir de um curto-circuito no lado de corrente contínua, mesmo quando a rede elétrica de abastecimento é conectada, a invenção propondo que pelo menos uma conexão de corrente contínua (p), de cada módulo de fase (3a, 3b, 3c) seja conectada ao circuito intermediário de corrente contínua por uma chave de corrente contínua (15).



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO PARA LIMITAR DANO A CONVERSOR TENDO SEMICONDUTORES DE POTÊNCIA, NO CASO DE UM CURTO-CIRCUITO NO CIRCUITO INTERMEDIÁRIO DE VOLTAGEM DE CORRENTE CONTÍNUA"**.

5 A presente invenção refere-se a um dispositivo para converter uma corrente elétrica, compreendendo pelo menos um módulo de fase tendo uma conexão de voltagem de CA e pelo menos uma conexão de voltagem de CC, conectado a um circuito intermediário de voltagem de CC, e compreendendo pelo menos um armazenamento de potência, em que uma ramifi-
10 cação do módulo de fase é formada entre cada conexão de voltagem de CC e cada conexão de voltagem de CA, e em que cada ramificação de módulo de fase tem um circuito em série, formado por submódulos, tendo cada um pelo menos um semiconductor de potência, em que meios protetores de se-
15 miconductor, conectados em paralelo com um dos semicondutores de potência de cada submódulo, e uma unidade de controle, para acionar os meios protetores de semiconductor, são proporcionados, e o ou os armazenamentos de potência são projetados para suprir potência à unidade de controle.

 A invenção refere-se, ainda mais, a um processo para limitar dano a um conversor tendo semicondutores de potência, o dito conversor
20 sendo conectado a pelo menos um outro conversor, ou pelo menos uma máquina elétrica, por meio de um circuito intermediário de voltagem de CC, afetado por um curto-circuito.

 O dispositivo do tipo genérico já é conhecido do pedido de patente DE 103 23 220 A1, que descreve um denominado conversor para co-
25 nexão a um sistema de abastecimento trifásico de alimentação de potência. O conversor conhecido previamente tem módulos de fase, cujo número corresponde ao número de fases do sistema de abastecimento a ser conectado. Cada módulo de fase tem uma conexão de voltagem de CA e duas conexões de CC, em que as conexões de voltagem de CC dos módulos de fase
30 são conectadas a um circuito intermediário de voltagem de CC. As ramificações dos módulos de fase, entre cada conexão de voltagem de CA e cada conexão de voltagem de CC, em que cada ramificação de módulo de fase

compreende um circuito em série de submódulos. Cada submódulo tem um armazenamento de potência dedicado, conectado em paralelo com um circuito de semicondutor de potência. O circuito de semicondutor de potência tem semicondutores de potência de desligamento, tal como IGBTs, GTOs ou similares, cada um deles tendo um respectivo diodo antiparalelo, que é conectado inversamente em paralelo. Se um curto-circuito estiver presente no circuito de voltagem de CC, os armazenamentos de potência do respectivo submódulo são descarregados. Para evitar a destruição dos semicondutores de potência dos submódulos, cada semicondutor de potência, exposto por um curto-circuito no circuito de voltagem de CC, tem conectado em paralelo com ele um meio protetor de semicondutor, por exemplo, um tiristor, que é disparado no caso de um curto-circuito, e conduz, subsequentemente, uma grande parte da corrente do curto-circuito. O que é desvantajoso sobre a solução conhecida previamente é que a unidade de disparo, que dispara o tiristor, é abastecida com potência pelo armazenamento de potência dos submódulos. Embora isso evite um abastecimento de potência separado das unidades de disparo, os armazenamentos de potência dos submódulos ainda não ficam carregados, quando o conversor é conectado ao sistema trifásico, com a consequência de um disparo dos tiristores é impossível. Consequentemente, quando o sistema de abastecimento é conectado, a destruição dos semicondutores de potência, do conversor previamente conhecido, não pode ser eliminada se um curto-circuito estiver presente no circuito de voltagem de CC.

É um objeto da invenção, portanto, descrever um dispositivo e um processo do tipo mencionado na introdução, em que dano por conta de um curto-circuito, presente no lado da voltagem de CC, é impedido com segurança, quando o sistema de abastecimento é conectado.

Continuando do dispositivo mencionado na introdução, a invenção atinge esse objetivo pelo fato de que pelo menos uma conexão de voltagem de CC, de cada módulo de fase, é conectada ao circuito intermediário de voltagem de CC por meio de uma chave de voltagem de CC.

A invenção atinge ainda o dito objetivo por meio de um processo

para limitar dano a um conversor tendo semicondutores de potência, o dito conversor sendo conectado a outros conversores, ou a outras máquinas elétricas, por meio de um circuito intermediário de voltagem de CC, afetado por um curto-circuito, em que uma unidade de acionamento é abastecida com
5 potência por um armazenamento de potência do conversor, ou do circuito intermediário de voltagem de CC, a unidade de acionamento determina um curto-circuito e, subsequentemente, aciona pelo menos um meio protetor de semicondutor, conectado em paralelo com um semicondutor de potência, de modo que uma corrente de curto-circuito escoar pelo meio protetor de semi-
10 condutor e pelo semicondutor de potência conectado em paralelo com ele, em que cada armazenamento de potência é carregado antes que o conversor seja conectado ao circuito intermediário de voltagem de CC.

De acordo com a invenção, cada armazenamento de potência do dispositivo é primeiramente carregado antes que o sistema de voltagem de CA seja ligado ou conectado, e seja conectado ao circuito intermediário de voltagem de CC apenas após a carga dos armazenamentos de potência.
15

Para impedir o escoamento de corrente, no caso de um curto-circuito, o dispositivo de acordo com a invenção tem convenientemente uma chave de voltagem de CC, por meio da qual pelo menos uma conexão de
20 voltagem de CC de cada módulo de fase é conectada ao circuito de voltagem de CC. A chave de voltagem de CC tem uma posição desconectada, na qual um fluxo de corrente pela chave de voltagem de CC é impedido, e uma posição de contato, na qual um fluxo de corrente pela chave de voltagem de CC é permitido. Se a chave de voltagem de CC estiver na sua posição desconectada, portanto, cada armazenamento de potência do circuito interme-
25 diário de voltagem de CC ou cada armazenamento de potência de cada submódulo pode ser carregado primeiramente. Após a carga dos armazenamentos de potência, o sistema de voltagem de CA é de novo desconectado do conversor. Apenas depois o circuito intermediário de voltagem de CC
30 é conectado por meio de uma chave de voltagem de CC sendo transferida para a sua posição de contato, em que, no caso de um curto-circuito no circuito intermediário de voltagem de CC e após o sistema de voltagem de CA

ter sido de novo conectado, os armazenamentos de potência carregados proporcionam a potência necessária para disparar o um ou mais meios protetores de semicondutor. A chave de voltagem de CC é vantajosamente uma chave de desconexão mecânica.

5 Vantajosamente, cada conexão de voltagem de CA é conectada a um sistema de abastecimento por meio de uma chave de voltagem de CA. A chave de voltagem de CA permite que o sistema de abastecimento seja conectado de uma forma particularmente simples, em que a chave de voltagem de CA tem, igualmente, duas posições de comutação, isto é, uma posição desconectada e uma posição de contato. O sistema de abastecimento é
10 conectado ao conversor por meio da chave de voltagem de CA sendo transferida da sua posição desconectada para a sua posição de contato, de modo que o armazenamento de potência ou armazenamentos de potência são carregados com a chave de voltagem de CC "aberta". A chave de voltagem de
15 CA é convenientemente um disjuntor mecânico.

 O meio protetor de semicondutor compreende convenientemente pelo menos um tiristor. Os tiristores podem ser obtidos a um custo efetivo e têm uma resistência à corrente de surto suficientemente alta, de modo que o tiristor afetado, mesmo no caso de altas correntes de curto-circuito e aumentando rapidamente, o que ocorre quando o sistema de voltagem de CA é
20 ligado, em resposta a um curto-circuito no circuito de voltagem de CC, até que a chave de voltagem de CA seja de novo aberta, não é destruído pelo curto-circuito de corrente resultante.

 Convenientemente, cada submódulo compreende um semicondutor de potência de desligamento, com um diodo antiparalelo conectado no
25 sentido oposto a ele, em que cada armazenamento de potência é disposto no circuito intermediário de voltagem de CC. Os conversores tendo esse armazenamento de potência central são usados no campo da transmissão e distribuição de potência. No entanto, em geral, uma alta quantidade de potência é armazenada no armazenamento de potência central, e é liberada no
30 dito caso de um curto-circuito. No contexto da invenção, a disposição ou interligação do armazenamento de potência central, com relação à chave de

voltagem de CC, é proporcionada de modo que a carga ou descarga do armazenamento de potência é possibilitada, mesmo com a chave de voltagem de CC aberta. Portanto, como visto das conexões de voltagem de CC dos módulos de fase, a chave de voltagem de CC é consequentemente conectada a jusante do terminal de conexão do armazenamento de potência. Em outras palavras, o armazenamento de potência central é conectado ao circuito intermediário de voltagem de CC, entre as conexões de voltagem de CC dos módulos de fase e a chave de voltagem de CC em paralelo com os módulos de fase.

Em um desvio disso, cada submódulo tem um armazenamento de potência e um circuito de semicondutor de potência, conectado em paralelo com o armazenamento de potência. Esse dispositivo é também referido como um denominado conversor multinível, em vez de um grande armazenamento de potência central, uma pluralidade de armazenamentos de potência menores conectados em série entre si é proporcionada, que é, em cada caso, conectada em paralelo com uma chave de semicondutor de potência.

De acordo com um outro desenvolvimento conveniente nesse aspecto, o circuito de semicondutor de potência é um circuito em ponte completo. Com a ajuda do circuito em ponte completo, é possível aplicar a voltagem do capacitor, uma denominada voltagem zero ou a voltagem do capacitor invertida nos dois terminais de conexão dos submódulos bipolares, que são conectados em série.

Em um desvio disso, o circuito de semicondutor de potência tem dois semicondutores de desligamento, conectados em série entre si, cada semicondutor de potência tendo um respectivo diodo antiparalelo conectado em paralelo com ele no sentido oposto. Esse circuito de semicondutor de potência é também referido como um denominado circuito de Marquardt, que é descrito no pedido de patente DE 101 03 031 A1, e que, por essa referência, é intencionado para ser parte da descrição aqui apresentada. Em comparação com o circuito em ponte completo, o circuito de semicondutor de potência, de acordo com Marquardt, tem apenas dois semicondutores de

potência conectados em série entre si, o último sendo conectado até o armazenamento de potência do respectivo submódulo, de um modo em que a voltagem que cai por todo o armazenamento de potência do respectivo submódulo caia pelos dois terminais de conexão do submódulo, ou seja, uma

5 voltagem zero. Uma inversão da voltagem que cai pelo armazenamento de potência, nos terminais do submódulo, não é possibilitada pelo circuito de Marquardt. No entanto, o circuito de Marquardt é mais efetivo em custo do que o circuito em ponte completo.

De acordo com um outro desenvolvimento conveniente do método de acordo com a invenção, cada semicondutor de potência é conectado

10 ao circuito intermediário de voltagem de CC por meio de uma chave de voltagem de CC. Desse modo, por meio de disjuntores mecânicos, chaves de desconexão ou similares, ou, alternativamente, por meio de chaves eletrônicas compreendendo semicondutores, tais como, por exemplo, tiristores,

15 IGBTs ou similares, é possível desconectar o circuito intermediário de voltagem de CC do conversor. O que é essencial aqui é que todos os armazenamentos de potência sejam conectados ao circuito intermediário de voltagem de CC pela chave de voltagem de CC.

O conversor, os armazenamentos de potência e a chave de voltagem de CC são dispostos vantajosamente em um alojamento comum.

20

Convenientemente, cada chave de voltagem de CC é aberta antes que o conversor seja conectado a um sistema de abastecimento. Com a chave de voltagem de CC aberta, os armazenamentos de potência podem ser carregados para proporcionar a potência necessária para disparar o

25 meio protetor de semicondutor.

Vantajosamente, o conversor é conectado a um sistema de abastecimento por meio de uma chave de voltagem de CA. Como já explicado, esse outro desenvolvimento da invenção abre a mais alta flexibilidade possível, quando da carga dos armazenamentos de potência, uma solução

30 efetiva em custo sendo proporcionada com a ajuda de uma chave mecânica. No entanto, aqui também, uma chave eletrônica, compreendendo semicondutores de potência, pode ser proporcionada em vez de uma chave mecâni-

ca.

Convenientemente, para conectar o conversor ao circuito intermediário de voltagem de CC, primeiramente, todas as chaves de voltagem de CA e todas as chaves de voltagem de CC são abertas, e, depois, para
5 carregar os armazenamentos de potência, a chave de voltagem de CA é fechada; finalmente, cada chave de voltagem de CA é aberta, após a carga dos armazenamentos de potência, a chave de voltagem de CC é fechada para conectar o conversor ao circuito intermediário de voltagem de CC, e, finalmente, cada chave de voltagem de CA é fechada para conectar o con-
10 versor ao sistema de voltagem de CA, desde que nenhum curto-circuito de CC tenha sido capaz de ser detectado de antemão. Com base nessa simples sequência de comutação, uma possibilidade efetiva em custo é proporcionada para carregar os armazenamentos de potência do dispositivo, antes que uma alta corrente de curto-circuito, devido a um curto-circuito no circuito
15 intermediário de voltagem de CC, acionado pelo sistema de voltagem de CA, escoe pelos semicondutores de potência do dispositivo, com a consequência de que uma potência necessária é proporcionada para atuar o meio protetor de semicondutor.

Outras configurações e vantagens convenientes da invenção
20 são o tema da descrição apresentada a seguir das concretizações exemplificativas da invenção, com referência às figuras em anexo do desenho, em que os símbolos de referência idênticos se referem a partes componentes agindo identicamente, e em que:

a figura 1 mostra um dispositivo de acordo com a técnica anterior;
25 or;

a figura 2 mostra um outro dispositivo de acordo com a técnica anterior;

a figura 3 mostra uma concretização exemplificativa do dispositivo de acordo com a invenção;

30 a figura 4 mostra uma outra concretização exemplificativa do dispositivo de acordo com a invenção;

a figura 5 mostra o dispositivo de acordo com a figura 3 em uma

posição de comutação diferente;

a figura 6 mostra o dispositivo de acordo com a figura 4 em uma posição de comutação diferente;

a figura 7 mostra o dispositivo de acordo com as figuras 3 e 5 em uma posição de comutação diferente;

a figura 8 mostra o dispositivo de acordo com as figuras 4 e 6 em uma posição de comutação diferente;

a figura 9 mostra o dispositivo de acordo com as figuras 4, 6 e 8 em uma posição de comutação diferente.

A figura 1 mostra um dispositivo 1 de acordo com a técnica anterior. O dispositivo 1 conhecido previamente compreende um conversor 2, composto de três módulos de fase 3a, 3b e 3c. Cada um dos módulos de fase 3a, 3b e 3c tem uma conexão de voltagem de CA 3_1 , 3_2 e 3_3 , respectivamente, e duas conexões de voltagem de CC, que são, em cada caso, indicadas por p e n. As conexões de voltagem de CC p e n formam, respectivamente, os polos de um circuito intermediário de voltagem de CC 4, em que um capacitor central 5, como um armazenamento de potência, se estende entre os dois polos p e n em uma conexão em paralelo. As ramificações dos módulos de fase 6ap, 6bp, 6cp e, respectivamente, 6an, 6bn e 6cn se estendem entre cada conexão de voltagem de CA 3_1 , 3_2 e 3_3 , e cada conexão de voltagem de CC p e respectivamente n de um módulo de fase 3a, 3b e, respectivamente, 3c. Cada uma das ditas ramificações dos módulos de fase é composta de um circuito em série de submódulos 7, que são construídos de forma idêntica. Na concretização exemplificativa ilustrada na figura 1, cada submódulo 7 tem um semiconductor de potência de desligamento 8, por exemplo, um IGBT, um GTO ou similares, e um diodo antiparalelo 9, conectado em paralelo com ele no sentido oposto. Além do mais, um tiristor 10, que pode ser acionado no caso de um curto-circuito, é conectado em paralelo com o diodo antiparalelo 9 no mesmo sentido. Se um curto-circuito está presente no circuito intermediário de voltagem de CC 4, a corrente do curto-circuito, indicada pelas linhas tracejadas, é formada. Pode-se notar que a corrente do curto-circuito é alimentada de um sistema de abastecimento 11 -

indicado apenas esquematicamente - por meio de um transformador 12, para conexão do dispositivo 1, de acordo com a invenção, ao sistema de abastecimento 11. Nesse caso, na concretização exemplificativa mostrada, a corrente do curto-circuito escoar por meio dos diodos de roda livre 9 dos submódulos e também pelo meio protetor de semicondutor 10, conectado em paralelo com o diodo antiparalelo 9, isto é, o tiristor disparado. No entanto, uma potência de disparo é necessária para disparar o tiristor, a dita potência de disparo sendo proporcionada pelo capacitor central 5. O capacitor central 5 é carregado pelo sistema de abastecimento 11. Se um curto-circuito estiver presente no circuito intermediário de voltagem de CC 4, como antes quando o sistema de abastecimento 11 é conectado pela primeira vez, o tiristor 10 não pode ser transferido para a sua posição de estado ligado, como mostrado na figura 1, de modo que a corrente do curto-circuito estabelecida seja distribuída entre ambos o diodo antiparalelo 9 e o tiristor 10. Em vez disso, apenas o diodo antiparalelo 9 então conduz a corrente de curto-circuito, de modo que a destruição dos submódulos 7 e, possivelmente, de todo o conversor 2 possa ocorrer.

A figura 2 mostra um dispositivo 1, de acordo com a técnica anterior, em que o conversor 2 é configurado como um denominado conversor multinível, embora. Em comparação com o dispositivo de acordo com a figura 1, o dispositivo de acordo com a figura 2 não tem mais um armazenamento de potência central no circuito intermediário de voltagem de CC 4. Em vez disso, cada submódulo 7 compreende um armazenamento de potência dedicado 13, na forma de um capacitor unipolar. O capacitor 13 é conectado em paralelo com um circuito de semicondutor de potência 14, que, nesse caso, compreende dois semicondutores de potência de desligamento 8, tais como, por exemplo, IGBTs, GTOs ou similares, conectados em série entre si.

Cada um dos ditos semicondutores de potência de desligamento 8 tem um diodo antiparalelo 9, conectado em paralelo com ele no sentido oposto. Se um curto-circuito está presente no circuito intermediário de voltagem de CC 4, uma corrente de curto-circuito, alimentada do sistema de abastecimento 11 escoar, a rota da dita corrente de curto-circuito sendo

ilustrada por linhas tracejadas na figura 2. Pode-se notar que a corrente de curto-circuito escoar por um dos diodos de roda livre 9 do circuito de semicondutor de potência. Um meio protetor de semicondutor, na forma de um tiristor 10, é conectado em paralelo apenas com o diodo antiparalelo 9. Em razão do disparo do tiristor 10, a corrente de curto-circuito escoar tanto pelo tiristor 10 quanto pelo diodo antiparalelo 9, em que o tiristor 10 e o diodo antiparalelo 9 são dimensionados de tal modo que uma capacidade de condução de corrente alta é proporcionada para suportar as correntes de curto-circuito que surgem. O que é desvantajoso aqui também, no entanto, é que os componentes eletrônicos de disparo (não-ilustrados esquematicamente) são fornecidos com potência para disparar o tiristor 10 pelo capacitor 13 de cada submódulo 7. Antes que o sistema de abastecimento 11 seja conectado, no entanto, o capacitor 13 não é carregado, de modo que o tiristor 10 não pode ser disparado enquanto o sistema de abastecimento 11 está sendo conectado. Portanto, se um curto-circuito está presente no circuito intermediário de voltagem de CC 4, quando o sistema de abastecimento 11 é conectado, a dita corrente de curto-circuito escoar apenas por um dos diodos de roda livre 9 dos submódulos 7, de modo que a destruição do dito diodo antiparalelo 9 pode ocorrer. O dito diodo é geralmente combinado com o semicondutor de potência de de desligamento 8, para formar um componente, de modo, no entanto, que isso leve à destruição de todo o circuito de semicondutor de potência 14.

A figura 3 mostra um dispositivo 14 de acordo com a invenção, cujo dispositivo é construído de uma maneira correspondente à figura 1, em que cada submódulo 7 compreende um semicondutor de potência de de desligamento 8 e um diodo antiparalelo 9 conectado em paralelo com ele no sentido oposto. Cada diodo antiparalelo 9 tem um tiristor 10, conectado em paralelo com ele no mesmo sentido. O circuito intermediário de voltagem de CC 4 tem de novo um capacitor central 5, entre o polo positivo p e o polo negativo n do circuito intermediário de voltagem de CC 4. Em comparação com o dispositivo conhecido previamente, de acordo com a figura 1, a concretização exemplificativa de acordo com a invenção, de acordo com a figura

3, tem uma chave de voltagem de CC e também uma chave de voltagem de CA 16, que é disposta entre o sistema de abastecimento 11 e o transformador 12. O que é, além disso, essencial é que o terminal de conexão do capacitor 5, que é conectado ao polo positivo do circuito intermediário de voltagem de CC 4, é disposto entre as conexões de voltagem de CC p dos módulos de fase 3a, 3b e 3c e a chave de voltagem de CC 15. A chave de voltagem de CC 15, o capacitor 5 e os módulos de fase 3a, 3b e 3c são dispostos em uma entrada de válvula 17, que é usual na construção de uma denominada instalação de transmissão de corrente contínua de alta voltagem.

Na figura 3, a chave de voltagem de CC 15 está na sua posição desconectada, na qual um fluxo de corrente, pela chave de voltagem de CC 15, é impedido. Ao contrário, a chave de voltagem de CA está na sua posição de contato, de modo que o sistema de abastecimento 11 é conectado eletricamente ao conversor 2, disposto na entrada de válvula 17. No entanto, a chave de voltagem de CA 15 aberta impede um fluxo de corrente pelo circuito intermediário de voltagem de CC 4, afetado por um curto-circuito. O capacitor central 5 pode ser carregado, no entanto, com o sistema de abastecimento 11 conectado nele. A rota de corrente para carregar o capacitor 5 é ilustrada por linhas tracejadas na figura 3. Pode-se notar que a corrente de carga escoar pelos diodos de roda livre 9 dos submódulos 7.

A figura 4 mostra de novo um denominado conversor multinível 14, cuja construção corresponde àquela do conversor de acordo com a figura 2. No entanto, a concretização exemplificativa de acordo com a invenção compreende, de novo, adicionalmente, uma chave de voltagem de CC 15, por meio da qual as conexões de voltagem de CC p dos módulos de fase 3a, 3b e, respectivamente, 3c são conectados ao circuito intermediário de voltagem de CC 4. Além do mais, o sistema de abastecimento 11 é de novo conectado por meio de uma chave de voltagem de CA 16 ao transformador e, por conseguinte, ao conversor 2. Como na figura 3, a chave de voltagem de CC 15 está na sua posição desconectada, a chave de voltagem de CA 16 estando na sua posição de contato. Como na figura 3, no caso de um conversor multinível 14, de acordo com a figura 4 também, no caso dessa posi-

ção da chave, a carga dos capacitores 13 de cada submódulo 7 ocorre, a rota da corrente de carga sendo de novo ilustrada por linhas tracejadas. Pode-se notar que a corrente de carga escoar por aquele diodo antiparalelo 9, que não tem qualquer tiristor 10 conectado em paralelo com ele.

5 A figura 5 mostra o dispositivo de acordo com a figura 3, mas a chave de voltagem de CA 16 foi transferida para sua posição desconectada. Isso é feito, por exemplo, quando o capacitor 5 foi carregado com potência a um grau tal que o disparo do tiristor 10, no caso de uma falha, isto é, no caso de um curto-circuito no circuito intermediário de voltagem de CC 4, é possível.

10 A figura 6 mostra a concretização exemplificativa de acordo com a figura 2, a chave de voltagem de CA 16 tendo igualmente sido transferida para sua posição desconectada. Aqui, também, a chave de voltagem de CA 16 é transferida para sua posição desconectada apenas quando os capacitores 13 dos submódulos 7 foram carregados suficientemente, para que seja capaz de disparar o respectivo tiristor 10, como o meio protetor de semicondutor.

20 A figura 7 mostra o dispositivo de acordo com a figura 5, mas a chave de voltagem de CA 15 foi transferida para sua posição de contato. Por conta do curto-circuito no circuito intermediário de voltagem de CC 4, o capacitor central 5, conectado em paralelo ao circuito intermediário de voltagem de CC 4, é descarregado. Nesse caso, mais uma vez escoam altas correntes de curto-circuito, que propiciam que uma conclusão seja feita sobre um curto-circuito no circuito intermediário de voltagem de CC 4, com base em uma medida de corrente adequada. Em outras palavras, o curto-circuito no circuito intermediário de voltagem de CC 4 é identificado com base nas altas correntes de descarga do capacitor 5, de modo que medidas adequadas possam ser implementadas.

25 No caso de topologia multinível de acordo com a figura 8, com a mesma posição de comutação da figura 7, isto é, a chave de voltagem de CC 15 fechada e a chave de voltagem de CA 16 aberta, os capacitores 13 não são descarregados, uma vez que os diodos de roda livre 9 dos submó-

dulos 7 impedem que eles sejam descarregados.

A figura 9 mostra a concretização exemplificativa de acordo com a figura 8, mas a chave de voltagem de CA 16 foi transferida para a sua posição de contato. Por conta do curto-circuito no circuito intermediário de voltagem de CC 4, uma corrente de curto-circuito alimentada do sistema de abastecimento 11 escoar, a dita corrente tendo sido identificada dentro de uns poucos microssegundos por uma unidade de detecção eletrônica ou outro dispositivo de detecção adequado, que subsequenteiramente dispara o tiristor 10. Nesse caso, a potência de disparo necessária é proporcionada pelos capacitores previamente carregados 13 dos submódulos 7. A corrente de curto-circuito, que é novamente ilustrada por linhas tracejadas na figura 10, passa, desse modo, pelo diodo antiparalelo 9 e, simultaneamente, pelo tiristor 10, conectado em paralelo. O tiristor 10 tem uma capacidade de condução de corrente de surto suficientemente grande, para suportar o alto surto de corrente (di/dt). A capacidade de condução de corrente do diodo antiparalelo 9 e do tiristor 10, conectados em paralelo, é também suficientemente alta, que as correntes de curto-circuito não provocam destruição dos semicondutores de potência.

Uma concretização exemplificativa do processo de acordo com a invenção é descrita abaixo. Primeiramente, todo o dispositivo 1 é desconectado do sistema de abastecimento 11. Ambas as chave de voltagem de CA 16 e chave de voltagem de CC 15 são transferidas para as suas posições desconectadas. Com a chave de voltagem de CC 15 ainda aberta, a chave de voltagem de CA 16 é fechada. Em virtude da chave de voltagem de CC 15 aberta, um possível curto-circuito no circuito intermediário de voltagem de CC 4 não provoca uma corrente de curto-circuito, alimentada do sistema de abastecimento 11, no conversor 2. Em virtude da chave de voltagem de CA 16 fechada, no entanto, os armazenamentos de potência no conversor ou no circuito intermediário de voltagem de CC 4 são carregados pelo sistema de abastecimento 11. O meio protetor de semicondutor, isto é, os tiristores 10, pode ser, desse modo, acionado por uma certa duração de tempo. A dita duração de tempo é, na prática, na faixa de minutos, uma vez que a descar-

ga dos capacitores é associada a uma constante de tempo correspondente. Após a carga dos armazenamentos de potência 5, 13 pelo sistema de abastecimento 11, a chave de voltagem de CA 16 é aberta de novo e o conversor é, desse modo, desconectado do sistema de abastecimento 11. Com os armazenamentos de potência 5, 13 carregados e com a chave de voltagem de CA 16 aberta, a chave de voltagem de CC 15 é fechada. No caso de um curto-circuito, com um capacitor do circuito intermediário central 5, este é descarregado pela chave de voltagem de CC 15, com o que uma falha pode ser identificada. Por conta das altas correntes de descarga, a chave de voltagem de CC 15, se for representada vantajosamente como uma chave de desconexão, é danificada ou destruída. No caso de uma topologia de conversor multinível com capacitâncias distribuídas entre os submódulos 7, a carga nos capacitores é mantida quando o circuito intermediário de voltagem de CC 4 é conectado, uma vez que os diodos de roda livre 9 não permitem qualquer descarga. A chave de voltagem de CC 15 comuta, desse modo, sem voltagem e corrente, com o resultado de que dano à chave de voltagem de CC 15 é evitado. Finalmente, a chave de voltagem de CA 16 é fechada. No caso de um circuito intermediário de voltagem 4, afetado por um curto-circuito, as correntes de curto-circuito, acionadas pelo sistema de abastecimento 11, escoam pelos submódulos 7. Esses são identificados rapidamente, isto é, na faixa de microssegundos, com base em uma medida de corrente adequada, com que um sinal de disparo, para disparar o meio protetor de semicondutor, isto é, os tiristores 10, é transmitida. Em virtude dos armazenamentos de potência 5, 13 pré-carregados, o acionamento pode iniciar um disparo dos tiristores 10, e, desse modo, proteger os semicondutores de potência em paralelo 8, 9.

A chave de voltagem de CC 15 é convenientemente uma chave de desconexão. A chave de voltagem de CA 16 é, no entanto, um disjuntor. Os disjuntores podem ser transferidos para as suas posições desconectadas, no caso de correntes acionadas por uma voltagem, um arco que surge sendo extinto. Em outras palavras, os disjuntores são capazes de comutar efetivamente, mesmo com altas potências. Em comparação, chaves de des-

conexão são proporcionadas para abertura na ausência de corrente, com centelhamento sendo evitado. As chaves de desconexão podem ser, portanto, obtidas a um custo significativamente mais efetivo.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo (1) para converter uma corrente elétrica, compreendendo pelo menos um módulo de fase (3a, 3b, 3c) tendo uma conexão de voltagem de CA (3₁, 3₂, 3₃) e pelo menos uma conexão de voltagem de CC (p, n), conectada a um circuito intermediário de voltagem de CC (4), e compreendendo pelo menos um armazenamento de potência (5, 13), em que uma ramificação de módulo de fase (6ap, 6bp, 6cp, 6an, 6bn, 6cn) é formado entre cada conexão de voltagem de CC (p, n) e cada conexão de voltagem de CA (3₁, 3₂, 3₃), e em que cada ramificação de módulo de fase (6ap, 6bp, 6cp, 6an, 6bn, 6cn) tem um circuito em série formado pelos submódulos (7), cada uma delas tendo pelo menos um semicondutor de potência (8, 9), em que o meio protetor de semicondutor (10), conectado em paralelo com um dos semicondutores de potência (8, 9) de cada submódulo (7), e uma unidade de controle para acionar o meio protetor de semicondutor (10) são proporcionados, e o armazenamento de potência ou armazenamentos de potência (5, 13) é (são) projetado(s) para suprir potência à unidade de controle, caracterizado pelo fato de que a conexão de voltagem de CC (p) de cada módulo de fase (3a, 3b, 3c) é conectada ao circuito intermediário de voltagem de CC (4) por meio de uma chave de voltagem de CC (15).
2. Dispositivo (1) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada conexão de voltagem (CA) (3₁, 3₂, 3₃) pode ser conectada a um sistema de abastecimento (11) por meio de uma chave de voltagem de CA (16).
3. Dispositivo (1) de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que os elementos protetores de semicondutores compreendem pelo menos um tiristor (10).
4. Dispositivo (1) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que cada submódulo (7) compreende um semicondutor de potência de de desligamento (8), com um diodo antiparalelo (9) conectado no sentido oposto a ele, em que cada armazenamento de potência (5) é disposto no circuito intermediário de voltagem de CC (4).

5. Dispositivo (1) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que cada submódulo (7) tem um armazenamento de potência (13) e um circuito de semicondutor de potência (14), conectado em paralelo com o armazenamento de potência (13).

5 6. Dispositivo (1) de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o circuito de semicondutor de potência é um circuito em ponte completo.

7. Dispositivo (1) de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o circuito de semicondutor de potência (14) tem dois semicondutores de potência de desligamento (8), conectados em série entre si, cada semicondutor de potência tendo um respectivo diodo antiparalelo (9), conectado em paralelo com ele no sentido oposto.

8. Dispositivo (1) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a chave de voltagem de CC (15) é uma chave de desconexão.

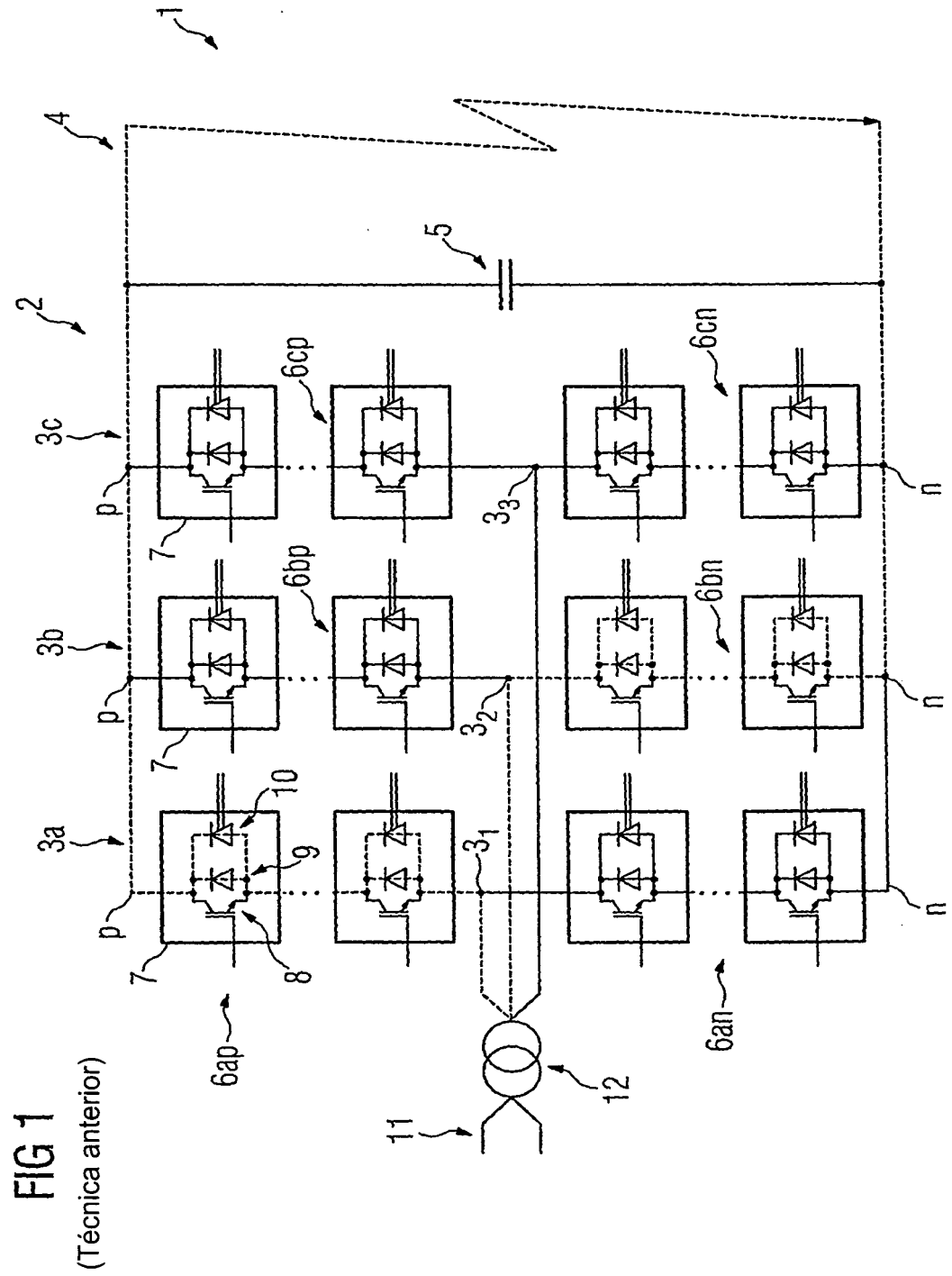
9. Método para limitar dano a um conversor (2), tendo semicondutores de potência (8, 9), o dito conversor sendo conectado a pelo menos um conversor ou a pelo menos uma máquina, por meio de um circuito intermediário de voltagem de CC (4), afetado por um curto-circuito, em que uma unidade de acionamento é abastecida com potência por uma fonte de potência (5, 13) do conversor (2) ou do circuito intermediário de voltagem de CC (4), a unidade de acionamento determina um curto-circuito e aciona subsequentemente pelo menos um meio protetor de semicondutor (16), conectado em paralelo com um semicondutor de potência (8, 9), de modo que uma corrente de curto-circuito escoe pelo meio protetor de semicondutor (10) e pelo semicondutor de potência (8, 9), conectado em paralelo com ele, em que cada armazenamento de potência (5, 13) é carregado antes que o conversor (2) seja conectado ao circuito intermediário de voltagem de CC (4).

10. Método de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que cada semicondutor de potência (8, 9) é conectado ao circuito intermediário de voltagem de CC (4) por meio de uma chave de voltagem de CC (15).

11. Método de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que cada chave de voltagem de CC (15) é aberta antes que o conversor (2) seja conectado a um sistema de abastecimento (11).

5 12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o conversor (2) é conectado a um sistema de abastecimento (11) por meio de chaves de voltagem de CA (16).

10 13. Método de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que para conectar o conversor (2) ao circuito intermediário de voltagem de CC (4), primeiramente, todas as chaves de voltagem de CA (16) e todas as chaves de voltagem de CC (15) são abertas, e, depois, para carregar o armazenamento de potência ou armazenamentos de potência (5, 13), a chave de voltagem de CA (16) é fechada, cada chave de voltagem de CA (16) sendo aberta após a carga dos armazenamentos de potência (5, 13), a chave de voltagem de CC (15) sendo fechada para conectar o conversor (2)
15 ao circuito intermediário de voltagem de CC, e, finalmente, cada chave de voltagem de CA é fechada para conectar o conversor (2) no sistema de abastecimento (11), desde que nenhum curto-circuito de CC tenha sido detectado de antemão.



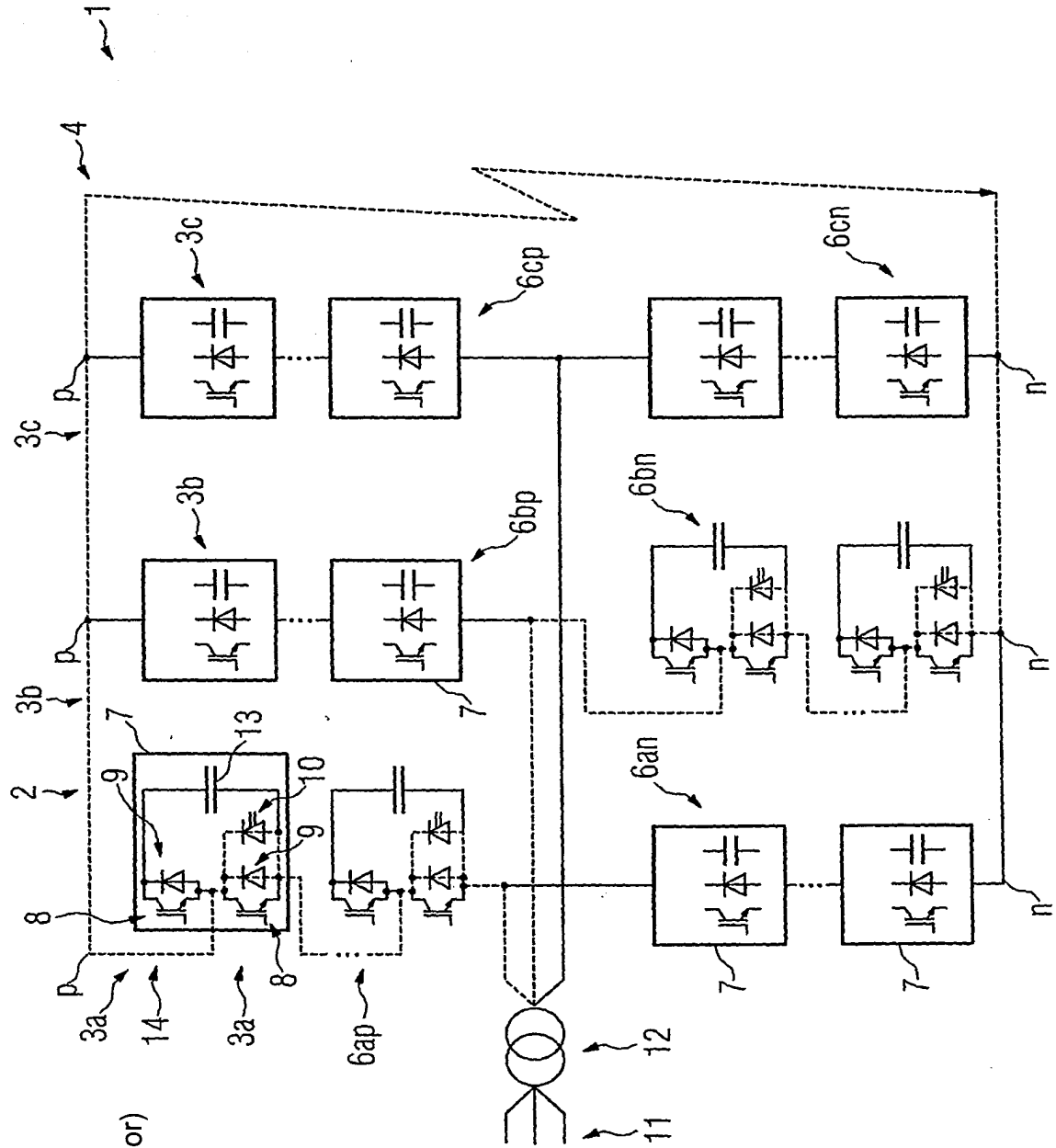
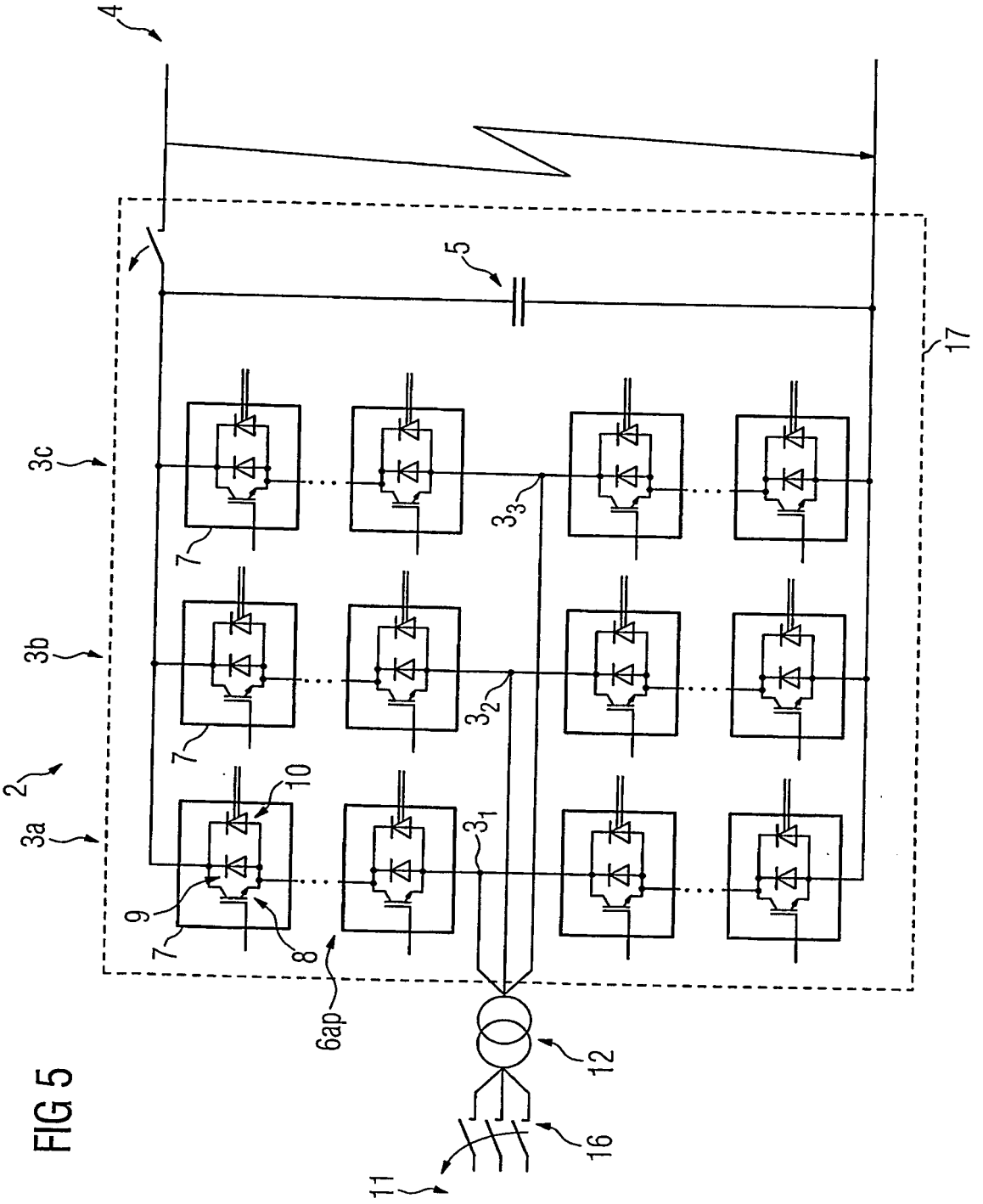
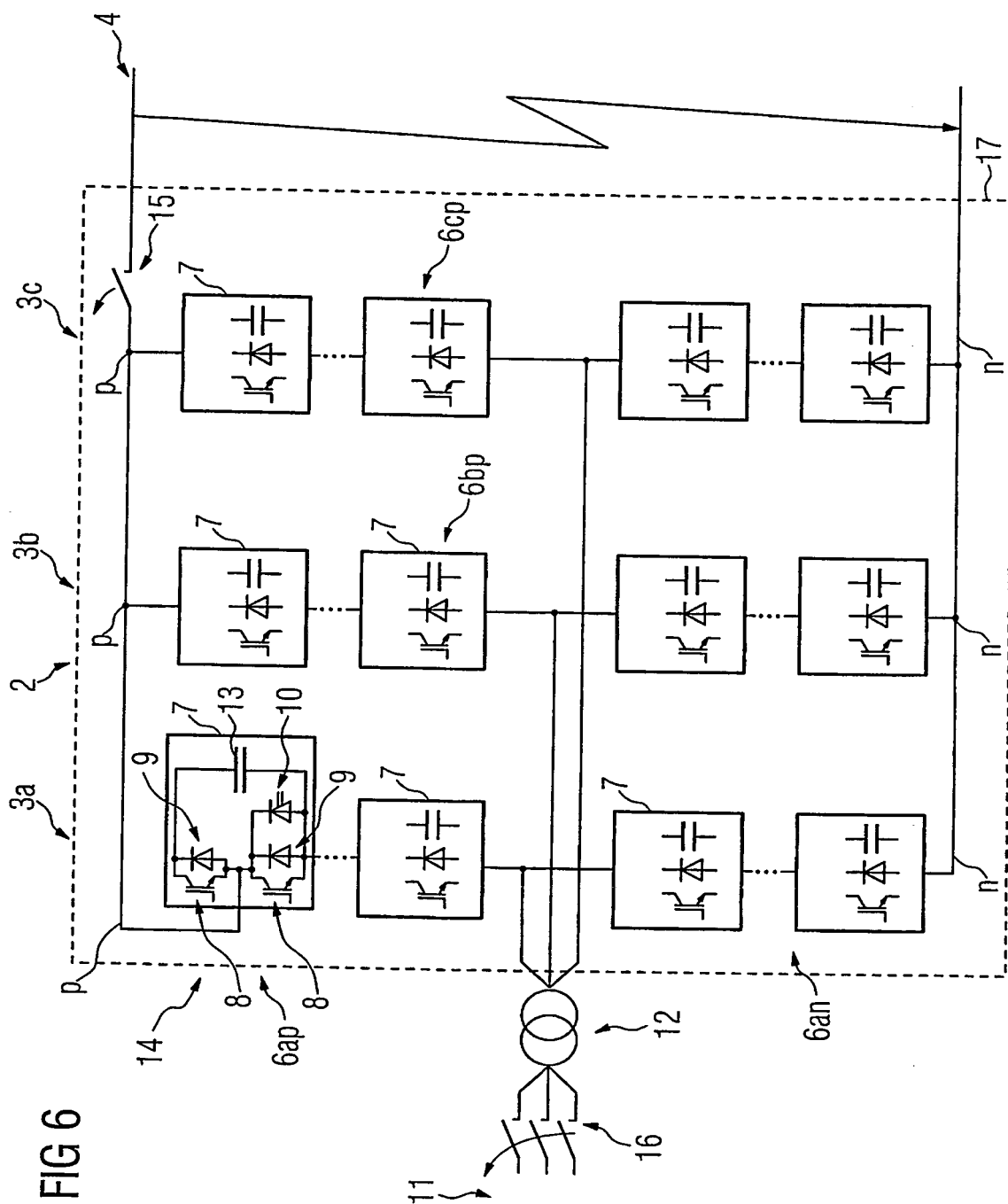
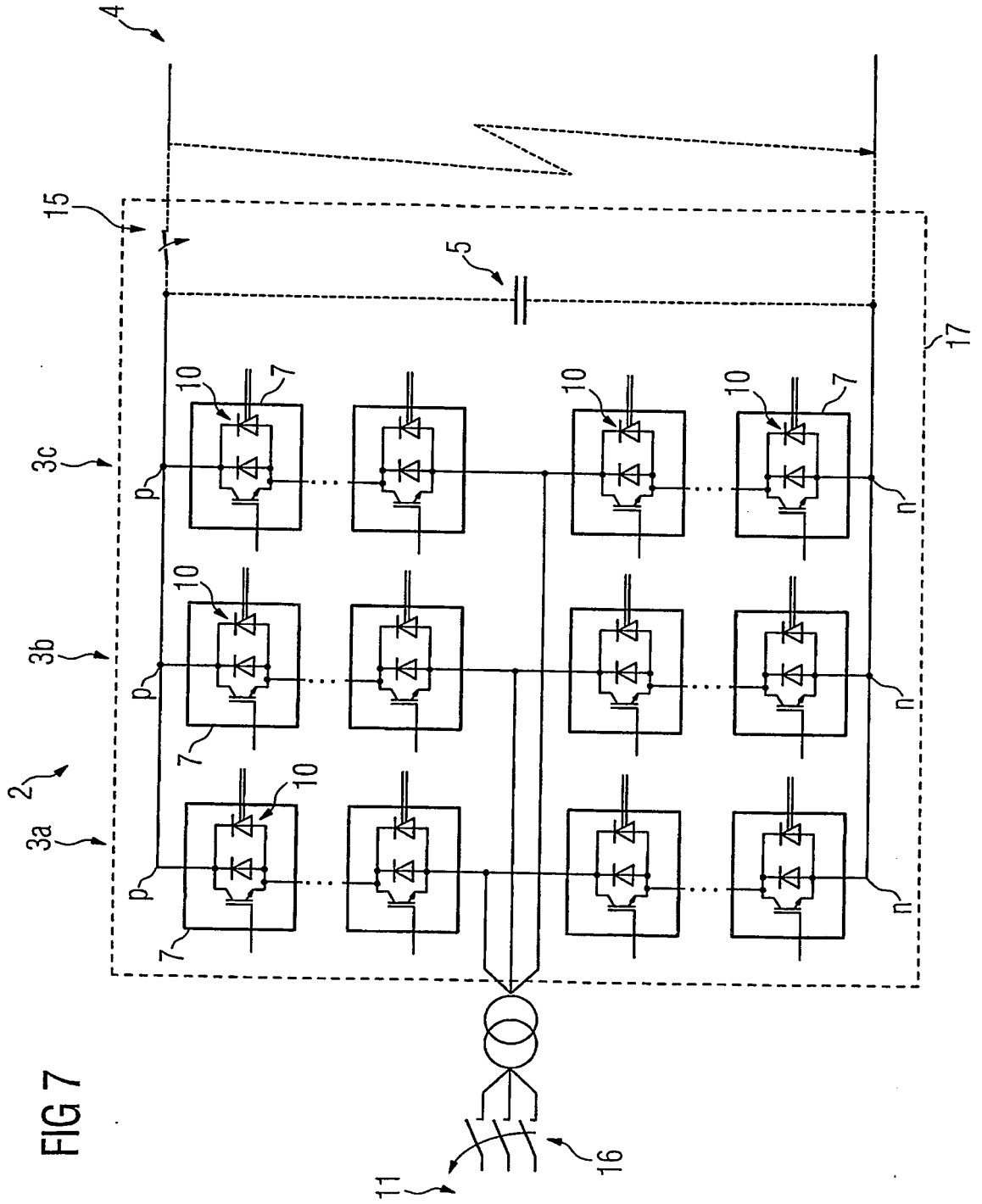


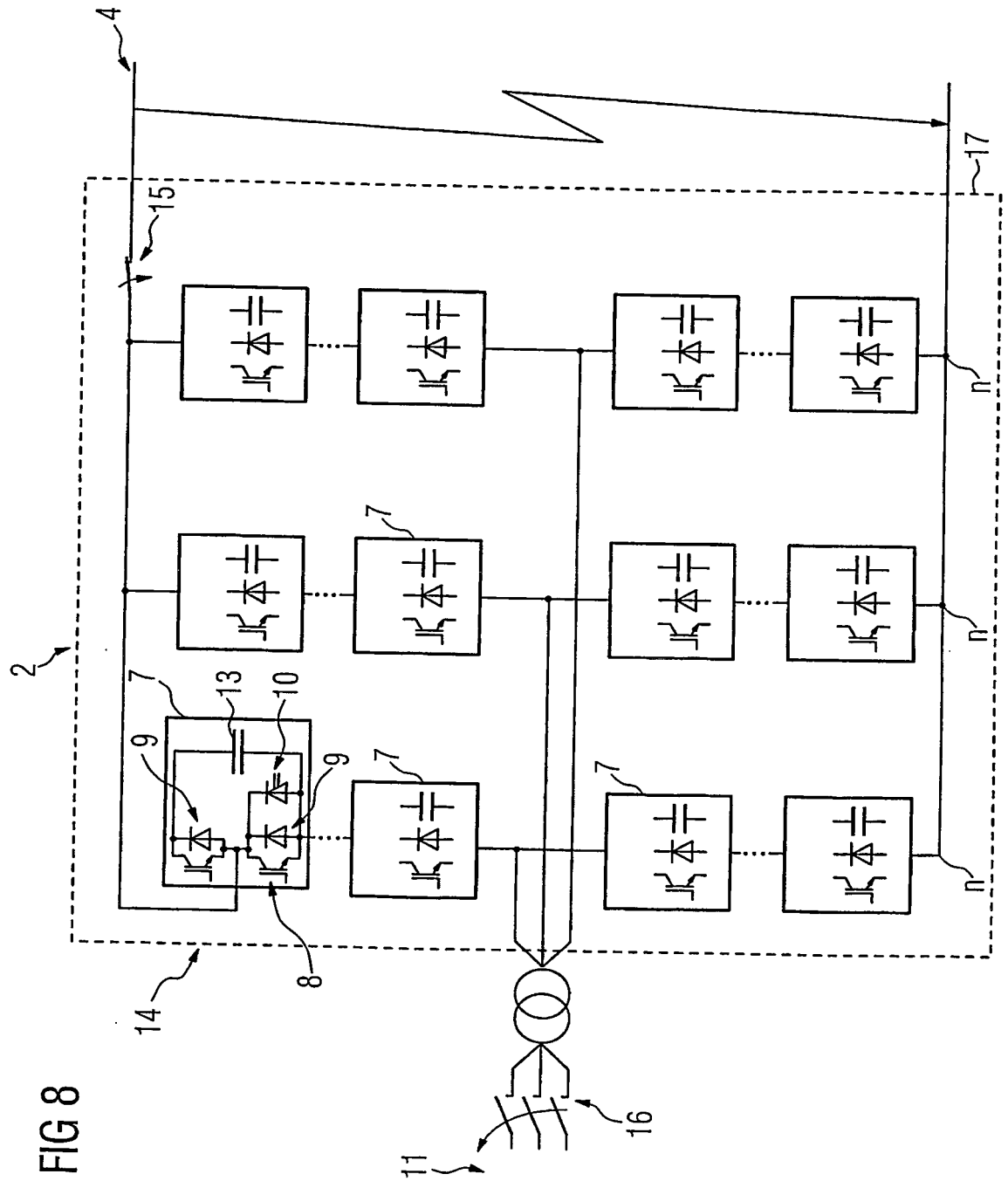
FIG 2
(Técnica anterior)

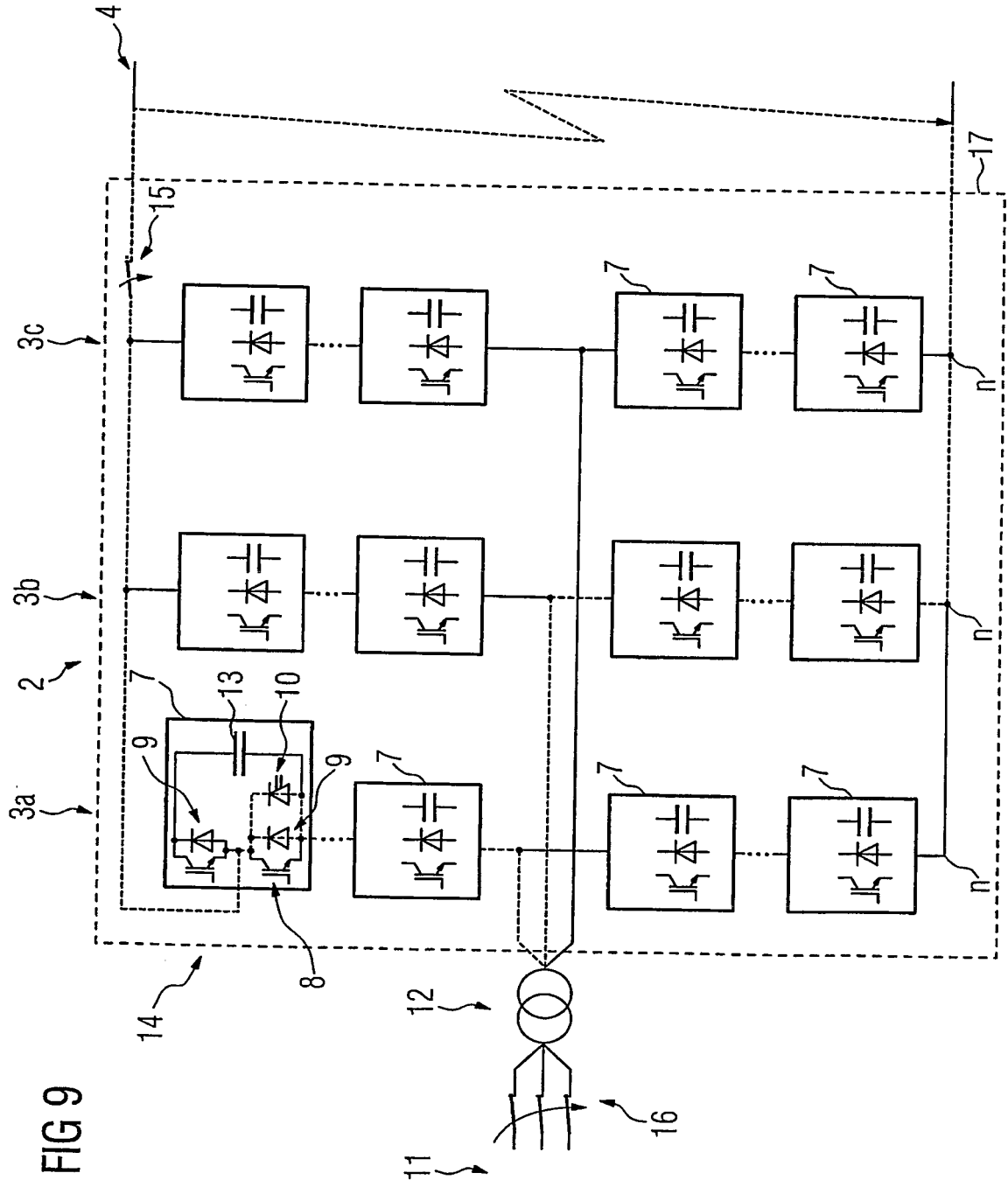
FIG 5











RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO PARA LIMITAR DANO A CONVERSOR TENDO SEMICONDUTORES DE POTÊNCIA, NO CASO DE UM CURTO-CIRCUITO NO CIRCUITO INTERMEDIÁRIO DE VOLTAGEM DE CORRENTE CONTÍNUA"**.

5 A presente invenção refere-se a um dispositivo (1) para converter uma corrente elétrica, tendo pelo menos um módulo de fase (3a, 3b, 3c), que, por sua vez, tem uma conexão de corrente alternada ($3_1, 3_2, 3_3$) e pelo menos uma conexão de corrente contínua (p, n), conectada ao circuito intermediário de corrente contínua (4), e tendo ainda pelo menos um armazenamento de potência (5, 13), em que uma ramificação do módulo de fase (6ap, 6bp, β_{cp} , β_{an} , β_{bn} , β_{cn}) sendo formada entre cada conexão de corrente contínua (p, n) e cada conexão de corrente alternada ($3_1, 3_2, 3_3$) e cada ramificação de módulo de fase (6ap, 6bp, β_{cp} , β_{an} , β_{bn} , β_{cn}) tendo uma conexão em série de submódulos (7), tendo cada um pelo menos um semicondutor de potência (8, 9), meios protetores de semicondutor (10) sendo providos em conexão paralela com um dos semicondutores de potência (8, 9) de cada submódulo (7), e uma unidade de controle sendo provida para acionar os meios protetores de semicondutor (10), e o/ou o(s) armazenamento(s) de potência (5, 13) sendo equipados para suprir potência à unidade de controle. O dito dispositivo impedindo com segurança dano a a partir de um curto-circuito no lado de corrente contínua, mesmo quando a rede elétrica de abastecimento é conectada, a invenção propondo que pelo menos uma conexão de corrente contínua (p), de cada módulo de fase (3a, 3b, 3c) seja conectada ao circuito intermediário de corrente contínua por uma chave de corrente contínua (15).