

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

(21) **PI0905116-3 A2**

(22) Data de Depósito: 07/10/2009
(43) Data da Publicação: 15/03/2011
(RPI 2097)



(51) *Int.Cl.:*
H02P 27/06
H02P 5/74

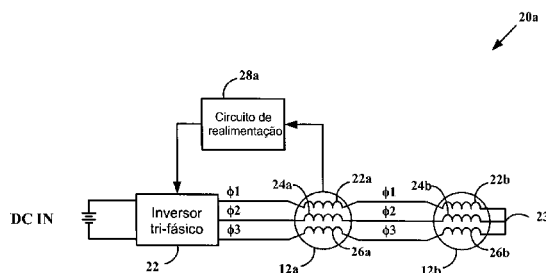
(54) Título: **MÉTODOS E APARELHO PARA CONTROLAR MÁQUINAS DE INDUÇÃO DE C.A. MÚLTIPLAS A PARTIR DE UM INVERSOR SIMPLES**

(30) Prioridade Unionista: 06/10/2009 US 12/573,912,
07/10/2008 US 61/103,322

(73) Titular(es): Siemens Industry, Inc.

(72) Inventor(es): Robert D. Jackson

(57) Resumo: MÉTODOS E APARELHO PARA CONTROLAR MÁQUINAS DE INDUÇÃO DE C.A. MÚLTIPLAS A PARTIR DE UM INVERSOR SIMPLES A presente invenção refere-se a métodos e aparelho que inclu- em ou provêem uma primeira máquina de indução trifásica incluindo enrolamentos do estator, uma segunda máquina de indução trifásica incluindo enrolamentos do estator, em que os enrolamentos do estator da primeira máquina são acoplados em série com os enrolamentos do estator da segunda máquina, e, um circuito inversor que provê um sinal de saída trifásico acoplado aos enrolamentos do estator da primeira máquina. Outros aspectos são também proporcionados.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "MÉTODOS E APARELHO PARA CONTROLAR MÁQUINAS DE INDUÇÃO DE C.A. MÚLTIPLAS A PARTIR DE UM INVERSOR SIMPLES".

Referência aos Pedidos Relacionados

- 5 O presente pedido reivindica o benefício do Pedido Provisional dos Estados Unidos de Nº de Série 61/103.322 intitulado "Sistema de Multimotores de C.A. a partir de um Inversor Comum", depositado em 7 de outubro de 2.008, que é aqui incorporado como referência, na sua totalidade.

Antecedentes

- 10 A presente invenção refere-se a máquinas de indução de C.A. e, mais particularmente, a métodos e aparelhos para controlar máquinas de indução de C.A. múltiplas a partir de um inversor simples.

Sumário da Invenção

- 15 Em um primeiro aspecto da invenção, um sistema é provido, o sistema incluindo: (1) uma primeira máquina de indução trifásica incluindo enrolamentos do estator, (2) uma segunda máquina de indução trifásica incluindo enrolamentos do estator, em que os enrolamentos do estator da primeira máquina são acoplados em série com os enrolamentos do estator da segunda máquina, e, (3) um circuito de inversão que provê um sinal de saída trifásico acoplado aos enrolamentos do estator da primeira máquina.

- 20 Em um segundo aspecto da invenção, um método é proporcionado, o dito método incluindo: (1) provisão de uma primeira, (2) provisão de uma segunda máquina de indução trifásica incluindo enrolamentos do estator, (3) acoplamento dos enrolamentos do estator da primeira máquina em série com os enrolamentos do estator da segunda máquina, e, (4) provisão de um circuito inversor que provê um sinal de saída trifásico acoplado aos enrolamentos do estator da primeira máquina.

- 25 Outras características e aspectos da presente invenção se tornarão mais completamente evidentes a partir da seguinte descrição detalhada, das reivindicações apensas e dos desenhos anexos.

Breve Descrição dos Desenhos

30 As características da presente invenção podem ser mais clara-

mente entendidas a partir da seguinte descrição detalhada considerada em conjunção com os seguintes desenhos, em que os mesmos números de referência indicam os mesmos elementos, na íntegra e em que:

5 A Figura 1 é uma vista esquemática simplificada de um sistema de acionamento de multimáquinas previamente conhecido;

As Figuras 2A-2C são diagramas esquemáticos de modalidades exemplares de sistemas de acionamento de multimáquina de acordo com a presente invenção;

10 As Figuras 3A-3C são diagramas esquemáticos de configurações de enrolamento do estator exemplares de acordo com esta invenção; e

As Figuras 4A-4C são diagramas esquemáticos de várias modalidades exemplares de sistemas de acionamento de multimáquina de acordo com esta invenção.

Descrição Detalhada da Invenção

15 A presente invenção proporciona métodos e aparelhos para controlar máquinas de indução de C.A. múltiplas a partir de um inversor simples.

Numerosas aplicações tais como equipamento de construção, equipamento de fabricação têxtil e de papel e veículos elétricos requerem acionamentos elétricos múltiplos. Em muitas de tais aplicações, sistemas de
20 acionamento múltiplos são implementados usando máquinas de indução de C.A. e controladores de acionamento de frequência variável, comumente denominados "inversores". Por exemplo, a Figura 1 ilustra um sistema de acionamento múltiplo 10 previamente conhecido que inclui duas máquinas de indução de C.A. trifásicas 12a e 12b, acionadas por inversores trifásicos 14a e 14b, respectivamente, que são acoplados à uma fonte de C.C. comum. Os
25 circuitos de controle de realimentação 16a e 16b proporcionam controle de circuito fechado de inversores 14a e 14b, respectivamente, para controlar independentemente primeira e segunda máquinas 12a e 12b, respectivamente.

30 Embora o sistema previamente conhecido 10 tenha inúmeras vantagens, para algumas aplicações, o sistema 10 pode ser não prático e desnecessário. Em particular, em algumas aplicações de sistema de acio-

namento múltiplo, as máquinas são diretamente acopladas (por exemplo, através de um eixo de acionamento comum), ou indiretamente acopladas (por exemplo, através de uma caixa de engrenagem comum), e requerem igual distribuição de torque entre as máquinas múltiplas. Em tais casos, os sistemas de acionamento múltiplos previamente conhecidos, tais como o sistema 10, requerem circuitos de controle de realimentação complexos 16a e 16b para conseguir o equilíbrio de torque entre as duas máquinas. Em adição, a necessidade de dois inversores 14a e 14b adiciona ao custo, a complexidade e ônus de manutenção do sistema.

Para superar tais desvantagens, métodos e aparelho de acordo com essa invenção proporcionam sistemas de acionamento múltiplos que incluem primeira e segunda máquinas de indução trifásicas, cujos enrolamentos do estator são acoplados em série, e um circuito inversor simples que provê um sinal de saída trifásico acoplado aos enrolamentos do estator da primeira máquina. Uma vez que o torque de cada máquina é uma função da corrente do estator e do escorregamento e ignorando os efeitos de tolerância elétrica e de fabricação, as duas máquinas não proporcionar substancialmente igual torque. Em adição, como descrito em maiores detalhes abaixo, para aplicações nas quais as máquinas são frouxamente acopladas, a máquina que experimenta resistência maior produz uma quantidade maior de torque.

Com referência, agora, à Figura 2A, um sistema de acionamento múltiplo exemplar de acordo com a presente invenção será descrito. O sistema de acionamento múltiplo 20a inclui primeira e segunda máquinas 12a e 12b, respectivamente, inversor trifásico 22 e circuito de realimentação 28a. A primeira máquina 12a inclui enrolamentos do estator 22a, 24a e 26a e a segunda máquina 12b inclui enrolamentos do estator 22b, 24b e 26b. A primeira máquina 12a e a segunda máquina 12b podem ser máquinas de indução de C.A. trifásicas convencionais tais como o motor de DP10, 3 HP, 230/460V, 60Hz fornecido por Siemens Industry, Alpharetta, Georgia.

O inversor trifásico 22 converte uma voltagem de entrada de C.C. DC IN em sinais de acionamento de C.A. trifásicos $\phi 1$, $\phi 2$ e $\phi 3$, cuja

voltagem e frequência podem ser controlavelmente variadas com base nos sinais de controle providos ao inversor. Por exemplo, o inversor trifásico 22 pode ser um inversor de fonte de voltagem tal como um inversor Simovert P 6SE12 fornecido pela Siemens Industry, Alpharetta, Georgia. As pessoas versadas na técnica entenderão que outras máquinas e/ou inversores podem ser usados.

O circuito de controle de realimentação 28a pode ser qualquer circuito de realimentação convencional, tal como circuito de controle "voltagem-por-Hertz ("V/Hz"), um circuito de realimentação de corrente, um circuito de realimentação de voltagem, um circuito de realimentação de velocidade ou outro circuito de realimentação similar que provê a realimentação considerando um ou mais parâmetros de operação das máquinas 12a e/ou 12b nas entradas de controle do inversor trifásico 22. As pessoas versadas na técnica entenderão que outros circuitos de realimentação podem ser usados.

Os enrolamentos do estator da primeira máquina 12a são acoplados aos sinais de acionamento $\phi 1$, $\phi 2$ e $\phi 3$ e são acoplados em série com os enrolamentos do estator da segunda máquina 12b. Em particular, os enrolamentos do estator 22a e 22b são acoplados em série entre o sinal de acionamento $\phi 1$ e o nó 23, os enrolamentos do estator 24a e 24b são acoplados em série entre o sinal de acionamento $\phi 2$ e nó 23 e os enrolamentos do estator 26a e 26b são acoplados em série entre o sinal de acionamento $\phi 3$ e nó 23. Neste aspecto, como mostrado na Figura 3A, os enrolamentos do estator 22a-26a e 22b-26b são acoplados em configuração em estrela (Y). As pessoas versadas na técnica entenderão que os enrolamentos do estator 22a-26a e 22b-26b podem alternativamente ser acoplados em uma configuração em Delta tal como mostrada na Figura 3B.

Com referência novamente à Figura 2A, o circuito de realimentação 28a é acoplado entre a primeira máquina 12a e uma ou mais entradas de controle no inversor trifásico 22. O circuito de realimentação 28a provê realimentação ao inversor trifásico 22 considerando um ou mais parâmetros de operação da primeira máquina 12a. Por exemplo, o circuito de realimentação 28a pode prover realimentação considerando as voltagens do estator,

correntes do estator, velocidade do rotor ou outro parâmetro de operação similar ou combinação de tais parâmetros.

As pessoas versadas na técnica entenderão que os métodos e sistemas de acordo com a presente invenção podem alternativamente prover
 5 realimentação ao inversor trifásico 22 a partir da segunda máquina 12b. Por exemplo, como mostrado na Figura 2B, o circuito de realimentação 28b provê realimentação ao inversor trifásico 22 considerando um ou mais parâmetros de operação da segunda máquina 12b. Alternativamente, como mostrado na Figura 2C, o circuito de realimentação provê a realimentação 28c ao
 10 inversor trifásico 22 considerando um ou mais parâmetros de operação das primeira máquina 12a e segunda máquina 12b.

Muitas máquinas de indução de C.A. trifásicas podem ser configuradas para operar a partir de uma das duas voltagens de fornecimento (por exemplo, uma baixa voltagem e uma alta voltagem). Na verdade, uma
 15 máquina de indução de C.A. trifásica pode incluir seis enrolamentos do estator cujos terminais podem ser configurados pelo usuário com base na voltagem de fornecimento sendo usada. Tais máquinas de indução de C.A. podem ser usadas de acordo com a presente invenção.

Por exemplo, como mostrado na Figura 3C, a primeira máquina
 20 12a pode ter os seguintes seis enrolamentos do estator: (1) 22a1 tendo terminais A1 e A4; (2) 22a2 tendo terminais A7 e A10; (3) 24a1 tendo terminais A8 e A10; (4) 24a2 tendo terminais A2 e A5; (5) 26a1 tendo terminais A9 e A10; e (6) 26a2 tendo terminais A3 e A6. Similarmente, a segunda máquina 12b pode ter os seguintes seis enrolamentos do estator: (1) 22b1 tendo ter-
 25 minais B1 e B4; (2) 22b2 tendo terminais B7 e B10; (3) 24b1 tendo terminais B8 e B10; (4) 24b2 tendo terminais B2 e B5; (5) 26b1 tendo terminais B9 e B10; e (6) 26b2 tendo terminais B3 e B6.

Os enrolamentos de tais máquinas podem ser acoplados em série como mostrado na Tabela de conexão incluída na Figura 3C. Em parti-
 30 cular, $\phi 1$ é acoplado aos terminais A1 e B1, terminal A4 é acoplado ao terminal B7, e, terminal B4 é acoplado ao terminal A7. Igualmente, $\phi 2$ é acoplado aos terminais A2 e B2, terminal A5 é acoplado ao terminal B8 e termi-

nal B5 é acoplado ao terminal A8. Similarmente, $\phi 3$ é acoplado aos terminais A3 e B3, terminal A6 é acoplado ao terminal B9 e o terminal B6 é acoplado ao terminal A9.

Como previamente mencionado, em algumas aplicações de sistema de acionamento múltiplo, as máquinas são diretamente acopladas (por exemplo, através de um eixo de acionamento comum), indiretamente acopladas (por exemplo, através de uma caixa de engrenagem comum) ou de modo folgado (por exemplo, através de rodas em uma superfície comum). Métodos e aparelho de acordo com esta invenção podem ser usados para tais aplicações. Por exemplo, a Figura 4A ilustra um sistema de acionamento múltiplo exemplar 30a em que a primeira máquina 12a é acoplada a um primeiro eixo de acionamento 32a, a segunda máquina 12b é acoplada ao segundo eixo de acionamento 32b e o primeiro e o segundo eixos de acionamento 32a e 32b são acoplados a uma caixa de engrenagem comum 34. Neste aspecto, as primeira e segunda máquinas 12a e 12b são indiretamente acopladas.

Similarmente, a Figura 4B ilustra um sistema de acionamento múltiplo exemplar alternativo 30b em que a primeira máquina 12a é acoplada a um primeiro eixo de acionamento 32a, que aciona uma polia 36a, segunda máquina 12b é acoplada ao segundo eixo de acionamento 32b, que aciona uma polia 36b e uma correia transportadora 38 é acionada pelas polias 36a e 36b. Como no primeiro exemplo, primeira e segunda máquinas 12a e 12b são indiretamente acopladas. Em contraste, a Figura 4C ilustra um sistema de acionamento múltiplo 30c exemplar alternativo em que a primeira máquina 12a e a segunda máquina 12b são ambas acopladas a um eixo de acionamento comum 32c. Neste aspecto, a primeira e segunda máquinas 12a e 12b são diretamente acopladas.

Como mencionado acima, em algumas aplicações, a primeira máquina 12a e a segunda máquina 12b podem ser folgadamente acopladas. Por exemplo, em uma aplicação de caminhão de reboque, a primeira máquina 12a pode acionar uma primeira roda, a segunda máquina 12b pode acionar uma segunda roda e a superfície de acoplamento das duas máquinas é

a superfície em que as rodas contactam com o solo. De acordo com esta invenção, a máquina que experimenta a maior resistência produz mais torque.

- 5 A descrição acima meramente ilustra os princípios desta invenção e várias modificações podem ser feitas por pessoas versadas na técnica sem se distanciar do escopo e espírito da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema compreendendo:

uma primeira máquina de indução trifásica compreendendo enrolamentos do estator;

5 uma segunda máquina de indução trifásica compreendendo enrolamentos do estator, em que os enrolamentos do estator da primeira máquina são acoplados em série com os enrolamentos do estator da segunda máquina; e

 um circuito inversor que proporciona um sinal de saída trifásico
10 acoplado aos enrolamentos do estator da primeira máquina.

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que a primeira máquina e a segunda máquina compreendem máquinas de indução assíncrona.

3. Sistema de acordo com a reivindicação 1, ainda compreendendo um circuito de realimentação acoplado entre: (a) o primeiro motor e o inversor; e/ou (b) o segundo motor e o inversor.
15

4. Sistema de acordo com a reivindicação 3, em que o circuito de realimentação compreende qualquer um de um circuito de controle de voltagem-por-Hertz , um circuito de realimentação de corrente, um circuito
20 de realimentação de voltagem e um circuito de realimentação de velocidade.

5. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que o primeiro motor produz um torque e o segundo motor produz um torque que substancialmente iguala o torque do primeiro motor.

6. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que a primeira
25 máquina ainda compreende um rotor, a segunda máquina ainda compreende um rotor e, em que o rotor da primeira máquina é acoplado ao rotor da segunda máquina.

7. Sistema de acordo com a reivindicação 6, em que o rotor da primeira máquina é diretamente conectado ao rotor da segunda máquina.

8. Sistema de acordo com a reivindicação 6, em que o rotor da
30 primeira máquina é indiretamente conectado ao rotor da segunda máquina.

9. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que o rotor da

primeira máquina é acoplado ao primeiro eixo de acionamento e o rotor da segunda máquina é acoplado ao segundo eixo de acionamento.

10. Sistema de acordo com a reivindicação 9, em que os primeiro e segundo eixos de acionamento são o mesmo eixo de acionamento.

5 11. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que o rotor da primeira máquina e o rotor da segunda máquina são acoplados juntos via qualquer um de: uma caixa de engrenagem, uma correia transportadora, uma polia e uma roda.

10 12. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que os enrolamentos do estator da primeira máquina e da segunda máquina são acoplados em uma configuração em estrela (Y).

13. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que os enrolamentos do estator da primeira máquina e da segunda máquina são acoplados em uma configuração em Delta.

15 14. Método compreendendo:
provisão de uma primeira máquina de indução trifásica compreendendo enrolamentos do estator;

provisão de uma segunda máquina de indução trifásica compreendendo enrolamentos do estator;

20 acoplamento dos enrolamentos do estator da primeira máquina em série com os enrolamentos do estator da segunda máquina; e

provisão de um circuito inversor que provê um sinal de saída trifásico acoplado aos enrolamentos do estator da primeira máquina.

25 15. Método de acordo com a reivindicação 14, em que a primeira máquina e a segunda máquina compreendem máquinas de indução assíncronas.

16. Método de acordo com a reivindicação 14, ainda compreendendo a provisão de um circuito de realimentação acoplado entre: (a) o primeiro motor e o inversor; e/ou (b) o segundo motor e o inversor.

30 17. Método de acordo com a reivindicação 16, em que o circuito de realimentação compreende qualquer um de um circuito de controle de voltagem por Hertz, um circuito de controle de realimentação de corrente, um circuito de realimentação de voltagem e um circuito de realimentação de

velocidade.

18. Método de acordo com a reivindicação 14, em que o primeiro motor produz um torque e o segundo motor produz um torque que substancialmente iguala o torque do primeiro motor.

5 19. Método de acordo com a reivindicação 14, em que a primeira máquina ainda compreende um rotor, a segunda máquina ainda compreende um rotor e em que o método ainda compreende o acoplamento do rotor da primeira máquina ao rotor da segunda máquina.

20. Método de acordo com a reivindicação 19, ainda compreendendo conectar diretamente o rotor da primeira máquina ao rotor da segunda máquina.

21. Método de acordo com a reivindicação 19, ainda compreendendo conectar indiretamente o rotor da primeira máquina ao rotor da segunda máquina.

15 22. Método de acordo com a reivindicação 14, ainda compreendendo:

acoplamento do rotor da primeira máquina a um primeiro eixo de acionamento; e

20 acoplamento do rotor da segunda máquina a um segundo eixo de acionamento.

23. Método de acordo com a reivindicação 22, em que os primeiro e segundo eixos de acionamento são o mesmo eixo de acionamento.

24. Método de acordo com a reivindicação 14, ainda compreendendo o acoplamento do rotor da primeira máquina e o rotor da segunda máquina juntos via qualquer um de: caixa de engrenagem, uma correia transportadora, uma polia e uma roda.

25. Método de acordo com a reivindicação 14, ainda compreendendo o acoplamento dos enrolamentos do estator da primeira máquina e da segunda máquina em uma configuração em estrela (Y).

30 26. Método de acordo com a reivindicação 14, ainda compreendendo o acoplamento dos enrolamentos do estator da primeira máquina e da segunda máquina em uma configuração em Delta.

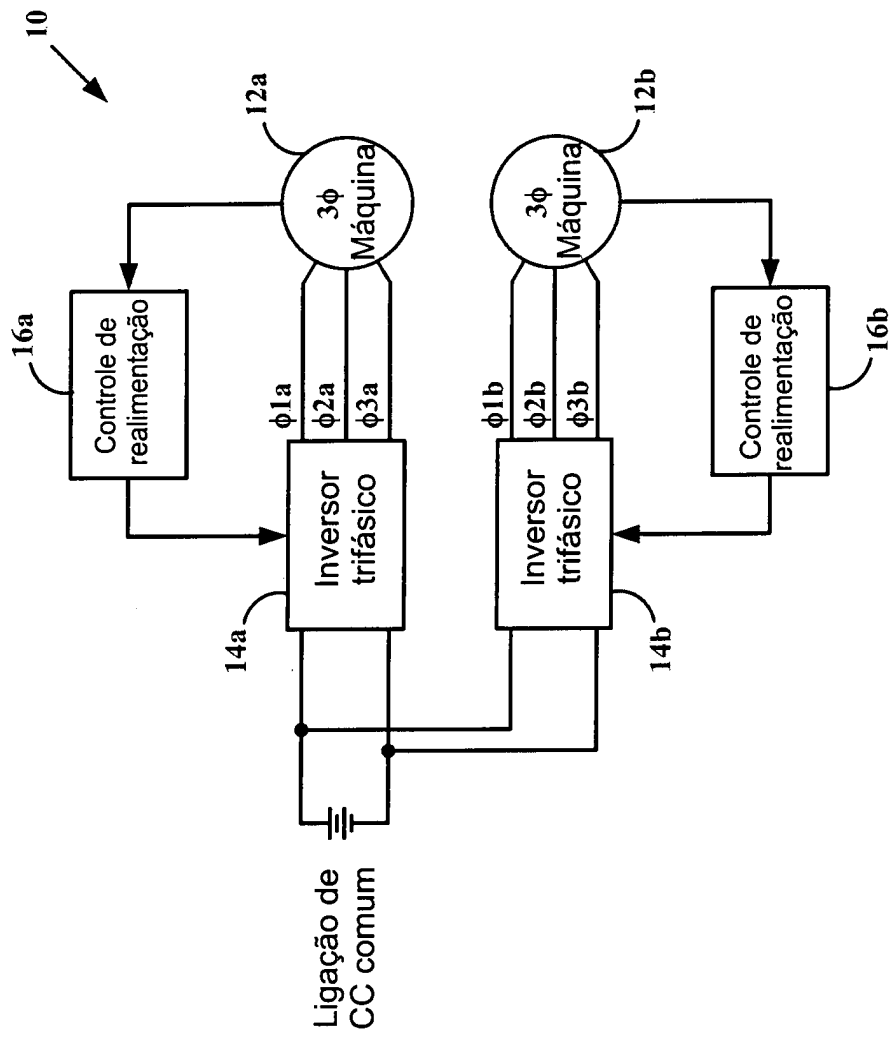


FIG. 1 (Técnica Anterior)

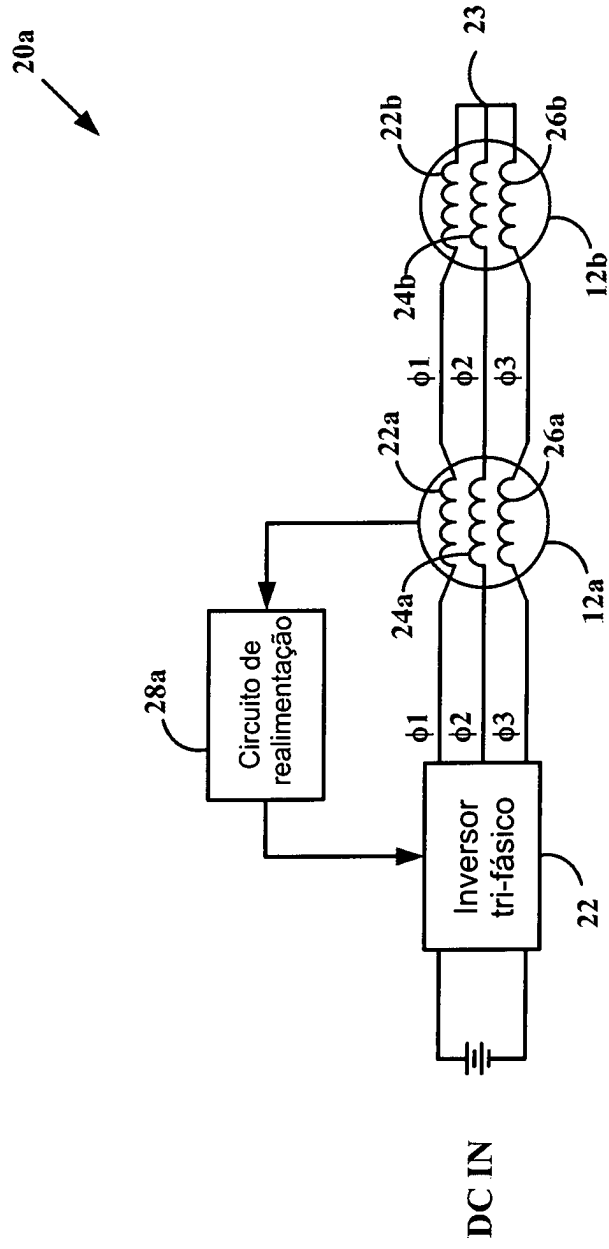


FIG. 2A

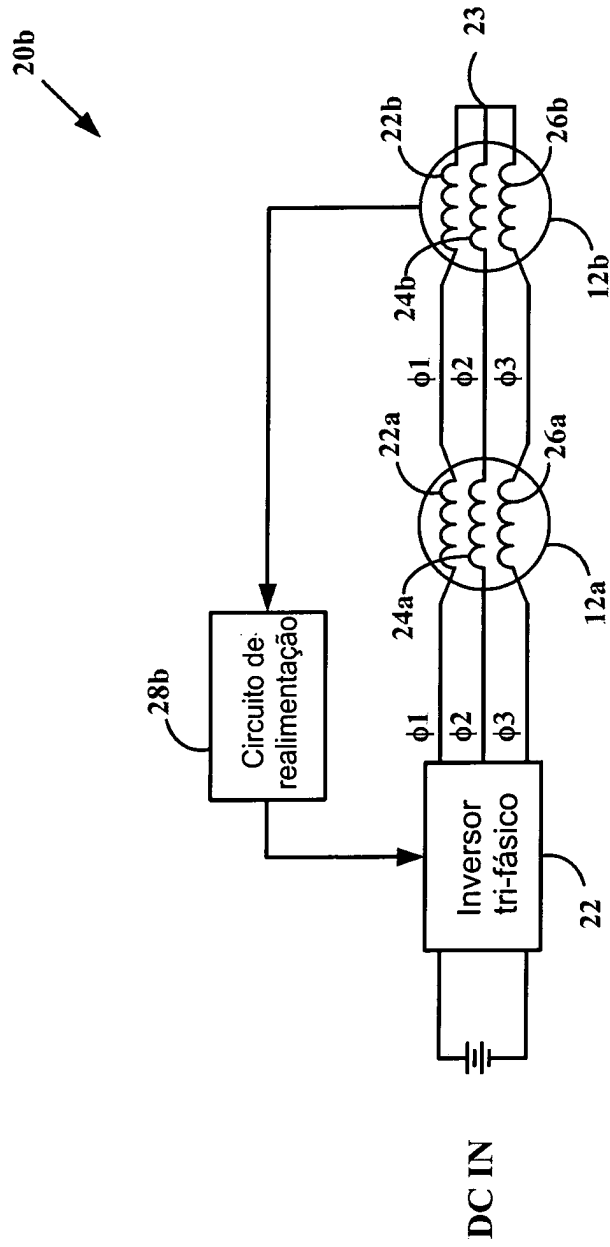


FIG. 2B

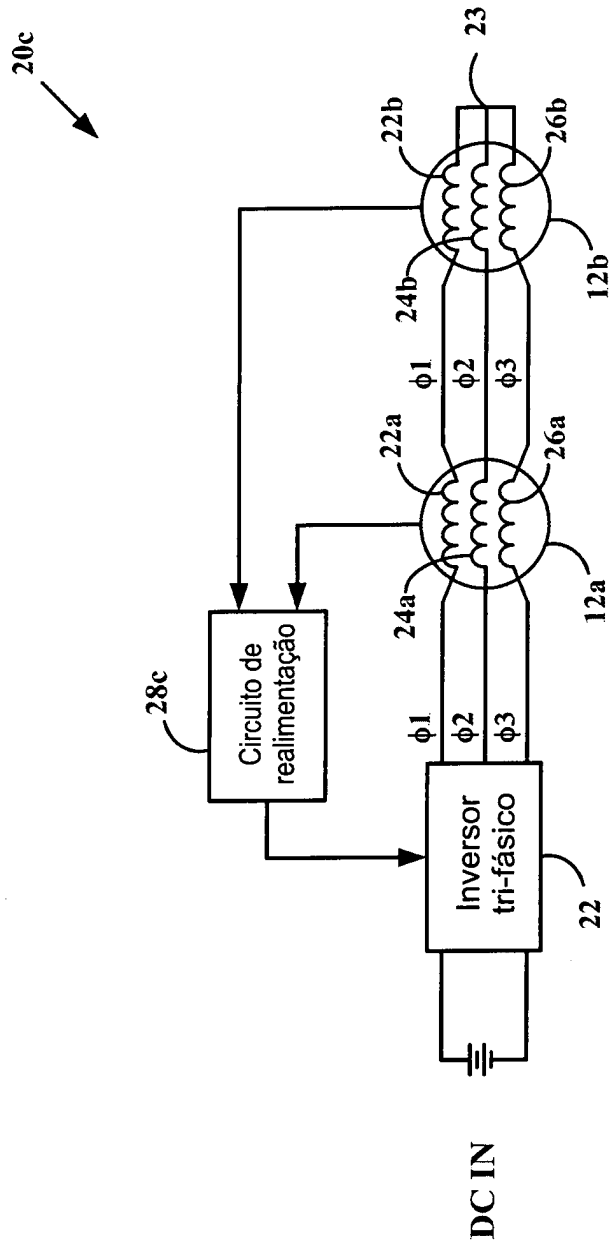


FIG. 2C

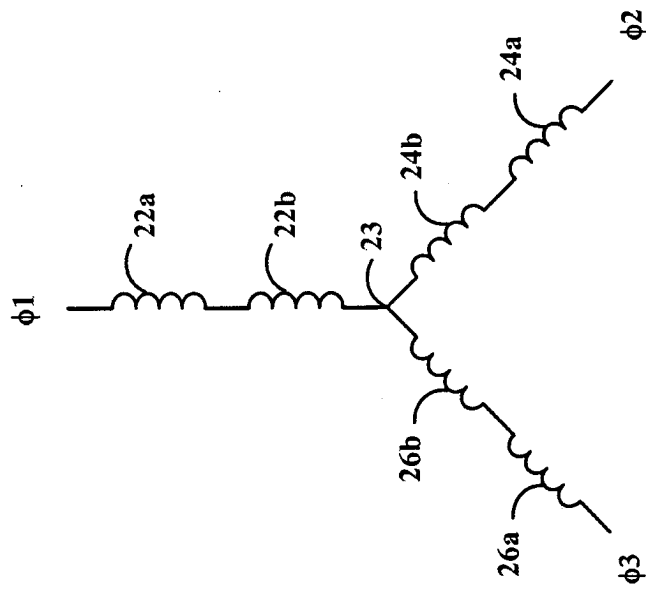


FIG. 3A

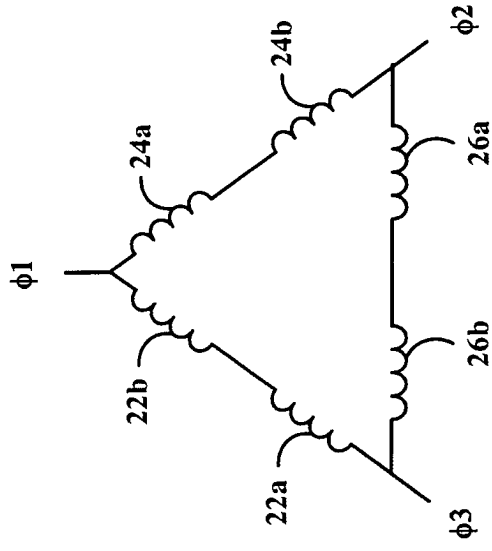
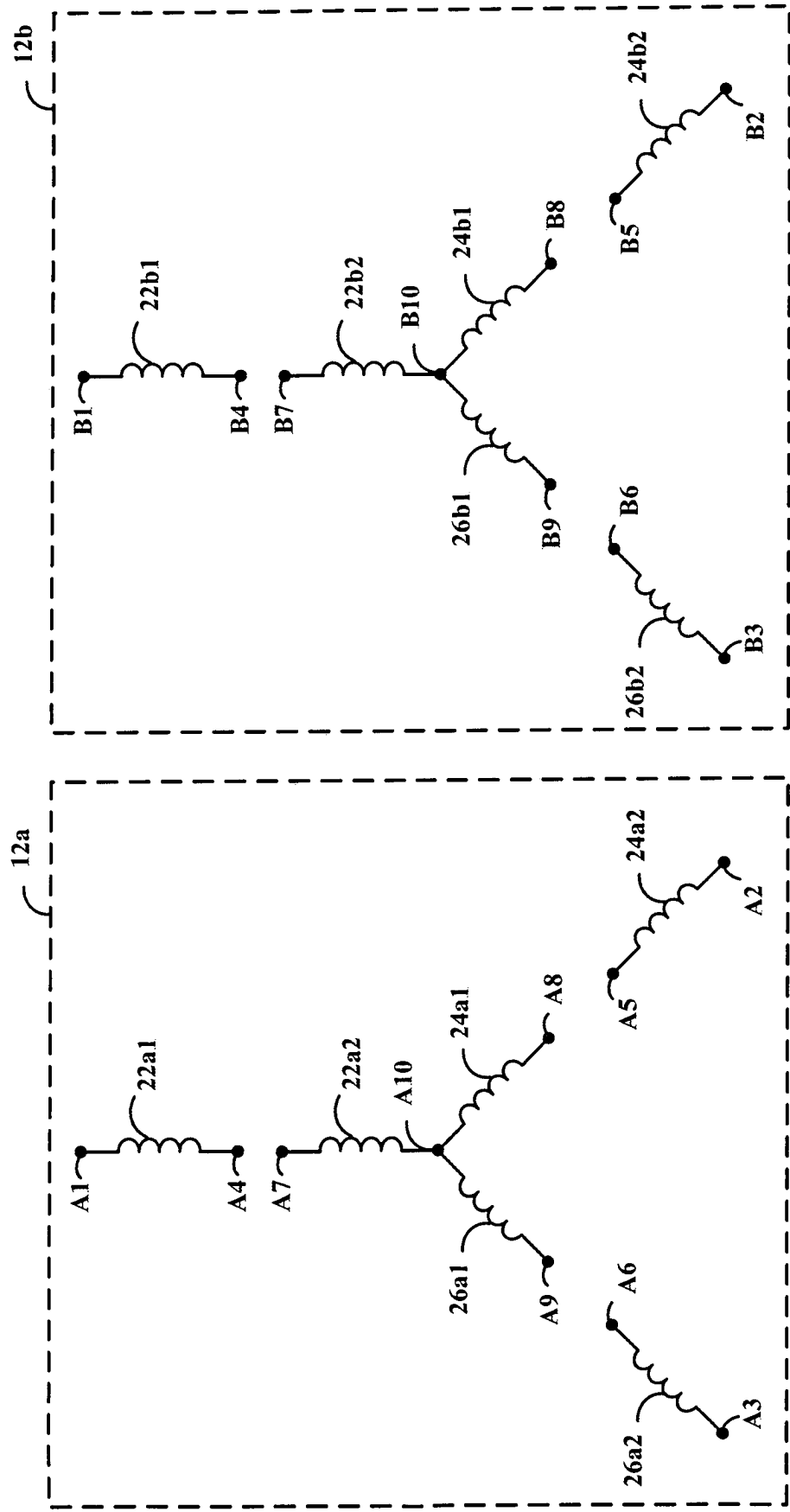


FIG. 3A



Conexões do terminal		
A1 – B1 – $\phi 1$	A4 – B7	B4 – A7
A2 – B2 – $\phi 2$	A5 – B8	B5 – A8
A3 – B3 – $\phi 3$	A6 – B9	B6 – A9

FIG. 3C

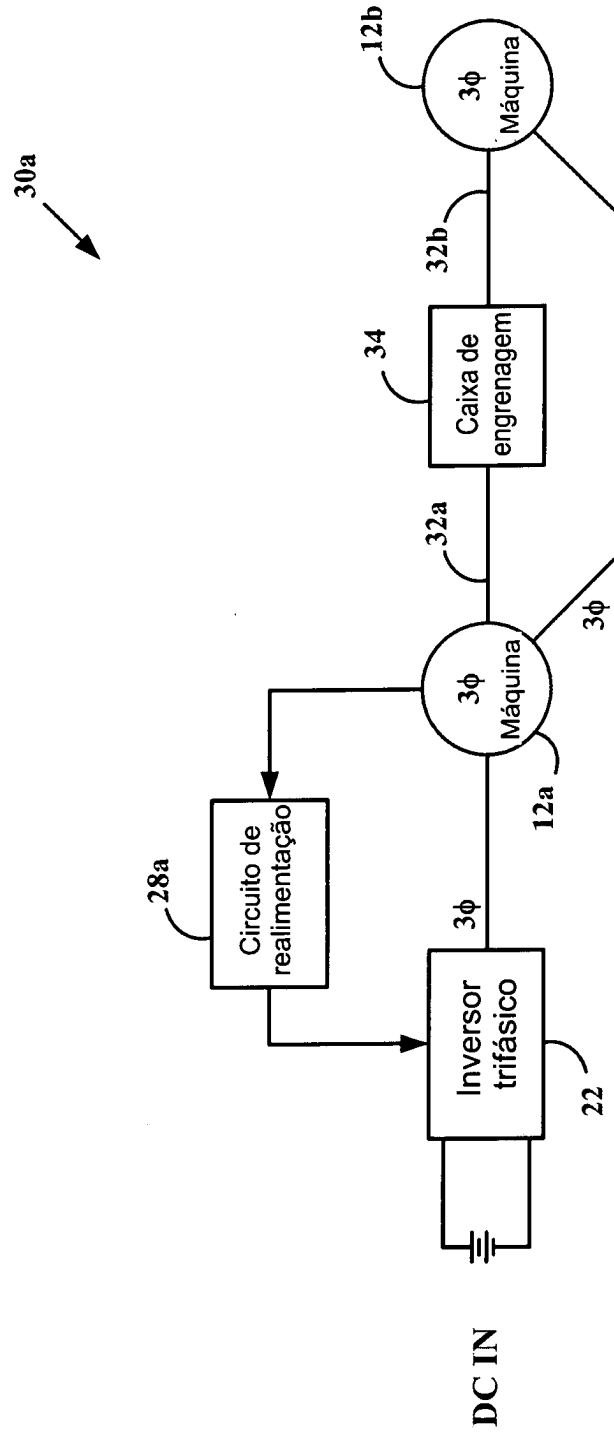


FIG. 4A

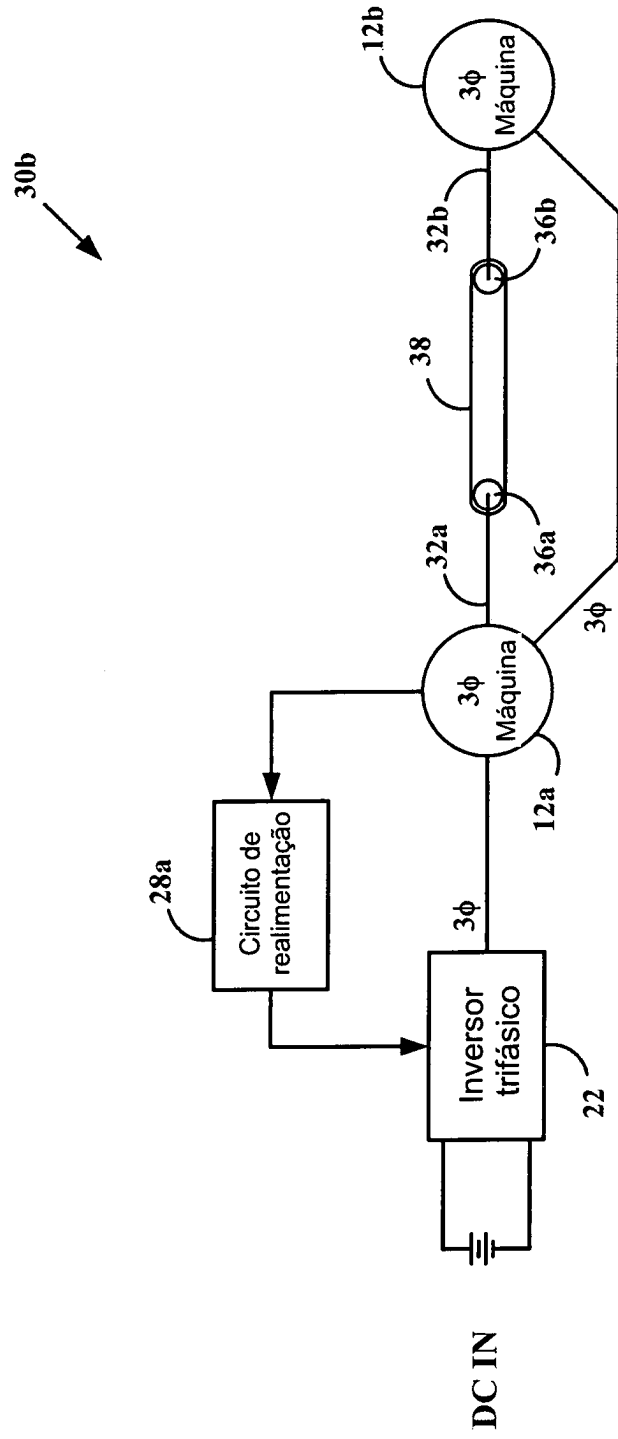


FIG. 4B

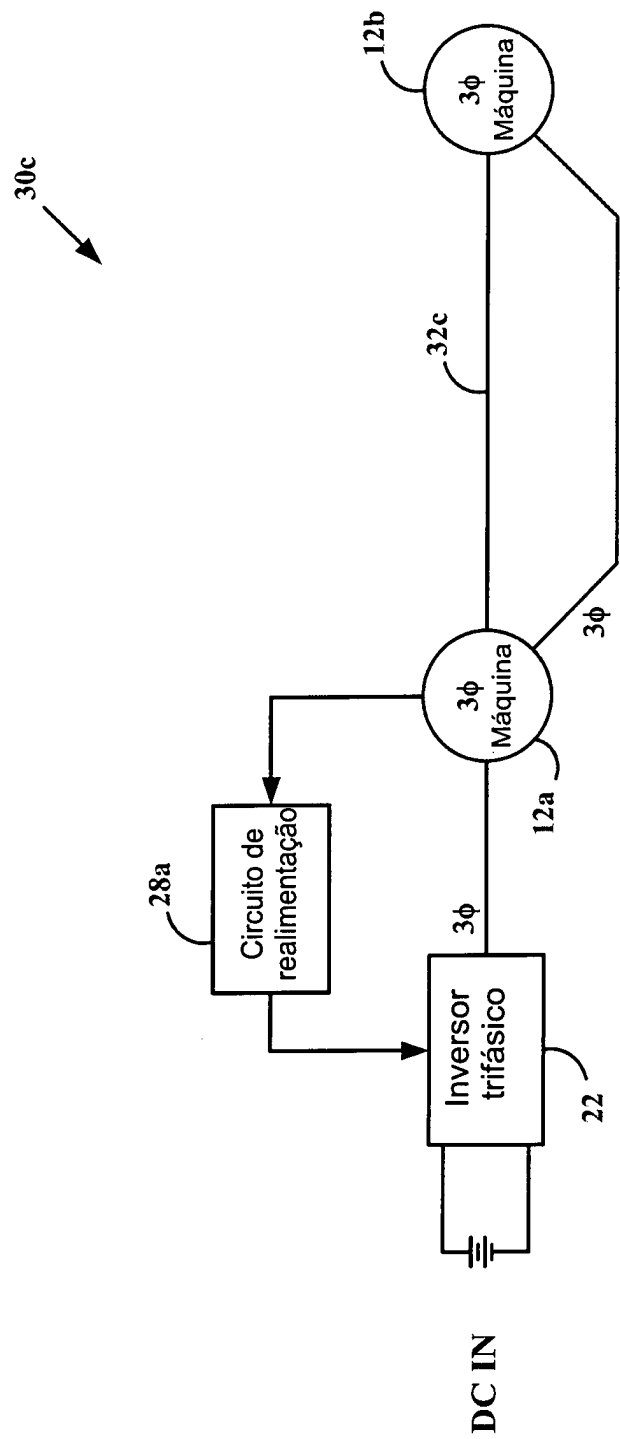


FIG. 4C

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODOS E APARELHO PARA CONTROLAR MÁQUINAS DE INDUÇÃO DE C.A. MÚLTIPLAS A PARTIR DE UM IN-
VERSOR SIMPLES"**.

- 5 A presente invenção refere-se a métodos e aparelho que inclu-
em ou provêem uma primeira máquina de indução trifásica incluindo enrola-
mentos do estator, uma segunda máquina de indução trifásica incluindo en-
rolamentos do estator, em que os enrolamentos do estator da primeira má-
quina são acoplados em serie com os enrolamentos do estator da segunda
10 máquina, e, um circuito inversor que provê um sinal de saída trifásico acopla-
do aos enrolamentos do estator da primeira máquina. Outros aspectos são
também proporcionados.