



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0803535-0 B1**



**(22) Data do Depósito: 26/09/2008**

**(45) Data de Concessão: 04/02/2020**

**(54) Título:** MÉTODO DE CONTROLE ORIENTADO POR CAMPO PARA UM ACIONAMENTO ELÉTRICO E DE OPERAÇÃO PARA UM ACIONAMENTO PARA TRACIONAR UM OBJETO, ARRANJO DE MOTOR ELÉTRICO, E, CONTROLADOR DE POSIÇÃO E/OU VELOCIDADE PARA O CONTROLE ORIENTADO POR CAMPO DE UM ACIONAMENTO ELÉTRICO

**(51) Int.Cl.:** B62D 5/04; H02P 21/06; H02P 5/747; B23Q 5/56; B65H 23/198.

**(30) Prioridade Unionista:** 27/09/2007 EP 07 117 386.8; 27/09/2007 DE 10 2007 046 681.3.

**(73) Titular(es):** BAUMÜLLER NÜRNBERG GMBH.

**(72) Inventor(es):** JINSHEN JIANG; VIKTOR BARINBERG.

**(57) Resumo:** MÉTODOS DE CONTROLE ORIENTADO POR CAMPO PARA UM ACIONAMENTO ELÉTRICO E DE OPERAÇÃO PARA UM ACIONAMENTO PARA TRACIONAR UM OBJETO, ARRANJO DE MOTOR ELÉTRICO, E, CONTROLADOR DE POSIÇÃO E/OU VELOCIDADE PARA O CONTROLE ORIENTADO POR CAMPO DE UM ACIONAMENTO ELÉTRICO. A invenção refere-se a um método orientado por campo para controlar um acionamento elétrico compreendendo uma pluralidade de motores elétricos, por exemplo, para implementar um mecanismo de tração, especialmente para meios de cabo de carga e/ou de engrenagem. No método de controle, medições são tomadas de uma corrente de motor polifásico real. Os valores medidos são transformados em um componente de corrente contínua e um componente de corrente de quadratura, com base em um ângulo de campo de rotor magnético ou ângulo de fluxo, em um sistema de coordenadas d, q, baseado em rotor. O componente de corrente de quadratura medido é comparado com um predeterminado componente de corrente transversal de um valor de comando de corrente, para obter um valor de comando para controle de corrente de motor. A invenção ainda se refere a um arranjo de motor elétrico, o qual é apropriado especialmente para implementar o método de controle, com pelo menos dois motores elétricos (...).

“MÉTODOS DE CONTROLE ORIENTADO POR CAMPO PARA UM ACIONAMENTO ELÉTRICO E DE OPERAÇÃO PARA UM ACIONAMENTO PARA TRACIONAR UM OBJETO, ARRANJO DE MOTOR ELÉTRICO, E, CONTROLADOR DE POSIÇÃO E/OU VELOCIDADE PARA O CONTROLE ORIENTADO POR CAMPO DE UM ACIONAMENTO ELÉTRICO”

[0001] A invenção refere-se a um método orientado por campo para controlar um acionamento elétrico compreendendo uma pluralidade de motores elétricos, por exemplo, para implementar um mecanismo de tração, especialmente para meios de cabo de carga e/ou de engrenagem. No método de controle, medições são tomadas de uma corrente de motor polifásico real. Os valores medidos são transformados em um componente de corrente contínua e um componente de corrente em quadratura, com base em um ângulo de campo de rotor magnético ou ângulo de fluxo, em um sistema de coordenadas d, q, baseado em rotor. O componente de corrente em quadratura medido é comparado com um predeterminado componente de corrente transversal de um valor de comando de corrente, para obter um valor de comando para controle de corrente de motor.

[0002] A invenção ainda se refere a um arranjo de motor elétrico, o qual é apropriado especialmente para implementar o método de controle, com pelo menos dois motores elétricos que podem ser operados como motores polifásicos. A invenção também se refere a um controlador de posição e/ou velocidade para o controle orientado por campo de um acionamento elétrico, o qual é apropriado especialmente para uso no acima mencionado método de controle ou no acima mencionado arranjo de motor elétrico.

[0003] A invenção ainda se refere a um método de partida para um acionamento de tração e a, por conseguinte, um arranjo de preparação de motores elétricos.

[0004] Para um sistema de direção de direcionamento por fio, um

atuador de direção é proposto (DE 101 03 667 A1), em que dois motores elétricos são providos. Os pinhões dos motores elétricos atuam sobre uma roda de engrenagem, a qual aciona, por exemplo,, uma transmissão de direção de cremalheira e pinhão ou uma coluna de direção, na qual uma roda de direção é fixada. Quando o atuador é requerido para gerar somente baixos níveis de torque, então os dois motores elétricos são controlados em uma tal maneira que eles são deslocados um em relação ao outro, por conseguinte nenhum jogo ocorre na engrenagem entre pinhão e roda de engrenagem. Isto é assegurado quando os flancos de dente do pinhão e a roda de engrenagem estão situados uns contra os outros com jogo igual a zero. O acionamento de jogo zero da roda de engrenagem pode ser atingido através do apropriado controle dos dois motores elétricos, em que as direções de rotação dos dois motores elétricos são orientadas uma para a outra. É também proposto que cada dos dois motores elétricos pode ser provido com um sensor de posição de rotor, como uma provisão de redundância contra um possível falha de um dos dois motores elétricos.

[0005] Em contraste com isto, no interesse do eficiente controle do acionamento elétrico multi-motor, o método de controle aqui revelado é proposto. Um arranjo de motor elétrico que é apropriado para implementar o método de controle é aqui exposto. Um controlador de posição e/ou velocidade, o qual também cai sob a ideia geral da invenção, é também aqui exposto. Vantajosas formas de concretização opcionais de exemplo da invenção são também descritas.

[0006] A invenção compreende a ideia básica de conectar dois motores síncronos em série por meio de seus enrolamentos de fase, permitindo assim que suas duas rodas magnéticas e fluxos magnéticos de rotor girem com uma fase ou deslocamento angular um em relação ao outro. O uso de acordo com a invenção de dois motores síncronos, os quais são caracterizados por meio da efetiva controlabilidade, um alto nível de

eficiência e um alto fator de potência, enquanto ao mesmo tempo tem um baixo volume de construção, contribui para eficiência aumentada, resultando em vantagens para servo aplicações, tais como com mecanismos de tração. Em especial, máquinas síncronas são caracterizadas por meio de um campo principal rotativo, o qual é fixado no rotor, e o acoplamento de fluxo magnético é muito frequentemente baseado em ímãs permanentes os quais são montados sobre a superfície do rotor e resultam em um fluxo de rotor aproximadamente constante, o qual facilita a controlabilidade.

[0007] Com o método da invenção, as rodas magnéticas ou rotores dos dois motores síncronos são deslocados um em relação ao outro com seus acoplamentos de fluxo magnético ou outros alinhamentos magnéticos em um ângulo, de modo que uma e a mesma corrente de fase pode atuar em um motor como um componente de corrente formando fluxo (contínuo) e no outro motor como um componente de corrente formando torque (quadratura). A fase ou deslocamento angular é definido com respeito a coordenadas estacionárias ou permanentes, especialmente com respeito a um sistema de coordenadas baseado em estator.

[0008] Isto abre o caminho para a próxima característica de método de acordo com a invenção, mais especificamente que os dois motores síncronos são supridos com a mesma corrente de fase a partir de um único conversor de potência compartilhado. Por conseguinte, somente um único conversor de potência, especialmente um conversor de frequência ou um inversor, é requerido, o qual provê uma economia substancial em termos de componentes estruturais.

[0009] No contexto do controle de acordo com a invenção, um valor de referência ou de comando para uma pré-tração ou torque de tração é predeterminado, o qual, por um lado, é superposto pelo componente de corrente em quadratura do valor de comando de corrente. Por outro lado, este predeterminado valor de comando de torque de tração, com um sinal oposto, é

usado ao mesmo tempo como um valor de comando para o componente de corrente contínua. Por causa do acima mencionado deslocamento angular do fluxo magnético, este componente de corrente contínua atua no segundo motor síncrono como um componente de corrente em quadratura formando torque, enquanto o componente de corrente em quadratura que é aplicado ao primeiro motor então origina o componente direto formando fluxo no segundo motor.

[00010] Desta maneira, um movimento coordenado e sincronizado dos motores elétricos pode ser atingido, o qual é especialmente bem apropriado para implementar um mecanismo de tração para a finalidade de eliminar jogo em meios de engrenagem ou cabo. A coordenação das sequências de movimento é com base no acoplamento dos respectivos acoplamentos de fluxo dos motores síncronos através do deslocamento angular, em que uma e a mesma corrente de fase funciona como um componente de corrente em quadratura em um motor, e como um componente de corrente contínua no outro motor.

[00011] Para simplificar a complexidade em termos de técnica de controle, é desejável manter o deslocamento angular dos respectivos fluxos magnéticos dos rotores dos motores síncronos e o valor de comando para o torque de pré-tração, constante durante a operação contínua. Desta maneira, a respectiva corrente de fase dos dois motores síncronos pode ser facilmente e sistematicamente ajustada para predeterminados valores de controle.

[00012] O arranjo de motor síncrono que está situado dentro do escopo da ideia geral da invenção é caracterizado por meio de sua conexão em série. Isto pode ser implementado em que o segundo motor síncrono é conectado através dos condutores de seus enrolamentos de fase com as extremidades dos enrolamentos de fase do primeiro motor síncrono, o qual, por sua vez é conectado através dos condutores de seus enrolamentos de fase com o conversor de potência. Isto resulta em um acoplamento dos dois motores

síncronos com o conversor de potência. Com esta conexão em série do conversor de potência, especialmente inversor, o primeiro motor síncrono e o segundo motor síncrono, a característica de método da invenção é atingida em que a mesma corrente de fase flui através de ambos os motores. Neste caso, somente um dos dois motores síncronos é conectado diretamente com o conversor de potência. Por conseguinte, os motores síncronos são acoplados um com o outro serialmente através de seus enrolamentos de fase, em uma tal maneira que cada motor síncrono é suprido com as mesmas correntes de fase pelo conversor de potência.

[00013] O que é importante é que os alinhamentos magnéticos das rodas magnéticas ou rotores dos dois motores síncronos são deslocados não em fase, mas um em relação ao outro em um ângulo de deslocamento. Em princípio, este ângulo pode medir entre 0 e  $\pm 180^\circ$ , assim, por exemplo,  $\pm 45^\circ$ . No uso prático, deslocamentos angulares de  $90^\circ$  provaram ser os ótimos.

[00014] Para implementar o deslocamento de fase ou deslocamento angular entre os acoplamentos de fluxo magnético ou alinhamentos magnéticos dos dois motores síncronos, um acoplamento mecânico é usado, de acordo com a invenção, que pode ser implementado, por exemplo, usando meios de cabo ou de engrenagem entre os rotores ou rodas magnéticas. Esta implementação é também eficiente para a aplicação do "mecanismo de tração" de acordo com a invenção, porque o acoplamento mecânico pode então ser produzido usando os meios de cabo de carga ou a roda de engrenagem ou outro meio de engrenagem. Se os meios de cabo de carga ou os meios de engrenagem são tracionados, então o acoplamento mecânico entre os rotores dos motores síncronos, e, por conseguinte, também o deslocamento angular entre seus acoplamentos de fluxo ou alinhamentos de fluxo magnético, são estabelecidos ou definidos.

[00015] O princípio básico da invenção apresenta não somente a forma de concretização do acionamento de motor elétrico duplo tendo somente um

inversor ou conversor de potência, mas também o fato de que somente um dos dois motores síncronos é equipado com um dispositivo de detecção de posição (sistema de sensor e/ou modelo de rotor). Isto, conseqüentemente, resulta na outra forma de concretização da invenção, que reduz o número de componentes e é, por conseguinte, efetiva em termos de custo, na medida em que um controlador que controla um inversor é alocado a ambos os motores síncronos dentro da estrutura de um circuito de controle de acionamento. As adicionais economias em termos de componentes e custos, combinadas com um aumento em confiabilidade técnica, são óbvias.

[00016] Um outro problema solucionado por meio da invenção consiste no fato de que o acionamento de tração de acordo com a invenção principal não tem estado definido em seu estado inicial, sem fluxo de corrente. As rodas magnéticas dos dois motores síncronos podem ser livremente giradas uma contra a outra, sem requerer o desejado deslocamento de fase de preferivelmente 90° entre as duas rodas magnéticas. Um outro objetivo da invenção é, por conseguinte, atingir que, durante a partida, o desejado deslocamento de fase seja gerado entre as rodas magnéticas dos dois motores síncronos no acionamento de tração.

[00017] Este objetivo é atingido por meio do método de operação descrito aqui. Vantajosas formas de concretização opcionais do método de operação também são descritas. Aplicações apropriadas: método de partida para a tração de elementos de máquina e conjuntos que são submetidos a jogo, tais como mecanismos de engrenagem, transmissões mecânicas e elementos de acoplamento, os quais, no estado não tracionado, não ocupam uma posição claramente definida.

[00018] O método de operação da invenção é provido para um acionamento para tracionar um objeto que é flexível ou que tem jogo (folga, tolerância) como pelo menos dois motores elétricos que podem ser operados como motores polifásicos são obstrutores do objeto por meio de forças

opostas. Um dispositivo de controle e/ou regulagem é usado para controlar os motores elétricos. Para partida ou arranque quando o acionamento de tração está em um estado de marcha em vazio ou desligado sem corrente, primeiramente somente um dos dois motores elétricos é atuado para um movimento de tração até um primeiro critério de parada pré-especificado ser detectado por meio do dispositivo de controle e/ou regulagem. Em seguida, opcionalmente, o segundo motor elétrico é atuado para um movimento de tração, até um segundo critério de parada pré-especificado ser detectado por meio do dispositivo de controle e/ou regulagem. O método da invenção para partida controlada de um sistema de acionamento, composto de um motor de acionamento e motor de tração, compreende as etapas: quando do arranque a partir do modo sem corrente, primeiro o torque de tração é gerado, a fim de levar o elemento a ser tracionado para uma definida posição; permitindo então uma transição para a operação pretendida.

[00019] De acordo com uma forma de concretização de exemplo da invenção, durante a atuação do primeiro ou segundo motor elétrico, o respectivo outro motor elétrico é curto-circuitado e/ou de outra maneira desacoplado do dispositivo de controle e/ou regulagem. Isto é baseado no fato de que um motor trifásico curto-circuitado se comporta como um freio eletrodinâmico. Por conseguinte, durante atuação de um dos motores elétricos, o respectivo outro motor é usado como um freio eletrodinâmico por meio de um curto-circuito (S1, S2) de seus enrolamentos de fase. Vantajosamente, um aumento no fluxo de corrente de motor e/ou alcance de uma predeterminada posição de motor e/ou um predeterminado período de sincronização serve como um critério de parada. Vantagens dos arranjos multi-motores da invenção: controle individual de dois motores conectados em série através de um único conversor; geração de um efetivo momento de frenagem por meio de simplesmente curto-circuitar os enrolamentos de motor.

[00020] No contexto com o método de operação da invenção, é

vantajoso quando os enrolamentos de fase de um ou ambos os motores elétricos são equipados com elementos de comutação, que são arranjados para desacoplar um ou ambos os motores elétricos do dispositivo de controle e/ou regulagem.

[00021] Uma estrutura de controle de acordo com um aspecto da invenção, a qual é funcionalmente adaptada à invenção, compreende um dispositivo para gerar um valor de comando ou valor de referência de pré-tração ou torque de tração. Por um lado, sua saída é superposta por uma saída de controlador para o torque de motor, que é conhecido na arte; por outro lado, a saída de torque de tração do controlador - com reversão de sinal - é tornada disponível para ulterior processamento como um componente de corrente contínua, particularmente depois de ser ponderada com o valor recíproco do acoplamento de fluxo de motor. Assim, ela pode ser submetida para uma comparação de valor de comando/valor real com um valor real medido para o componente de corrente contínua, e a diferença é alimentada para um controlador de corrente, em uma maneira conhecida. A respectiva corrente de controle d ou q resultando a partir de controladores de corrente contínua e de quadratura resulta em um motor síncrono para formar fluxo e no outro motor síncrono para formar torque.

[00022] A confiabilidade técnica e segurança operacional, especialmente para a aplicação do "mecanismo de tração", podem ser aumentadas com uma vantajosa forma de concretização opcional da invenção, em que as saídas de valor de comando de corrente em quadratura e contínua são, cada, equipadas com um elemento limitador. Cada tal elemento limitador é configurado para restringir a saída de valor de comando alocada para uma faixa que tem sinais uniformes. De acordo com a invenção, os sinais das duas saídas de valor de comando são mantidos opostos um ao outro por meio dos elementos limitadores. A vantagem atingida com isto é que o acoplamento mecânico, e, por conseguinte, um deslocamento de fase ou um ângulo de

deslocamento entre os acoplamentos de fluxo magnético dos dois motores síncronos é sempre assegurado, de modo que uma e a mesma corrente de fase pode atuar para formar torque em um motor síncrono e para formar fluxo no outro motor síncrono. Além disso, na aplicação envolvendo “tração de uma cinta flexível ou algum outro elemento flexível”, o estiramento pode ser excluído com um alto grau de confiabilidade.

[00023] Para poder utilizar a faixa de torque de motor na sua máxima extensão possível, uma forma de concretização do controlador de velocidade da invenção é proposta, em que a saída do controle de torque de motor e/ou gerador de valor de comando é suprida, preferivelmente no total, não somente para o ramo do componente de valor de comando de corrente em quadratura, mas também para o ramo do valor de comando de componente de corrente contínua. Expressando esta ideia em termos concretos, um ponto de soma é provido para esta finalidade, com o torque de controle de motor e, com um sinal negativo, o torque de pré-tração sendo suprido para suas duas entradas. A partir da diferença, o componente de corrente contínua é derivado usando uma ponderação recíproca com um valor para um acoplamento de fluxo (que é determinado com base nas circunstâncias do caso técnico individual). Porque, com esta forma de concretização particularmente vantajosa, o valor de controle de torque de motor é processado e/ou usado para gerar e fornecer não somente o valor de comando de componente de corrente em quadratura, mas também valor de comando de componente de corrente contínua, a faixa de controle de torque disponível pode ser ativada ou controlada ou utilizada até 100 % em ambas as direções.

[00024] De acordo com outra forma de concretização vantajosa da invenção, um torque de pré-tração é ajustado, o qual corresponde a aproximadamente 50 % do torque de motor máximo possível. Com isto, pelo menos aproximadamente 50 % do torque de motor máximo possível pode ainda ser ativado ou controlado em ambas as direções, até mesmo sem o

acima descrita inserção do valor de comando de torque de motor.

[00025] Outros detalhes, características marcantes, combinações de características, vantagens e efeitos com base na invenção podem ser encontrados na seguinte descrição de forma preferidas de concretização da invenção, e no conjunto de desenhos, onde:

a Figura 1 mostra um esboço delineando o princípio de engenharia de dispositivo de uma aplicação de acordo com a invenção envolvendo a tração e posicionamento de um cabo de tração,

a Figura 2 mostra um esboço delineando o princípio de engenharia de dispositivo, de uma aplicação de acordo com a invenção para tracionar um trem de engrenagens,

a Figura 3 mostra um arranjo elétrico do acionamento de tração,

a Figura 4 mostra um diagrama em blocos de uma estrutura de controle, adaptada em termos da função da invenção,

a Figura 5 mostra um diagrama em blocos de uma estrutura de controle adicional, adaptada em termos da função da invenção,

as Figuras 6a-6c mostram diagramas vetoriais de corrente e fluxo para várias aplicações,

a Figura 7 mostra um arranjo de motor elétrico para executar o método de operação,

a Figura 8 mostra um esboço de dispositivo para a proposta de acordo com o método de operação, e

a Figura 9 mostra um arranjo alternativo de motor elétrico para executar o método de operação.

[00026] De acordo com a figura 1, os respectivos rotores (não mostrados) de dois motores síncronos M1, M2 são mecanicamente acoplados através de uma linha de tração 1, a qual é apropriada para uma variedade de finalidades. Se os dois motores síncronos M1, M2 são controlados usando

torques opostos (ver abaixo), acelerações opostas  $b_1$ ,  $b_2$  são aplicadas nas extremidades da linha de tração 1 através dos respectivos rotores dos motores síncronos M1, M2. Isto resulta em uma tração da linha de tração 1, por exemplo, um cabo de tração ou cinta de tração, de modo que o arqueamento entre os motores síncronos M1, M2 é prevenido. Adicionalmente, a tração causa com que os respectivos rotores dos motores síncronos M1, M2 sejam mantidos no local em sua posição angular um em relação ao outro. De acordo com a invenção, esta fixação no local é atingido pelo fato de que os respectivos acoplamentos de fluxo magnético  $\Psi_{M1}$ ,  $\Psi_{M2}$  (ver a figura 6) têm um deslocamento de fase ou um deslocamento angular de preferivelmente  $90^\circ$  um em relação ao outro. Para possibilitar um acionamento controlável dos dois motores síncronos, um ou ambos são equipados com um sensor de posição 2, em que, na base da invenção, é suficiente, em princípio, para somente um dos dois motores síncronos M1, M2 ser escaneado por meio de um sensor de posição 2.

[00027] De acordo com a figura 2, para tracionar um trem de engrenagens, dois motores síncronos M1, M2 são colocados em engate positivo com uma roda de engrenagem central 3 através de rodas de engrenagem que são acopladas com seus respectivos rotores. Todavia, na maioria dos casos, este engate de rodas de engrenagem é associado com indesejável jogo entre os flancos de dente, o que prejudica a precisão do posicionamento. Para restringir ou prevenir jogo de roda de engrenagem, torques ou acelerações opostos  $b_1$ ,  $b_2$  são novamente aplicados aos dois motores síncronos M1, M2. Desta maneira, os flancos de dente opostos das rodas de engrenagem que são engrenadas uma com a outra repousam diretamente um contra o outro sem jogo, em outras palavras, elas são tracionadas. Os rotores de motor síncrono são então definitivamente fixados em termos de sua posição angular, um em relação ao outro. Além disto, as afirmações feitas em referência à figura 1 podem ser aplicadas aqui,

correspondentemente.

[00028] De acordo com a figura 3, os dois motores síncronos M1, M2 são preferivelmente supridos com o mesmo nível de corrente nominal, conectados em série, e a partir de um conversor de potência compartilhado 4, por exemplo, um inversor. Para esta finalidade, os condutores dos enrolamentos de fase de motor  $W_{U1}$ ,  $W_{V1}$ ,  $W_{W1}$  do primeiro motor síncrono de torque M1 são diretamente conectados com os terminais de fase de conversor de potência U, V, W. As extremidades dos enrolamentos de fase de motor do motor síncrono M1 são diretamente conectadas com os condutores dos enrolamentos de fase de motor  $W_{U2}$ ,  $W_{V2}$ ,  $W_{W2}$  do segundo motor síncrono M2, de acordo com a conexão em série. De acordo com a figura 3, as extremidades dos enrolamentos de fase do segundo motor síncrono M2 são conectados em uma conexão em estrela, todavia elas podem também ser conectadas em uma conexão em delta. O único conversor de potência 4 é controlado através de um dispositivo de controle 5, o qual é alocado aos dois motores síncronos M1, M2 conjuntamente.

[00029] De acordo com a figura 4, o dispositivo de controle 5 compreende, em uma maneira conhecida, um ponto de comparação de valor de comando de velocidade/valor real 6, um controlador de velocidade 7 posicionado a jusante deste, preferivelmente configurado como um controlador PI, com um limitador 8 em sua saída, e um controlador de corrente 9. As saídas do controlador de corrente 9 para os componentes de corrente em quadratura e de corrente contínua  $usq\_ref$ ,  $usd\_ref$  servem para controlar um modulador de largura de pulso PWM, posicionado a jusante do último, que é usado em uma maneira conhecida para controlar o conversor de potência ou inversor 4.

[00030] Entre o controlador de velocidade 7, o qual supre um valor de comando ou referência  $m\_ref$  para um torque de motor em sua saída, e o controlador de corrente 9, um dispositivo 10 para derivar um valor de

comando de componente de corrente em quadratura  $isq\_ref$ , chamado "controlador de valor de comando de corrente em quadratura" 10 a seguir, e a jusante deste, um comparador de valor de comando de corrente em quadratura/valor real 11 são arrançados. Na forma de concretização de exemplo mostrada na figura 4, o controlador de valor de comando de corrente em quadratura 10 compreende um elemento de multiplicação 12 para ponderar o valor de controle de torque de motor  $m\_ref$ , de chegada com o valor recíproco de um acoplamento de fluxo magnético  $\psi$ , e um limitador de sinal de somar 13 posicionado a jusante daquele. Este limita o componente de valor de comando de corrente em quadratura  $isq\_ref$  que chega a partir do elemento de multiplicação 12 para uma faixa positiva.

[00031] Em adição, entre o controlador de velocidade 7 ou o controlador de torque de motor 7, 8, composto da saída do controlador de velocidade 7 e do limitador 8, e do controlador de corrente 9, um controlador de torque de pré-tração 14 é arrançado, cuja saída é fornecida, por um lado, para um primeiro ponto de soma 15. Sua segunda entrada é conectada com a saída do controlador de torque de motor 7, 8. Por outro lado, a saída do controlador de torque de pré-tração 14 é conectada através de um elemento de reversão de sinal 16 para um controlador de valor de comando de corrente contínua 17, através de cuja saída um componente de valor de comando de corrente contínua  $isd\_ref$  é suprido para um comparador de valor de comando de corrente contínua/valor real 18. O controlador de valor de comando de corrente contínua 17 também tem um elemento de multiplicação 12 para a ponderação recíproca do valor de controle para um torque de pré-tração com o acoplamento de fluxo magnético  $\Psi$  e um limitador de saída negativa 19. O último limita o valor de comando de corrente contínua  $isd\_ref$  provindo a partir do elemento de multiplicação 12 para uma faixa de sinal negativo - em uma função análoga àquela do acima descrito limitador positivo 13.

[00032] Com os dois limitadores de sinais positivos e/ou negativos, é

assegurado, especialmente com respeito à aplicação como um "mecanismo de tração," que cada dos componentes de corrente que formam torque no primeiro motor síncrono M1 e no segundo motor síncrono M2 tenham sinais que são opostos um ao outro, ou os torques dos dois motores M1, M2 trabalham opostos um ao outro para atingir tração. Para esta finalidade, de acordo com uma forma de concretização de exemplo da figura 4, o controlador de torque de tração 14 é arranjado para fornecer um valor de referência constante para o torque de tração `pretension_torque`. O valor de referência de tração constante convenientemente é de aproximadamente 50 % do torque de motor máximo, de modo que uma residual faixa de controle de torque de motor de 50 % pode ser usada para atuação ou controle,

[00033] De acordo com a figura 5, para aumentar a disponível faixa de controle de torque de motor para aproximadamente 100 %, um segundo ponto de soma 20 é arranjado entre o controlador de torque de motor 7, 8 e o controlador de corrente 9, para uma entrada dos quais a saída do controlador de torque de tração 14 com um sinal negativo é suprida. A saída do controlador de torque de motor 7, 8 ou o valor de controle de torque de motor `m_ref` é suprida para a outra entrada, sem reversão de sinal. A saída do segundo ponto de soma 20 é suprida para o controlador de valor de comando de corrente contínua 17 (ver acima). Desta maneira, o valor de comando de torque de motor, o qual é fornecido do controlador de velocidade 7, pode ser usado até sua total extração tanto para o controlador de valor de comando de corrente em quadratura 10 quanto para o controlador de valor de comando de corrente contínua 17. O valor de referência para o `pretension_torque` é aditivamente ou subtrativamente superposto sobre o primeiro ou o segundo ponto de soma 15, 20. Enquanto, na forma de concretização de exemplo de acordo com a figura 4, resulta uma faixa de torque ajustável para uma aceleração de -50% a +50%, na forma de concretização de exemplo de acordo com a figura 5, é atingida uma faixa de torque ajustável para a aceleração de -

100% a +100%. Com a forma de concretização de exemplo de acordo com a figura 5, o controlador de torque de pré-tração 14 é convenientemente configurado para ser ajustável externamente.

[00034] De acordo com a figura 6a-c, o acoplamento de fluxo magnético  $\Psi_{M2}$  do segundo motor síncrono M2 é deslocado eletricamente por aproximadamente com atraso de  $90^\circ$  por causa dos acoplamentos mecânicos de acordo com a figuras 1 e 2, na prévia direção de rotação, em relação ao acoplamento de fluxo magnético  $\Psi_{M1}$  do primeiro motor síncrono M1. Os componentes de corrente de estator, mais precisamente os componentes de corrente em quadratura  $i_{q1}$  e  $i_{q2}$ , e os componentes de corrente contínua  $i_{d1}$  e  $i_{d2}$  do primeiro ou segundo motor síncrono M1 ou M2, respectivamente, são representados em coordenadas de campo para as condições operacionais a - estado de marcha em vazio - b - aceleração para a esquerda com respeito à figura 1 - e c - aceleração para a direita com respeito à figura 1. Assumindo que os dois motores síncronos M1, M2 são magneticamente aproximadamente 100 % simétricos, o torque pode ser calculado como segue para a forma de concretização de exemplo da figura 4 (faixa de torque ajustável: 500/o) para as três condições operacionais a, b, c:

#### **Condição operacional a - estado de marcha em vazio**

[00035] Um estado de marcha em vazio é presente quando os torques dos dois motores síncronos M1, M2 estão em níveis iguais e são dirigidos um em oposição ao outro, ou têm sinais inversos. Para isto, o valor de comando “torque 0” é emitido por meio do controlador de corrente, de acordo com a figura 4. Por conseguinte, em cada caso, somente um valor de controle do mesmo nível para o torque de tração `pretension_torque` é suprido tanto para o controlador de valor de comando de corrente em quadratura 10 quando o controlador de valor de comando de corrente contínua 17, o último com um sinal inverso. Os componentes de corrente em quadratura  $i_{q1}$ ,  $i_{q2}$  que resultam nos estatores dos motores síncronos M1, M2 e são formadores de torque são

iguais em termos de magnitude, todavia eles têm sinais inversos. Como um resultado, torques opostos da mesma magnitude resultam a partir dos respectivos produtos vetoriais  $\Psi_{M1X} i_{q1}$  (para o primeiro motor síncrono M1) e  $\Psi_{M2X} i_{q2}$  (para o segundo motor síncrono M2), resultando no estado de marcha em vazio.

### **Condição operacional b - aceleração para a esquerda com respeito à figura 1**

[00036] Com base em um valor de controle de torque de motor  $m_{ref}$ , o qual é gerado através do controlador de velocidade 7 e saída através do controlador de torque de motor 7, 8, um valor de comando para aumentar o componente de valor de comando de corrente em quadratura é provido para o controlador de valor de comando de corrente em quadratura 10 de acordo com a figura 4, em que no primeiro ponto de soma 15 um valor de controle de torque de motor é adicionado ao valor para o torque de tração  $pretension\_torque$ . O componente de valor de comando de corrente em quadratura  $isq\_ref$ , o qual é aumentado significativamente desta maneira, é interpretado no primeiro motor síncrono M1 como uma corrente em quadratura aumentado  $i_{q1}$  com um correspondente aumento em torque (ver o acima mencionado produto vetorial com  $\Psi_{M1}$ ), enquanto este componente de corrente aumentado atua no segundo motor síncrono M2 somente como componente de formação de fluxo  $i_{d2}$ . Como um resultado, o primeiro motor síncrono M1 aplica um nível mais alto de torque que o segundo para implementar o movimento para a esquerda da linha de tração 1, o qual pode importar em um máximo do dobro do torque do segundo motor síncrono M2.

### **Condição operacional c - aceleração para a direita de acordo com a figura 1**

[00037] Com base no correspondente saída de valor de controle de torque de motor  $m_{ref}$  com um sinal negativo a partir do controlador de torque de motor 7, 8, uma vez quando o valor de comando de torque de tração tendo

um sinal positivo foi adicionado, um abaixamento relativamente significativo do componente de valor de comando de corrente em quadratura resulta no controlador de valor de comando de corrente em quadratura 10, o qual é ilustrado na figura 6c por meio de um vetor correspondentemente reduzido para o componente de corrente em quadratura  $i_{q1}$ . Este componente de corrente atua no segundo motor síncrono M2 como um componente de corrente contínua formando fluxo  $i_{d2}$ , indicado a seguir a este por meio de uma linha tracejada é o vetor de corrente ou fasor, o qual corresponde à pré-tração `pretension_torque` ajustado para uma constante. Isto é refletido, com seu suprimento para o controlador de valor de comando de corrente contínua 17, no constante componente de corrente em quadratura formando torque  $i_{q2}$  do segundo motor síncrono M2 (um correspondente valor de corrente é usado no primeiro motor síncrono M1 somente como formando fluxo). Neste caso, o torque aplicado por meio do primeiro motor síncrono M1 perfaz somente uma fração do torque gerado por meio do segundo motor síncrono M2, o que é atribuível somente à saída fixa do controlador de torque de tração 14.

[00038] De acordo com a figura 7, dentre o primeiro e segundo motores M1, M2, respectivamente, os enrolamentos W2 do segundo motor M2, o qual não é equipado com um codificador ou sensor de posição, são curto-circuitados. Isto é realizado por meio da ativação do interruptor S2 situado entre os dois motores M1, M2. Seus elementos de comutação individuais conectam os terminais de extremidade de ditos enrolamentos W2. Então, somente o motor M1 com o sensor G permanece conectado com o inversor. Uma ideia básica da invenção compreende curto-circuitar um dos dois motores durante a fase de partida, de modo que o outro motor pode ser controlado e operado independentemente do motor curto-circuitado.

[00039] Proposta de partida: O segundo motor M2 é curto-circuitado e atua como um freio. O primeiro motor M1, acoplado com o sensor de posição G e seus enrolamentos de fase W1 agora conectados em uma conexão em

estrela, é controlado como um servo motor normal, e é movido para uma posição definida, até um fluxo de corrente aumentado através do motor possa ser identificado (por exemplo, através de um controlador de corrente). Se a intensidade de corrente aumenta substancialmente, isto significa que um intensificado torque contrário é presente como uma carga, por exemplo, devido ao motor curto-circuitado e em frenagem M2. Também significa que o objeto de tração, por exemplo, a engrenagem ou o cabo de tração 1, foi tracionado. Um arqueamento parcial L1, L2 do cabo de tração 1, indicada na figura 8 por meio de uma linha de traços e pontos, foi eliminada.

[00040] Proposta alternativa de partida: Primeiro, o motor M1 com sensor, tal como um servo motor, é movido para uma definida posição rotacional previamente especificada (primeiro critério de parada). Quer seja ou não o objeto de tração tracionado neste instante é irrelevante. Em uma segunda etapa, o segundo motor M2 é então liberado a partir de seu pequeno circuito, e é movido até um fluxo de corrente aumentado através do primeiro motor M1 poder ser detectado (segundo critério de parada). Isto significa que torques aumentados têm que ser superados, e o objeto de tração foi tracionado.

[00041] De acordo com a figura 7, como para a partida, o segundo motor M2 sem um sensor é curto-circuitado. O primeiro motor M1 é então movido até um fluxo de corrente aumentado poder ser detectado. Este fluxo de corrente aumentado ocorre quando o primeiro motor M1 tem que puxar fortemente, por exemplo, contra o motor M2, o qual está atuando como um freio de curto-circuito. Embora a forma de concretização de exemplo mostrada na figura 1 ilustre o princípio básico da invenção, um número de desvantagens ainda persiste, por exemplo, com respeito aos cabos de tração flexíveis 1, como mostrado na figura 8.

[00042] Sobre o cabo de tração 1 mostrado na figura 8, uma seção central A, a qual não é preferivelmente para ser deslocada ou defasada, é

marcada. As seções de extremidade L1, L2, entre as quais a seção central A está situada, estão pendendo frouxamente multiplamente no início da fase de partida. No primeira etapa de partida, o primeiro motor M1 com um sensor G é movido para uma certa posição (por exemplo, a posição de extremidade prévia quando ele foi desligado) como um servo motor. As seções de extremidade pendendo frouxamente L1, L2 do cabo de tração (indicado por meio de uma linha de traços e pontos na figura 8) não são ainda necessariamente tracionadas.

[00043] Um outro refinamento do método de partida da invenção: com o motor M1, por causa de seu codificador de posição G, a posição terminal ocupada no instante do desligamento prévio pode ser armazenada, em que o motor M1 foi desligado. Na próxima vez em que ele dá partida, é movido primeiro para esta porção de extremidade ou terminal prévia (primeiro critério de parada). Desta maneira, a primeira seção de extremidade inicialmente frouxa L1 pode também ser esticada. A outra seção de extremidade frouxa L2 pode permanecer frouxa; ela é acoplada com o segundo motor M2 (sem sensor).

[00044] Com o mecanismo de tração mostrado na figura 8, é requerido que a seção de cabo central A não seja deslocada para trás e para frente em uma direção longitudinal, e, em vez disto, permaneça tracionada. Estas seção central termina nas duas seções de cabo frouxas L1 e L2. Um refinamento na base da invenção agora consiste no seguinte (ver também a figura 9 com o a texto associado):

[00045] Primeiro, um primeiro conjunto de comutação S1 de acordo com a figura 9 é fechado, com o resultado de que os enrolamentos W2 do segundo motor M2 (sem sensor) são ligados em ponte. Para esta finalidade, cada enrolamento de fase é alocado a um elemento de comutação do primeiro conjunto de comutação S1. Então, somente o primeiro motor M1 com codificador G pode ser controlado. Este é então controlado em uma tal

maneira que o servo motor M1 é movido de volta para um ponto de extremidade previamente tornado vago (primeiro critério de parada). Isto causa com que a uma seção de extremidade frouxa L1 seja tracionada. Devido a certas circunstâncias, a seção central A não é defasada ou deslocada. A segunda seção de extremidade frouxa L2 primeiramente permanece frouxa. Na etapa subsequente, o primeiro conjunto de comutação S1 é aberto e um segundo conjunto de comutação S2 (arranjado entre ditos dois motores M1, M2) ou seus elementos de comutação, respectivamente, são fechados. O servo motor M1 é então curto-circuitado e atua como um freio eletrodinâmico. Isto oferece a vantagem que a uma seção de extremidade L1 permanece apertada ou tracionada. Para o segundo "motor especial" M2, uma detecção de posição em qualquer forma é também viável, se isto é realizado por meio de um sensor extra ou software usando uma técnica de injeção e/ou um modelo de motor (assim chamado "método sem sensor"). "O motor especial M2, também chamado um "escravo", é então movido, na direção apropriada de acordo com uma detecção de posição, até que um fluxo de corrente aumentado possa ser detectado por meio um controlador de corrente na base de um torque de carga elevado (segundo critério de parada). O mecanismo de tração está então totalmente operacional e o procedimento de partida pode mudar para sua operação normal.

[00046] De acordo com a figura 9, o sistema de acionamento compreende um motor de acionamento e um motor de tração, em que um M1 dos dois motores é preferivelmente um motor síncrono padrão com um codificador G. O outro segundo motor M2 é um motor especial, as extremidades de enrolamento do qual são configuradas em uma placa de terminais, e os enrolamentos do qual podem ser curto-circuitados ou ligados em ponte através do primeiro conjunto de comutação (S1). Ainda, está presente ainda um segundo conjunto de comutação (S2), o qual torna possível curto-circuitar todos os pólos da conexão entre os dois motores. Este curto-

circuito é preferivelmente implementado através de elementos de comutação, os quais são integrados no motor especial M2, de modo que na conexão em série destes dois motores (M1 e M2), ou o motor M1 ou o motor M2 pode ser separadamente controlado usando os interruptores de curto-circuito.

### Lista de Símbolos de Referência

[00047]	M1	primeiro motor síncrono
[00048]	M2	segundo motor (especial) sem sensor
[00049]	1	Linha de tração
[00050]	b1, b2	Aceleração
[00051]	$\Psi_{m1}, \Psi_{m2}$	Conexão de fluxo do primeiro ou segundo motor síncrono
[00052]	2	Sensor de posição
[00053]	3	Roda de engrenagem
[00054]	4	Conversor de potência
[00055]	$W_{u1,2}$	Enrolamento de fase de torque de motor
[00056]	$W_{v1,2}$	Enrolamento de fase de torque de motor
[00057]	$W_{w1,2}$	Enrolamento de fase de torque de motor
[00058]	U, V, W	Terminais de fase de conversor de potência
[00059]	5	Dispositivo de controle
[00060]	6	Ponto comparativo de valor de comando de velocidade/ valor real
[00061]	7	Controlador de velocidade
[00062]	8	Limitador
[00063]	9	Controlador de corrente
[00064]	usq_ref	Componente de corrente em quadratura
[00065]	usd_ref	Componente de corrente contínua
[00066]	PWM	Modulador de largura de pulso
[00067]	m_ref	Valor de controle de torque de motor
[00068]	isq_ref	Valor de comando de componente de corrente em

quadratura

[00069] 10 Controlador de valor de comando de corrente em quadratura

[00070] 11 Comparador de valor de comando de corrente em quadratura/valor real

[00071] 12 Elemento multiplicador

[00072]  $\psi$  Conexão de fluxo magnético

[00073] 13 Limitador de sinal de somar

[00074] 7, 8 Controlador de torque de motor

[00075] 14 Torque de tração controlador

[00076] 15 Primeiro ponto de soma

[00077] 16 Elemento de reversão de sinal

[00078] 17 Controlador de valor de comando de corrente contínua

[00079] 18 Comparador de valor de comando de corrente contínua/valor real

[00080]  $i_{sd\_ref}$  Componente de valor de comando de corrente contínua

[00081] 19 Limite negativo

[00082]  $bias\_torque$  Torque de pré-tração

[00083] 20 Segundo ponto de soma

[00084]  $i_{q1}, i_{q2}$  Componentes de corrente em quadratura do primeiro ou segundo motor síncrono M1 ou M2, respectivamente

[00085]  $i_{d1}, i_{d2}$  Componente de corrente contínua

[00086]  $v$  Deslocamento angular

[00087]  $G$  sensor

[00088]  $W1, W2$  enrolamentos de motor

[00089]  $L1, L2$  seções de extremidade de linha de tração 1

$U, V, W$  fases

## REIVINDICAÇÕES

1. Método de controle orientado por campo para um acionamento elétrico compreendendo uma pluralidade de motores elétricos, para implementar um mecanismo de tração, especialmente para meios de cabo de carga e/ou de engrenagem (1, 3), usando medições de uma corrente real de motor polifásico (U, V, W), cujos valores medidos são transformados em um componente de corrente contínua e um componente de corrente em quadratura, com base em um campo de rotor magnético ou ângulo de fluxo, em um sistema de coordenadas d, q, baseado em um fluxo de rotor, e os componentes de corrente em quadratura e de corrente contínua da corrente real são submetidos a uma comparação com predeterminados componentes de corrente em quadratura e de corrente direta (isq\_ref, isd\_ref) de um valor de comando de corrente, caracterizado pelo fato de possuir as seguintes etapas:

a) dois motores síncronos (M1, M2) são usados como motores elétricos

b) as rodas magnéticas ou rotores dos dois motores síncronos (M1, M2) são girados ou orientados um para o outro e são então mecanicamente acoplados em uma tal maneira que entre seus acoplamentos de fluxo magnético ( $\Psi_{m1}$ ,  $\Psi_{m2}$ ) ou outros fluxos magnéticos um deslocamento angular (V) é formado,

c) os dois motores síncronos são, cada, supridos com ou atravessados por meio das mesmas correntes de fase, a partir de um conversor de potência compartilhado,

d) para um torque de pré-tração, um valor de comando ou referência é predeterminado, e é superposto a um valor de controle de torque de motor (m\_ref) fornecido por meio de um controlador (7), a partir do qual um componente de corrente em quadratura (isq\_ref) para o valor de comando de corrente é derivado,

e) um componente de corrente contínua (isd\_ref) para o valor

de comando de corrente é derivado a partir do predeterminado valor de controle de torque de tração ( $m\_ref$ ) com reversão de sinal.

2. Método de controle de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que em uma operação contínua, o valor de controle de torque de pré-tração ( $m\_ref$ ) e/ou deslocamento angular ( $V$ ) são mantidos constantes.

3. Método de controle de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que um componente de corrente é usado no primeiro motor síncrono (M1) como componente de corrente em quadratura formando torque ( $i_{q1}$ ) ou como componente de corrente contínua formando fluxo ( $i_{d1}$ ) e ao mesmo tempo é usado no segundo motor síncrono (M2) como componente de corrente contínua formando fluxo ( $i_{d2}$ ) ou como componente de corrente em quadratura formando torque ( $i_{q2}$ ), respectivamente.

4. Método de controle de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que, em cada caso, com base na magnitude e fase, o componente de corrente em quadratura ( $i_{q1}$ ) no primeiro motor síncrono (M1) corresponde ao componente de corrente contínua ( $i_{d2}$ ) no segundo motor síncrono (M2), e o componente de corrente contínua ( $i_{d1}$ ) no primeiro motor síncrono (M1) corresponde ao componente de corrente em quadratura ( $i_{d2}$ ) no segundo motor síncrono (M2).

5. Método de operação para um acionamento para tracionar um objeto que pode ser flexível ou submetido a jogo, em que pelo menos dois motores elétricos (M1, M2), que podem ser operados como motores polifásicos, são colocados em engate com forças opostas sobre dito objeto, usando um dispositivo de controle e/ou regulagem (WR, G) que controla os motores elétricos, caracterizado pelo fato de que, para dar partida ou arranque quando o acionamento de tração está em um estado de marcha em vazio ou desligado sem corrente, primeiro somente um (M1) dos dois motores elétricos

é atuado para um movimento de tração, até um primeiro critério de parada pré-especificado ser detectado por meio do dispositivo de controle e/ou regulagem (WR, G).

6. Método de operação de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que, depois da detecção de dito primeiro critério de parada, o segundo motor elétrico (M2) é atuado para um movimento de tração, até um segundo critério de parada pré-especificado ser detectado por meio do dispositivo de controle e/ou regulagem (WR, G).

7. Método de operação de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que, durante a atuação do primeiro ou segundo motor elétrico (M1, M2), o respectivo outro motor elétrico é curto-circuitado e/ou de outra maneira desacoplado do dispositivo de controle e/ou regulagem (WR, G).

8. Método de operação de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 7, caracterizado pelo fato de que, para desacoplar um ou ambos dos motores elétricos (M1, M2) do dispositivo de controle e/ou regulagem (WR, G), em um dos motores elétricos (M1) os enrolamentos de fase (W1) nas duas respectivas extremidades são curto-circuitados preferivelmente em uma conexão em estrela ou delta, e no outro motor elétrico (M2) os respectivos enrolamentos de fase são ligados em ponte e/ou conectados conjuntamente em ambas de suas extremidades.

9. Método de operação de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 8, caracterizado pelo fato de que, durante a atuação de um dos motores elétricos (M1, M2), o respectivo outro motor é usado como um freio eletrodinâmico por meio de um curto-circuito (S1, S2) de seus enrolamentos de fase.

10. Método de operação de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 9, caracterizado pelo fato de que um aumento no fluxo de corrente de motor e/ou alcance de uma determinada posição de motor e/ou

um determinado período de sincronização serve como um critério de parada.

11. Arranjo de motor elétrico, especialmente para um mecanismo de tração, compreendendo para meios de cabo de carga e/ou de engrenagem (1, 3), com pelo menos dois motores elétricos, cada dos quais pode ser operado como um motor polifásico, especialmente para implementar o método de controle como definido em qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de compreender as seguintes características marcantes:

a) os dois motores elétricos são incorporados como motores síncronos (M1, M2),

b) os motores síncronos são conectados um com o outro em série através de seus enrolamentos de fase ( $W_{U1, U2}$ ,  $W_{V1, V2}$ ;  $W_{W1, W2}$ ;  $U1, U2$ ;  $V1, V2$ ;  $W1, W2$ ),

c) os motores síncronos (M1, M2) são acoplados com um conversor de potência compartilhado (4) para ativá-los,

d) os motores síncronos (M1, M2) são mecanicamente acoplados um com o outro através de suas rodas magnéticas ou rotores em uma tal maneira que eles são deslocados um do outro em termos de sua posição angular, e/ou seus acoplamentos de fluxo magnético ( $\psi_{m1}$ ,  $\psi_{m2}$ ) ou outros alinhamentos magnéticos formam um ângulo de deslocamento ( $V$ ) um com o outro.

12. Arranjo de motor elétrico de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o deslocamento angular ( $V$ ) das rodas magnéticas ou rotores e/ou seus alinhamentos magnéticos um em relação ao outro perfaz 90 graus, ou está situado entre 0 grau e 180 graus.

13. Arranjo de motor elétrico de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 ou 12, caracterizado pelo fato de que o acoplamento mecânico entre os rotores ou rodas magnéticas é implementado usando meios

de cabo de carga ou de engrenagem (1, 3).

14. Arranjo de motor elétrico de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que os meios de cabo de carga ou de engrenagem (1, 3) compreendem uma linha de tração apertadamente puxada ou rodas de engrenagem que são engrenadas uma com a outra e são tracionadas em seus flancos de dente adjacentes.

15. Arranjo de motor elétrico de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 14, caracterizado pelo fato de que um primeiro dos dois motores síncronos (M1, M2) é conectado diretamente com o conversor de potência (4) através de seus enrolamentos de fase ( $W_{U1}$ ,  $W_{V1}$ ,  $W_{W1}$ ), e o segundo motor síncrono (M2) é suprido com ou recebe corrente de conversor de potência (4) indiretamente através do primeiro motor síncrono (M1).

16. Arranjo de motor elétrico de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 15, caracterizado pelo fato de que no motor síncrono que é arranjado na última posição com respeito ao conversor de potência em uma série de motores síncronos, os enrolamentos de fase ( $W_{U2}$ ,  $W_{V2}$ ,  $W_{W2}$ ) são conectados em uma conexão em estrela ou delta, enquanto no outro motor ou motores síncronos (M1), que não são arranjados na última posição, os condutores e extremidades de seus enrolamentos de fase ( $W_{U1}$ ,  $W_{V1}$ ,  $W_{W1}$ ) são disponíveis para conexão externa com o conversor de potência (4) ou com um motor síncrono adjacente (M2).

17. Arranjo de motor elétrico de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 16, caracterizado pelo fato de que, para implementar um circuito de controle de acionamento, um ou ambos os motores síncronos (M1, M2) são providos com um dispositivo (2) para detecção de posição, cuja saída é suprida para um dispositivo de controle (5) que controla o conversor de potência (4).

18. Arranjo de motor elétrico de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 17, caracterizado pelo fato de que um dispositivo de

controle compartilhado (5), que compreende um controlador de posição e/ou velocidade (7), é alocado aos motores síncronos (M1, M2), e é acoplado com o conversor de potência (4,WR) para seu controle.

19. Arranjo de motor elétrico de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 18, especialmente para um mecanismo de tração com para meios de cabo de carga e/ou de engrenagem, com pelo menos dois motores elétricos que podem ser operados como motores polifásicos, que são acoplados com um dispositivo de controle e/ou regulagem compartilhado (WR, G), especialmente para implementar o método de operação como definido em qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que os enrolamentos de fase de um ou ambos os motores elétricos (M1, M2) são equipados com elementos de comutação (S1, S2), que são arranjados para desacoplar um ou ambos os motores elétricos (M1, M2) do dispositivo de controle e/ou regulagem (WR, G).

20. Arranjo de motor elétrico de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que os meios de comutação (S1, S2) são incorporados inteiramente ou parcialmente como interruptores (S2) que ligam em ponte os enrolamentos de motor (W2) em suas extremidades, ou como interruptores (S2) que conectam diferentes fases (U2, V2, W2).

21. Arranjo de motor elétrico de acordo com qualquer uma das reivindicações 19 ou 20, caracterizado pelo fato de que os meios de comutação (S1, S2) são configurados para serem operáveis através do dispositivo de controle e/ou regulagem (WR, G).

22. Controlador de posição e/ou velocidade para o controle orientado por campo de um acionamento elétrico, especialmente um arranjo de motor elétrico como definido em qualquer uma das reivindicações precedentes, com pelo menos um dispositivo (7, 8) para calcular e fornecer um valor de comando de torque de motor (mit\_ref) (chamado “controlador de torque de motor” a seguir), a partir da saída ou saídas do qual, com base em

um sistema de coordenadas  $d, q$ , baseado em fluxo de rotor, um componente de valor de comando de corrente em quadratura ( $isq\_ref$ ) para um controlador de corrente em quadratura posicionado a jusante é derivado e fornecido, caracterizado pelo fato de compreender um dispositivo (14) para gerar um valor de controle de torque de pré-tração (chamado "controlador de torque de pré-tração" a seguir), cuja saída ou saídas dos quais são ligadas em um lado com a saída do controlador de torque de motor (7, 8) e no outro lado são supridas para um dispositivo (17) para derivar um componente de valor de comando de corrente contínua ( $isd\_ref$ ) (chamado "controlador de valor de comando de corrente contínua" a seguir) para um controlador de corrente contínua posicionado a jusante.

23. Controlador de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que as saídas do controlador de torque de motor (7, 8) e o controlador de torque de pré-tração (14) são aditivamente ligados um com o outro, especialmente através de um ponto de soma (15).

24. Controlador de acordo com qualquer uma das reivindicações 22 ou 23, caracterizado pelo fato de que a saída de controlador de torque de pré-tração é conectada com o controlador de valor de comando de corrente contínua (IILV) para a finalidade de derivar o valor de comando de corrente contínua ( $isd\_ref$ ) através de um elemento de reversão de sinal (-1).

25. Controlador de acordo com qualquer uma das reivindicações 22 a 24, caracterizado pelo fato de que, em adição à saída de controlador de torque de pré-tração, a saída do controlador de torque de motor (7, 8) é acoplada com a entrada do controlador de valor de comando de corrente contínua ( $I/\Psi$ ).

26. Controlador de acordo com qualquer uma das reivindicações 22 a 25, caracterizado pelo fato de que um ponto de soma (20) é arranjado na entrada do controlador de valor de comando de corrente

contínua (17), através do qual o valor de saída do controlador de torque de pré-tração (14) é subtraído do valor de saída do controlador de torque de motor (7, 8), e o resultado da subtração é fornecido para a entrada do controlador de valor de comando de corrente contínua (17; 12,  $1/\Psi$ , 19).

27. Controlador de acordo com qualquer uma das reivindicações 22 a 26, caracterizado pelo fato de que o controlador de torque de pré-tração (14) tem uma entrada preferivelmente operável externamente para ajustar o torque de pré-tração.

28. Controlador de acordo com qualquer uma das reivindicações 22 a 27, caracterizado pelo fato de que a saída do controlador de torque de pré-tração (14) é suprida para um ponto de soma (20), com inversão de sinal (16), cuja segunda entrada é conectada com a saída do controlador de torque de motor (7, 8), e as saídas de ponto de soma são conectadas com a entrada do controlador de valor de comando de corrente contínua (17; 12,  $1/\Psi$ , 19) para derivar o valor de comando de corrente contínua (isd\_ref).

29. Controlador de acordo com qualquer uma das reivindicações 22 a 28, caracterizado pelo fato de que cada das saídas de valor de comando de corrente em quadratura e corrente contínua (isq\_ref, isd\_ref) é equipada com um elemento limitador (13, 19), que é configurado para restringir as saídas para faixas tendo sinais que são opostos uns aos outros.

30. Controlador de acordo com qualquer uma das reivindicações 22 a 29, caracterizado pelo fato de que o controlador de torque de pré-tração (14) é ajustado e/ou configurado para fornecer um valor de controle, que corresponde a 50 por cento ou aproximadamente 50 por cento do torque de motor máximo possível, para a respectiva entrada dos dispositivos (10, 19,  $1/\Psi$ ) para a finalidade de derivar um valor de comando de corrente em quadratura e/ou de corrente contínua (isq\_ref, isd\_ref).

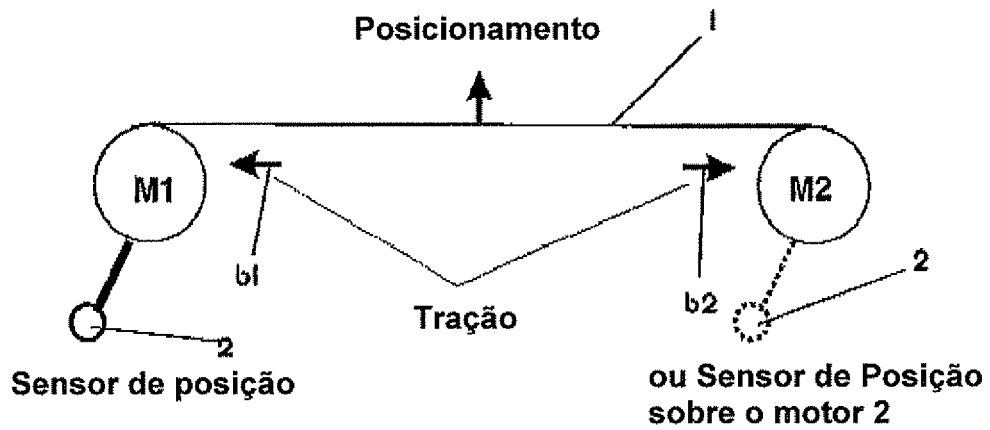


Fig. 1

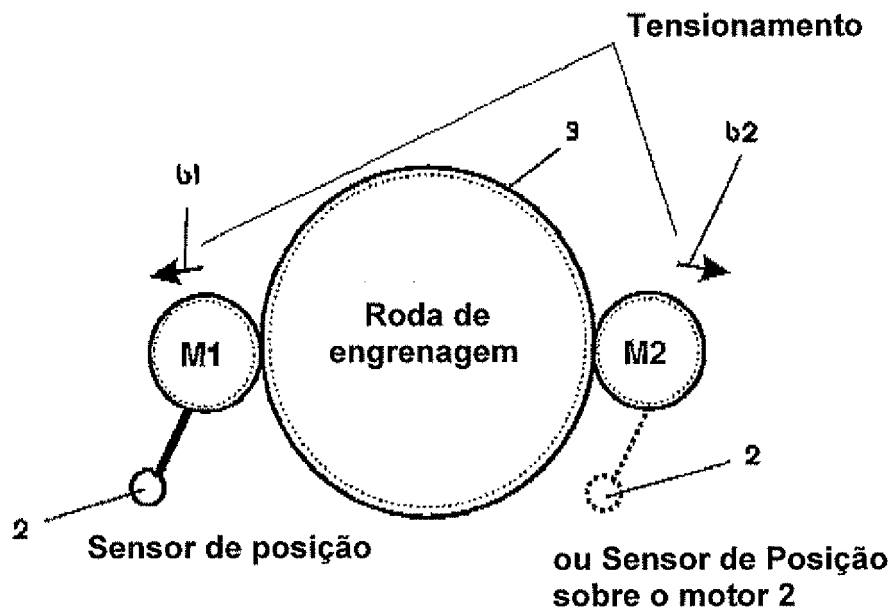


Fig. 2

## Acionamento de Tração

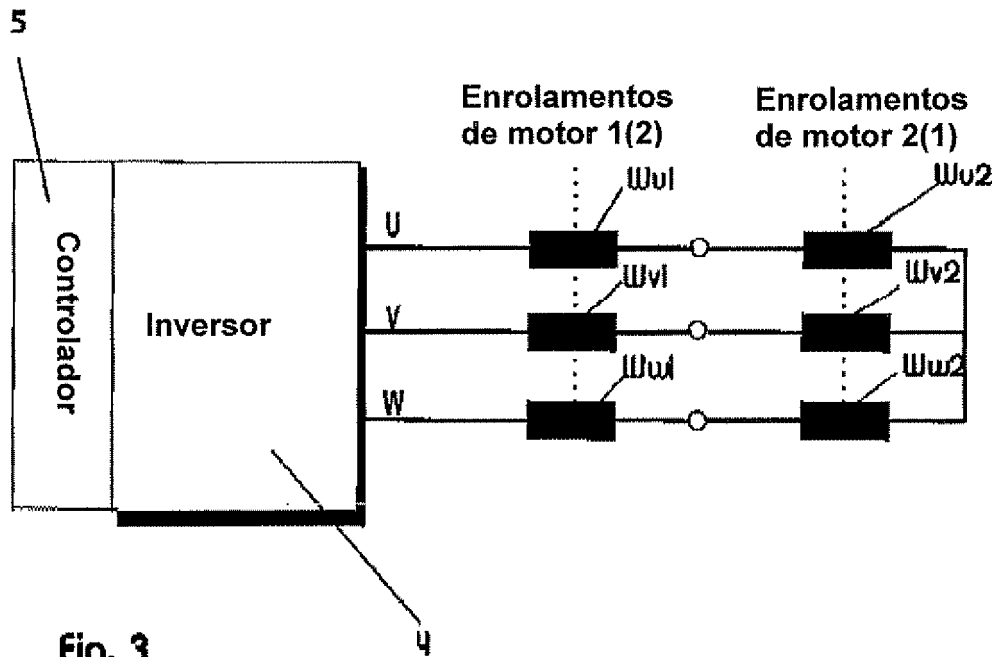


Fig. 3

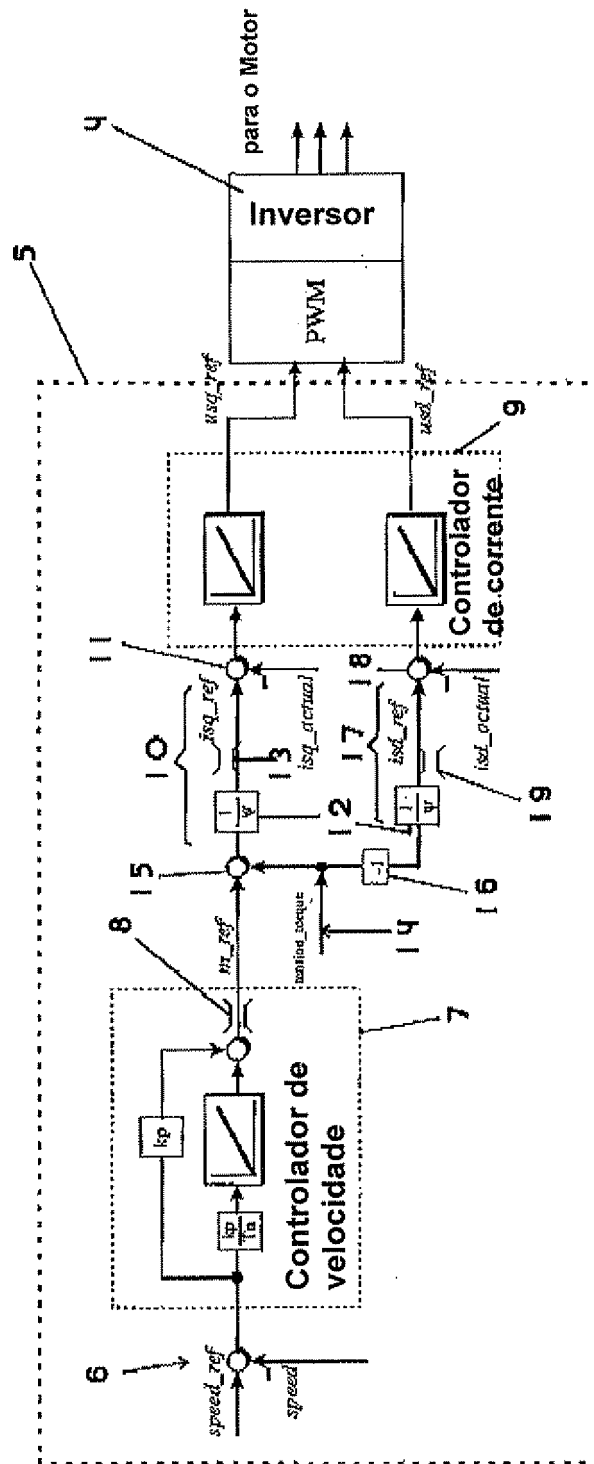


Fig. 4

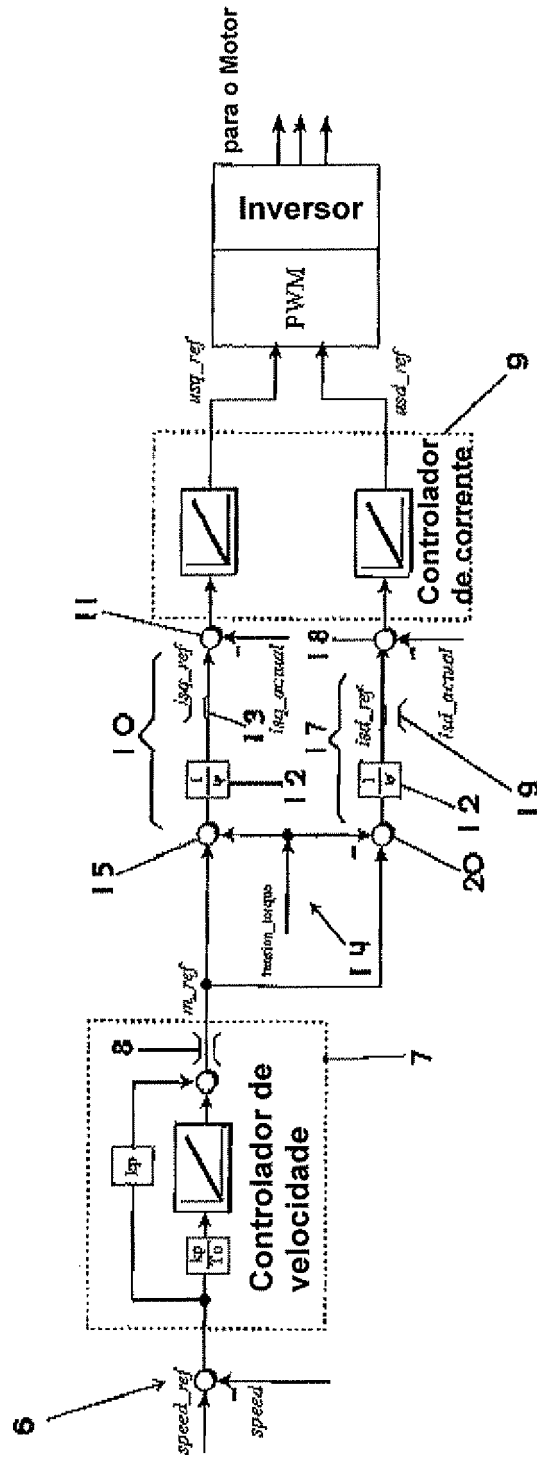


Fig. 5

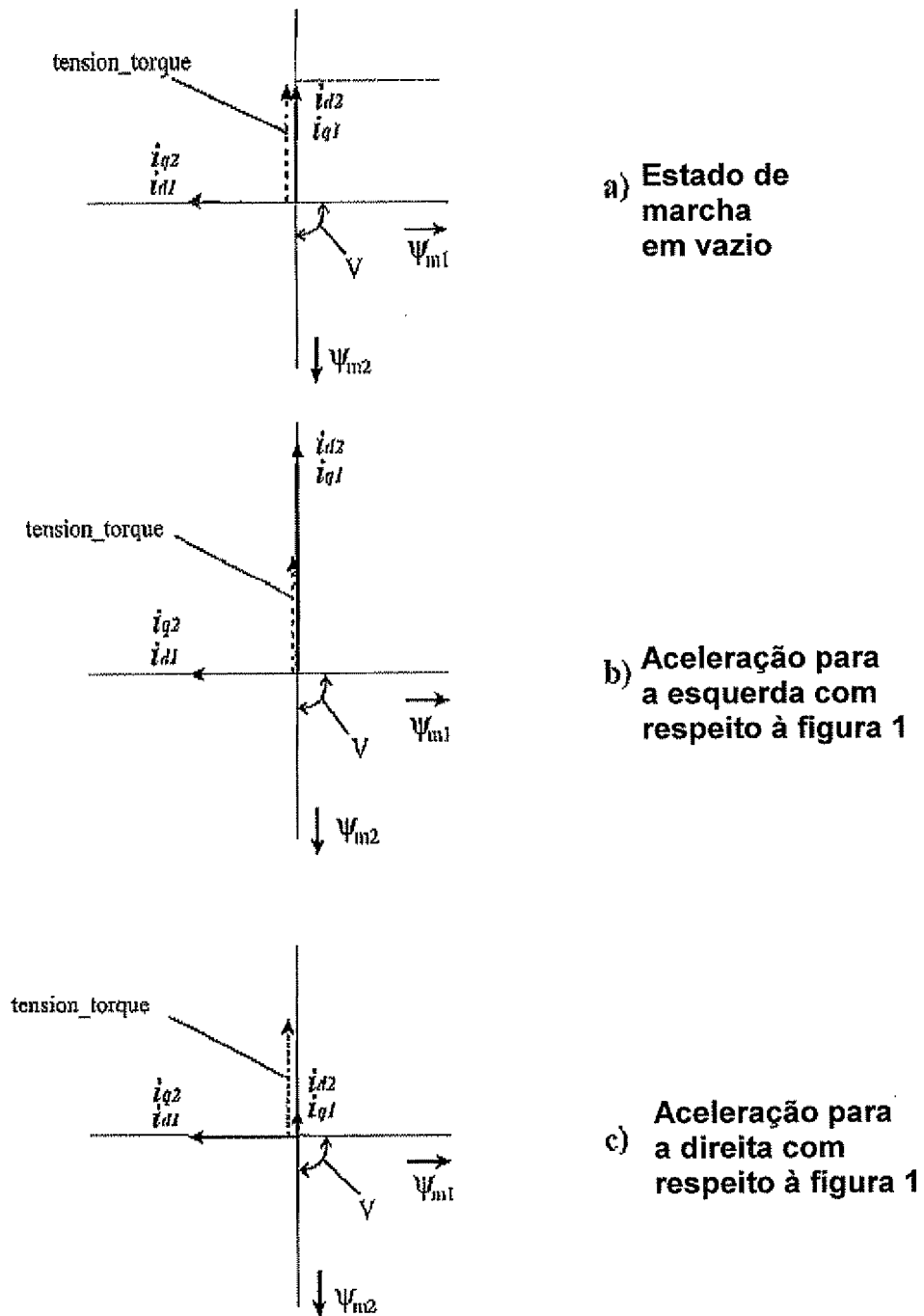
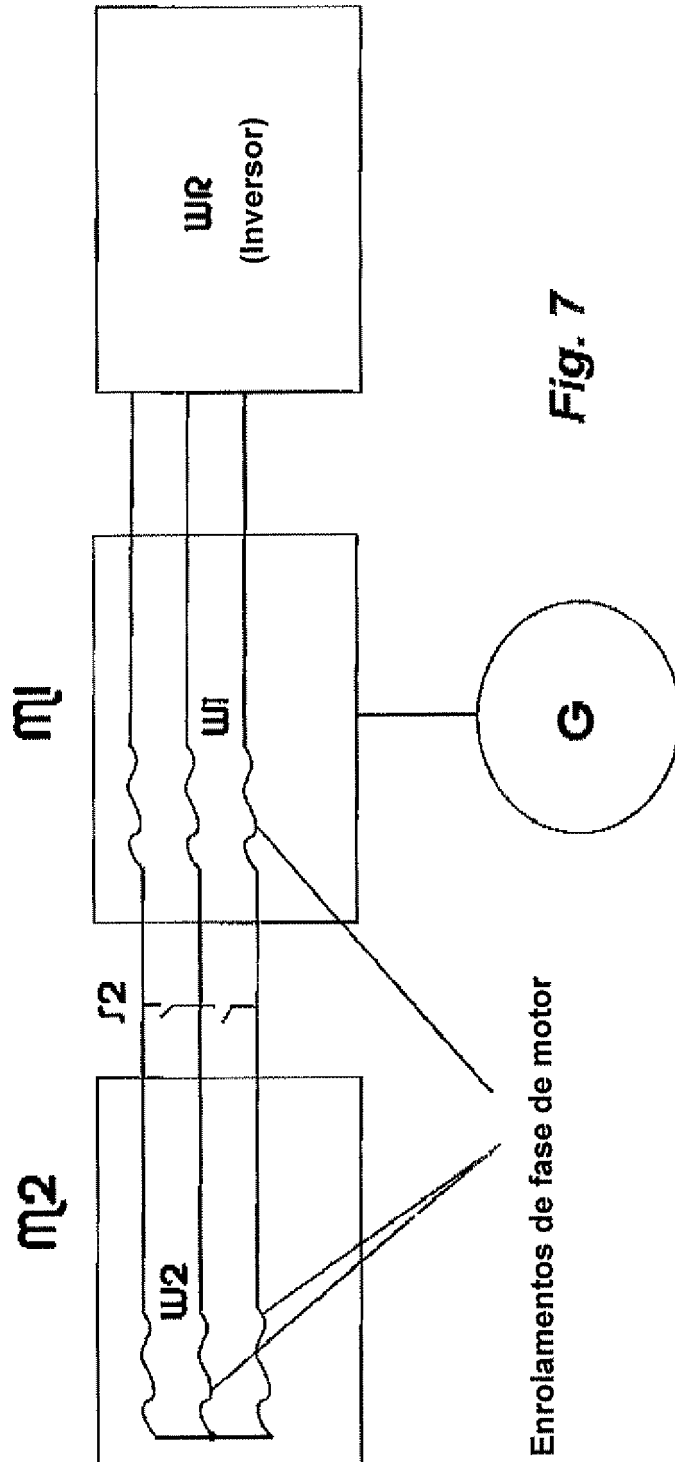


Fig. 6



### Processo de arranque para Acionamento de tensão

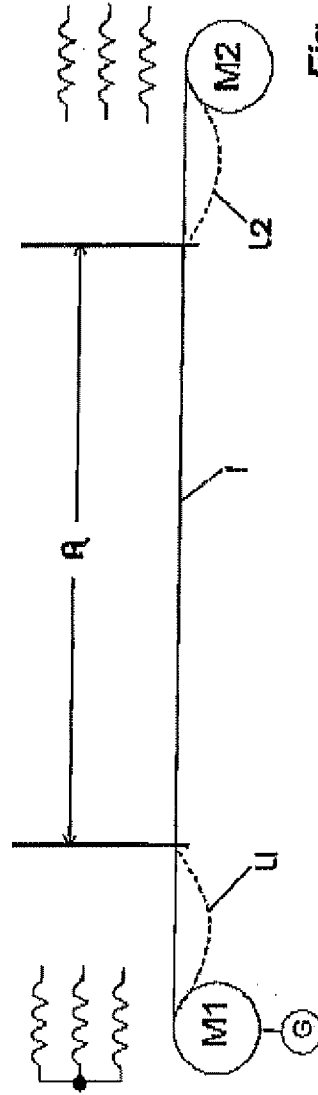


Fig. 8

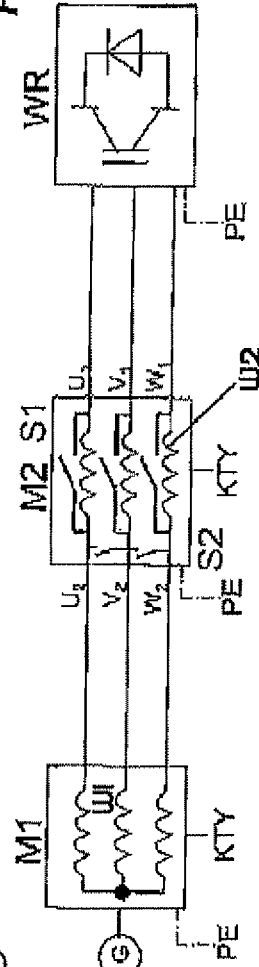


Fig. 9

- 1.) S1 fechado, S2 aberto, portanto somente M1 é controlável
- 2.) Mover M1 90 graus para a posição antiga (posição antes de desligar corrente)
- 3.) S1 aberto, S2 fechado, portanto somente M2 é controlável e M1 está em operação de curto-circuito.
- 4.) M2 (operação sem sensor) puxa, até que M1 (com sensor) se mova um pouco.
- 5.) KTY: Sensor de temperatura.