



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

(11) PI 0907940-8 B1



(22) Data do Depósito: 23/02/2009

(45) Data de Concessão: 16/07/2019

(54) Título: MÉTODO PARA FREAR UM MOTOR E SISTEMA PARA REALIZAR O MÉTODO

(51) Int.Cl.: H02P 3/22; H02P 21/14.

(30) Prioridade Unionista: 20/02/2009 US 12/389,935; 21/02/2008 US 61/030,342.

(73) Titular(es): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT.

(72) Inventor(es): RICHARD H. OSMAN; MUKUL RASTOGI.

(57) Resumo: MÉTODO PARA FREAR UM MOTOR E SISTEMA PARA REALIZAR O MÉTODO A presente invenção refere-se a um sistema para frear um motor (210). O sistema inclui pelo menos um resistor (230) e um contator (240) conectado ao pelo menos um resistor (230) e a um motor (210). O sistema inclui adicionalmente um acionamento de frequência variável (220) conectado eletricamente ao motor (210), em que o acionamento de frequência variável (220) compreende um controlador (250) conectado operacionalmente ao contator (240), em que pelo menos uma parte do contator (240) fecha conectando o pelo menos um resistor (230) ao motor (210) em resposta a um comando do controlador (250). O acionamento de frequência variável (220) é configurado de tal maneira que níveis de fluxo de motor (360) podem ser mantidos em um nível relativamente alto à medida que corrente de torque de motor é reduzida, resultando em um nível de fluxo de motor (360) consistentemente alto à medida que a velocidade de motor (365) diminui.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA FREAR UM MOTOR E SISTEMA PARA REALIZAR O MÉTODO**".

Referência Cruzada a Pedidos Relacionados

[001] Este pedido reivindica o benefício de prioridade do Pedido de Patente Provisório Estados Unidos Nº 61/030.331, depositado em 21 de fevereiro de 2008, e do Pedido de Patente Provisório Estados Unidos Nº 61/030.342 depositado em 21 de fevereiro de 2008.

Antecedentes

[002] A presente invenção refere-se a um método e sistema para frear um motor AC. Mais especificamente, este pedido diz respeito a frenagem de um motor AC com um acionamento de frequência variável.

[003] Acionamentos de frequência variável são dispositivos tipicamente usados para controlar a velocidade rotacional de um motor de corrente alternada (AC) ao controlar a frequência da energia elétrica entregue ao motor. Por exemplo, acionamentos de frequência variável, e circuitos de controle de acompanhamento, são descritos detalhadamente na Patente U.S. Nº 7.327.111 para Rastogi e outros, cuja descrição está inteiramente incorporada a este documento pela referência. O documento US20040160208 (A1) divulga um aparelho de controle de motor que fornece energia CA a um motor que possui uma pluralidade de enrolamentos de motor, possuindo uma parte de inversão incluindo um circuito de ponte que possui uma pluralidade de unidades de comutação.

[004] A figura 1 ilustra um acionamento de frequência variável exemplar 100 para fornecer energia elétrica para o motor 130. O acionamento de frequência variável 100 inclui um circuito de controle 110 e um circuito de potência 115. O circuito de controle 110 recebe os comandos de entrada que chegam 105. Os comandos de entrada 105

podem ser uma solicitação para aumentar ou diminuir a velocidade do motor 130, o que exige do acionamento de frequência variável 100 ajustar a saída de energia elétrica por meio do circuito de potência 115 e entregue para o motor 130. O circuito de controle 110 monitora a realimentação de corrente 120 e a realimentação de tensão 125 da energia elétrica produzida para determinar se quaisquer mudanças devem ser feitas na saída para ajustar ou manter condições no motor 130. Para aplicações de motor síncrono, o acionamento de frequência variável também pode incluir um fornecimento de campo. O circuito de controle controla a operação do circuito de potência e, para aplicações de motor síncrono, também capacita/incapacita o fornecimento de campo associado. O circuito de potência pode incluir um retificador e um inversor, e fornece energia para os enrolamentos do motor 130 conectado ao acionamento de frequência variável 100. Para aplicações de motor síncrono, o fornecimento de campo fornece energia para um excitador para um circuito de campo de motor.

[005] O circuito de controle 110 inclui tipicamente um regulador de velocidade, um regulador de fluxo, um regulador de corrente de magnetização, um regulador de corrente de torque, um transformador trifásico DQ, um modulador por largura de pulso e um modelo de motor. O regulador de velocidade fornece uma referência de corrente de torque, e o regulador de fluxo fornece uma referência de corrente de magnetização. O circuito de controle compara a referência de corrente de magnetização com uma corrente de magnetização medida, e o regulador de corrente de magnetização determina uma referência de tensão de eixo Q. O circuito de controle também compara a referência de corrente de torque com uma corrente de torque medida, e o regulador de corrente de torque determina uma referência de tensão de eixo D. Sinais de pré-alimentação adicionais podem ser acrescentados à referência de tensão de eixo D e à referência de tensão de eixo Q para

fornecer uma maior resposta dinâmica. O transformador trifásico DQ transforma a referência de tensão de eixo Q e a referência de tensão de eixo D a partir de informação de duas fases em valores trifásicos. O modulador por largura de pulso converte os valores trifásicos em comandos de comutação que são enviados para o circuito de potência. O modelo de motor de uma maneira geral utiliza sinais de tensão e/ou corrente medidos para determinar parâmetros de motor tais como a velocidade de motor, o fluxo de motor, o ângulo de fluxo de motor, etc. Para aplicações onde baixo custo é uma exigência de negócio, o modelo de motor pode utilizar somente a corrente de saída de acionamento de frequência variável ou a corrente de motor para determinar parâmetros de motor. O modelo de motor também converte correntes medidas em um componente de corrente de magnetização e em um componente de corrente de torque para uso no regulador de corrente de magnetização e no regulador de corrente de torque, respectivamente. O eixo D é alinhado com o fluxo de estator.

[006] Muitas das funções executadas pelo circuito de controle 110 são implementadas em software. O software é gravado de tal maneira que cálculos são feitos em duas ou mais taxas diferentes a fim de economizar tempo de execução de processador. Em geral, o modulador por largura de pulso opera na maior taxa e é usualmente implementado em hardware. O regulador de corrente de magnetização, o regulador de corrente de torque e os blocos de transformadores trifásicos DQ tipicamente são executados em uma taxa de dados de 1-10 quilohertz, de maneira que uma resposta rápida do controle é alcançada ao limitar a corrente de saída do acionamento de frequência variável no caso de mudanças repentinas na carga ou no circuito de saída. O regulador de velocidade e o regulador de fluxo tipicamente operam em uma taxa mais baixa de 100-1.000 hertz porque tanto velocidade de motor quanto fluxo de motor mudam em uma taxa muito mais baixa

que a corrente de magnetização e a corrente de torque. O modelo de motor também usualmente é computado nesta taxa. Comunicações do circuito de controle para o mundo externo, as quais incluem comunicações para um dispositivo externo (do cliente), tipicamente são em uma taxa de 1-10 hertz.

[007] Em aplicações onde frenagem infrequente, mas rápida, do motor é exigida, um acionamento de quatro quadrantes conectado ao motor pode ser utilizado para realizar a frenagem. Entretanto, o custo relativamente alto associado com um acionamento de quatro quadrantes torna esta abordagem impraticável para algumas de tais aplicações.

Sumário

[008] Antes de os presentes métodos serem descritos, é para ser entendido que esta invenção não está limitada aos sistemas, metodologias ou protocolos particulares descritos, já que estes podem variar. Também é para ser entendido que a terminologia usada neste documento é somente para o propósito de descrever modalidades particulares, e não é pretendida para limitar o escopo da presente descrição que será limitado somente pelas concretizações anexas.

[009] Deve ser notado que, tal como usado neste documento e nas concretizações anexas, as formas singulares "um", "uma" e "o" incluem várias referências a não ser que o contexto dite claramente de outro modo. Assim, por exemplo, referência a um "motor" é uma referência a um ou mais motores e equivalências dos mesmos conhecidas para os versados na técnica, e assim por diante. A não ser que definido de outro modo, todos os termos técnicos e científicos usados neste documento têm os mesmos significados tal como comumente entendido por uma pessoa versada na técnica. Tal como usado neste documento, o termo "compreendendo" significa "incluindo, mas não se limitando a".

[0010] Em um aspecto geral, as modalidades descrevem um sistema para frear um motor. De acordo com várias modalidades, o sistema inclui pelo menos um resistor e um contator conectado ao pelo menos um resistor e a um motor. O sistema inclui adicionalmente um acionamento de frequência variável conectado eletricamente ao motor, em que o acionamento de frequência variável compreende um controlador conectado operacionalmente ao contator, em que pelo menos uma parte do contator fecha conectando o pelo menos um resistor ao motor em resposta a um comando do controlador.

[0011] Em um outro aspecto geral, as modalidades descrevem um método para frear um motor. De acordo com várias modalidades, o método inclui a etapa de detectar, por meio de um acionamento de frequência variável, uma redução em demanda de velocidade, em que a redução inicia desaceleração de um motor. O método também pode incluir as etapas de emitir um comando por meio do acionamento de frequência variável para fechar pelo menos um contator, em que o contator fechado conecta um banco de resistores ao motor, e absorver, por meio do banco de resistores, corrente de desaceleração gerada pelo motor.

[0012] Em um outro aspecto geral, as modalidades descrevem um sistema para frear um motor. De acordo com várias modalidades, o sistema inclui um banco de resistores tendo uma pluralidade de fases, um contator conectado ao banco de resistores e a um motor, o contator tendo uma pluralidade de fases, em que cada fase do contator é conectada a uma fase do banco de resistores. O sistema inclui adicionalmente um acionamento de frequência variável conectado eletricamente ao motor, em que o acionamento de frequência variável compreende um controlador conectado operacionalmente ao contator, em que pelo menos uma parte do contator fecha conectando o pelo menos um resistor ao motor em resposta a um comando do controlador.

Descrição dos Desenhos

[0013] Várias modalidades da invenção são descritas neste documento a título de exemplo em conjunto com as figuras seguintes.

[0014] A figura 1 ilustra um acionamento de frequência variável exemplar.

[0015] A figura 2 ilustra várias modalidades de um sistema para frear um motor AC.

[0016] A figura 3 ilustra várias modalidades do acionamento de frequência variável da figura 1.

[0017] A figura 4 ilustra várias modalidades de um método para frear um motor AC.

[0018] A figura 5 ilustra formas de onda exemplares geradas durante a desaceleração de um motor AC.

[0019] A figura 6 ilustra um gráfico de corrente de resistor através de uma das fases durante a desaceleração correspondendo à figura 5.

Descrição Detalhada

[0020] A figura 2 ilustra várias modalidades de um sistema 200 para frear um motor AC 210. O sistema 200 inclui um acionamento de frequência variável 220, um banco de resistores 230 e um contator trifásico 240 conectado ao acionamento de frequência variável 220. Tal como discutido anteriormente, o acionamento de frequência variável 220 pode ser configurado para controlar a rotação do motor AC 210 ao controlar a frequência da energia elétrica fornecida para o motor AC. O acionamento de frequência variável 220 pode incluir um controlador 250 conectado ao contator 240. Qualquer acionamento AC trifásico que seja equipado com um algoritmo de controle de motor tal como é discutido neste documento pode ser usado como o acionamento de frequência variável 220. O acionamento de frequência variável 220 pode aumentar fluxo de motor em baixas velocidades para aumentar a energia dissipada no banco de resistores 230, permitindo assim desa-

celeração mais rápida. Em várias modalidades, um contator trifásico 240 pode ser usado para conectar o banco de resistores 220 ao motor AC 210 quando frenagem é exigida. Controle do contator 240 pode ser estabelecido por meio do acionamento de frequência variável 220.

[0021] A figura 3 ilustra várias modalidades do acionamento de frequência variável 220 da figura 2. O acionamento de frequência variável 220 pode compreender um regulador de velocidade 300, um regulador de fluxo 305, um regulador de corrente de magnetização 310, um regulador de corrente de torque 315, um transformador trifásico DQ 320, um modulador por largura de pulso 325 e um modelo de motor 330. Cada componente será descrito com mais detalhes a seguir.

[0022] Tal como ilustrado, o acionamento de frequência variável 220 pode receber a demanda de fluxo 340 e a demanda de velocidade 345 como entradas. Em várias modalidades, o regulador de fluxo 305 compensa a diferença entre a referência de fluxo e a realimentação de fluxo. A demanda de fluxo 340 e o fluxo de motor real 360 tal como fornecido pelo modelo de motor 330 podem ser comparados pelo regulador de fluxo 305. A saída do regulador de fluxo 305, tal como determinada com base na comparação da demanda de fluxo 340 com o fluxo de motor real 360, pode ser a referência de corrente de magnetização de motor 350.

[0023] Em várias modalidades, o regulador de velocidade 300 pode comparar a demanda de velocidade 345 com a velocidade de motor 365 tal como fornecida pelo modelo de motor 330 e fornece a referência de corrente de torque de motor 355 como uma saída. Em certas modalidades, onde a demanda de velocidade 345 é menor que a velocidade de motor real 365, indicando assim um desejo para frear o motor AC 210, o regulador de velocidade 300 pode produzir uma referência de corrente de torque 355, indicando assim que os comandos de tensão sendo transmitidos para o motor podem ser reduzidos a fim de

facilitar frenagem do motor.

[0024] Em várias modalidades, o modelo de motor 330 usa a realimentação de tensão 395 e a realimentação de corrente 397 provenientes da saída do acionamento de frequência variável 220 para estimar o fluxo de motor 360, a velocidade de motor 365 e o ângulo de fluxo de motor 370. Além do mais, o modelo de motor 330 também pode determinar a corrente de magnetização 375 e a corrente de torque 380. O modelo de motor 330 pode ser um processador tendo uma memória com um conjunto de instruções armazenado. Com base na realimentação de tensão 395 e na realimentação de corrente 397 recebidas, o modelo de motor pode processar a informação de realimentação de acordo com as instruções armazenadas para criar valores estimados para vários aspectos do motor AC 210, especificamente neste exemplo, o fluxo de motor 360, a velocidade de motor 365, o ângulo de fluxo de motor 370, a corrente de magnetização 375 e a corrente de torque 380.

[0025] O regulador de corrente de magnetização 310 pode comparar a referência de corrente de magnetização 350 com a corrente de magnetização 375 tal como fornecida pelo modelo de motor 330 para produzir uma referência de tensão de eixo D 390. De forma similar, o regulador de corrente de torque 315 pode comparar a referência de corrente de torque 355 com a corrente de torque 380 tal como produzida pelo modelo de motor 330 para produzir uma referência de tensão de eixo Q 385. Tanto a referência de tensão de eixo D 390 quanto a referência de tensão de eixo Q 385 podem ser transformadas em um sinal de tensão monofásica no transformador trifásico DQ 320. O transformador trifásico DQ 320 pode ser um algoritmo matemático implementado em software, programado para operar sobre o fluxo de motor 370, sobre a corrente de magnetização 375 e a corrente de torque 380, decompor os sinais de corrente em componentes paralelos

ao fluxo de motor (eixo D) e em quadratura ao fluxo de motor (eixo Q). O transformador trifásico DQ 320 adicionalmente pode transformar o sinal de tensão monofásica em uma tensão trifásica única com base no ângulo de fluxo de motor 370. O sinal de tensão trifásica pode ser usado como uma referência para o modulador por largura de pulso 325 para gerar um comando de tensão de modulador por largura de pulso para controlar os dispositivos semicondutores no circuito de potência 335.

[0026] Deve ser notado que os componentes do acionamento de frequência variável 220 podem ser implementados em um único processador conectado operacionalmente a uma memória para armazenar várias instruções relacionadas com um método para frear um motor. Especificamente, o acionamento de frequência variável pode receber a demanda de fluxo 340 e a demanda de velocidade 345 como entradas, processar a informação tal como discutido anteriormente para produzir o sinal de tensão trifásica e, com base no valor deste sinal, carregar instruções apropriadas da memória para alterar a operação do motor AC 210.

[0027] A figura 4 ilustra várias modalidades de um método 400 para frear um motor AC. O sistema 200 tal como discutido anteriormente na figura 1 e o acionamento de frequência variável 220 tal como discutido detalhadamente na figura 2 podem ser utilizados para implementar o método 400. O fluxo de processo do método 400 começa quando, em resposta a uma entrada de usuário, a demanda de velocidade 345 pode ser reduzida em 405 para iniciar uma solicitação de redução de velocidade para o motor AC 210. Mediante a redução em 405 da demanda de velocidade 345, o acionamento de frequência variável 220 pode detectar em 410 a mudança em demanda de velocidade como resultado da comparação da velocidade de motor 365 e demanda de velocidade feita pelo regulador de velocidade 300. Esta comparação

pode resultar em uma referência de corrente de torque negativa 355, indicando que instruções apropriadas devem ser produzidas ou carregadas da memória para iniciar frenagem do motor AC 210. Com base na magnitude da diferença na demanda de velocidade 345 e a velocidade de motor 365, um comando (por exemplo, a saída do modulador de modulação por largura de pulso 325) pode ser produzido para ser enviado do acionamento de frequência variável 220 para o contator 240.

[0028] Após detectar a redução em 410 na demanda de velocidade 345 e produzir um comando, o acionamento de frequência variável 220 emite em 415 o comando para o contator trifásico 240 para conectar o banco de resistores 230 ao motor AC 210. Deve ser notado que um banco de resistores 230 aproximadamente equilibrado pode ser usado para limitar quaisquer limitações em fases através de torque de motor. Em algumas aplicações onde um alto nível de potenciais flutuações de torque de motor pode ser aceitável durante frenagem, duas fases do contator trifásico 240 podem ser fechadas, conectando assim somente uma parte do banco de resistores 230 ao motor AC 210.

[0029] À medida que o contator trifásico 240 conecta o banco de resistores 230 ao motor AC 210, o acionamento de frequência variável 220 também pode começar a diminuir a corrente de torque 380 para o seu limite de regeneração inverso. Deve ser notado que após a corrente de torque 380 ser reduzida, e a velocidade de motor 365 começar a cair, o acionamento de frequência variável 220 pode manter o fluxo de motor 360 em um valor maior até o torque de motor alcançar aproximadamente zero. Em várias modalidades, outros acionamentos de dois quadrantes podem ser usados desde que o controlador forneça rápida regulação da corrente de excitação e mantenha o fluxo de motor durante o processo de desaceleração.

[0030] Após emitir em 415 o comando para o contator 240 conec-

tar o banco de resistores 230 ao motor AC 210, os resistores agora conectados operacionalmente ao motor AC absorvem em 420 qualquer corrente gerada pelo motor AC resultando na desaceleração do motor AC. Embora o acionamento de frequência variável 220 possa operar em um pequeno valor de corrente regenerativa, os resistores 230 podem ser capazes de absorver uma quantidade significativa de corrente de torque inversa e permitir ao motor AC 210 desacelerar rapidamente. Como o acionamento de frequência variável 220 pode manter o fluxo de motor 360 durante o processo de desaceleração, a tensão de motor pode diminuir linearmente com velocidade.

[0031] A figura 5 ilustra formas de onda exemplares geradas durante a desaceleração de um motor AC, ilustrando especificamente o fluxo de motor 360, a velocidade de motor 365, a corrente de magnetização 375 e a corrente de torque 380 tal como discutido anteriormente na figura 3. Para esta implementação, o motor AC foi um motor de indução de 4.160 V, 600 hp, e a desaceleração foi realizada usando um acionamento de frequência variável de dois quadrantes e um banco de resistores trifásicos. O banco de resistores foi dimensionado para operar com uma corrente de 90% em uma tensão de motor nominal (por exemplo, 67 amperes), e desaceleração da velocidade total para zero foi completada em menos que nove segundos. O acionamento de frequência variável foi capaz de manter operação estável (tal como indicado por um valor estável para o fluxo de motor 360) durante desaceleração apesar da mudança na impedância causada pela conexão dos resistores assim como a mudança na corrente de torque 380. O acionamento de frequência variável também foi capaz de limitar adequadamente a corrente de saída sem causar quaisquer disparos de sobretensão nas células, tal como indicado pelos valores relativamente estáveis para a corrente de magnetização 375 e a corrente de torque 380 enquanto o fluxo de motor 365 e a velocidade de motor 370 estão di-

minuindo rapidamente, o que indica que o acionamento de frequência variável não absorveu mais energia do que a sua capacidade normal, e que a energia de frenagem adicional do motor foi dissipada nos resistores.

[0032] A figura 6 ilustra um gráfico de corrente de resistor através de uma das fases durante a desaceleração correspondendo à figura 5. De acordo com várias modalidades, à medida que o motor diminui a velocidade, a tensão através de seus terminais também pode diminuir, diminuindo assim a corrente através dos resistores e reduzindo torque de frenagem. Como o acionamento de frequência variável é conectado ao motor durante o processo de desaceleração, o acionamento de frequência variável pode ser controlado para aplicar tensão extra ao motor à medida que a sua velocidade diminui. Por exemplo, um motor típico pode tolerar 10% a mais de tensão em uma velocidade nominal. Se 10% a mais de tensão forem aplicados em todas as velocidades abaixo do valor nominal, então o motor pode fornecer 21% (ou $1,1^2 = 1,21$) a mais de torque de frenagem. Em velocidades menores, as perdas de núcleo de motor são relativamente baixas quando comparadas com as perdas de cobre. Como tal, o fluxo de motor pode ser aumentado acima de 10% do valor típico de maneira que maior torque de frenagem pode ser produzido. Maior torque de frenagem pode resultar em uma redução significativa no tempo total exigido para parar o motor. Deve ser notado que o exemplo descrito anteriormente, quando usado durante frenagem infrequente, pode ser possível para elevar o fluxo de motor significativamente para a duração de um intervalo de frenagem sem superaquecimento de motor.

[0033] Embora diversas modalidades da invenção tenham sido descritas neste documento a título de exemplo, os versados na técnica compreenderão que várias modificações, alterações e adaptações nas modalidades descritas podem ser realizadas sem divergir do espírito e

escopo da invenção. Por exemplo, embora o método 400 seja descrito com referência a uma sequência particular os versados na técnica compreenderão que algumas etapas podem ocorrer em uma sequência diferente, algumas etapas podem ocorrer concorrentemente com outras etapas, e algumas etapas podem ocorrer em uma base periódica ou contínua.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para frear um motor (210), caracterizado pelo fato de que compreende:

detectar, por meio de um acionamento de frequência variável (220), uma redução em demanda de velocidade (345), em que a redução inicia desaceleração de um motor (210),

emitir um comando por meio do acionamento de frequência variável (220) para fechar pelo menos um contator (240), em que o contator (240) fechado conecta um banco de resistores (230) ao motor (210),

emitir um comando por meio do acionamento de frequência variável (220) para manter um alto nível de fluxo de motor (360) até que um nível de torque de motor produzido pelo motor (210) seja aproximadamente zero; e

absorver, por meio do banco de resistores (230), corrente de desaceleração gerada pelo motor (210).

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a emissão de um comando compreende emitir um comando por meio do acionamento de frequência variável (220) para fechar pelo menos duas fases de um contator trifásico (240), em que as pelo menos duas fases fechadas do contator trifásico (240) conectam pelo menos duas fases de um banco de resistores (230) ao motor (210).

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que uma determinação para fechar o contator trifásico (240) é feita pelo acionamento de frequência variável (220) com base na redução detectada em demanda de velocidade (345).

4. Sistema para realizar o método, como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que compreende:

pelo menos um resistor (230);

um contator (240) conectado a pelo menos um resistor (230) e a um motor (210); e

um acionamento de frequência variável (220) conectado eletricamente ao motor (210), em que o acionamento de frequência variável (220) compreende um controlador (250) conectado operacionalmente ao contator (240), em que pelo menos uma parte do contator (240) fecha conectando o pelo menos um resistor (230) ao motor (210) em resposta a um comando do controlador (250), e em que o acionamento de frequência variável (220) é configurado para manter um alto nível de fluxo de motor (360) até que um nível de torque de motor de aproximadamente zero seja produzido pelo motor (210).

5. Sistema de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o acionamento de frequência variável (220) compreende adicionalmente um modelo de motor (330) que recebe realimentação de tensão (395) e realimentação de corrente (397) do acionamento de frequência variável (220), processa a realimentação de tensão e a realimentação de corrente, e produz fluxo de motor (360), velocidade de motor (365), corrente de magnetização (375), corrente de torque e ângulo de fluxo de motor (370).

6. Sistema de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o acionamento de frequência variável (220) compreende adicionalmente um regulador de velocidade (300) configurado para processar a velocidade de motor (365) e produzir uma corrente de torque de referência (355).

7. Sistema de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o acionamento de frequência variável (220) compreende adicionalmente um regulador de fluxo (305) configurado para processar o fluxo de motor (360) e produzir uma corrente de magnetização de referência (350).

8. Sistema de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o acionamento de frequência variável (220) compreende adicionalmente um regulador de corrente de torque (315) configurado para processar tanto a corrente de torque de referência quanto a corrente de torque (380) e produzir uma tensão de eixo Q de referência (385), assim como um regulador de corrente de magnetização (310) configurado para processar tanto a corrente de magnetização de referência quanto a corrente de magnetização (375) e produzir uma tensão de eixo D de referência (390).

9. Sistema de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o acionamento de frequência variável (220) compreende adicionalmente um transformador trifásico DQ (320) configurado para processar tanto a tensão de eixo Q de referência quanto a tensão de eixo D de referência para produzir uma saída elétrica trifásica.

10. Sistema de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o acionamento de frequência variável (220) compreende adicionalmente um modulador de modulação por largura de pulso (325) configurado para produzir comandos de tensão modulada por largura de pulso.

11. Sistema de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que comandos de controlador (250) instruem o contator (240) para fechar conectando assim o banco de resistores (230) ao motor.

12. Sistema de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que compreende:

um banco de resistores (230) tendo uma pluralidade de fases; e

um contator (240) conectado ao banco de resistores (230) e a um motor (210), o contator (240) tendo uma pluralidade de fases, em que cada fase do contator (240) é conectada a uma fase do banco de

resistores (230).

13. Sistema de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o contator (240) é um contator trifásico.

14. Sistema de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um resistor (230) é um banco de resistores trifásicos.

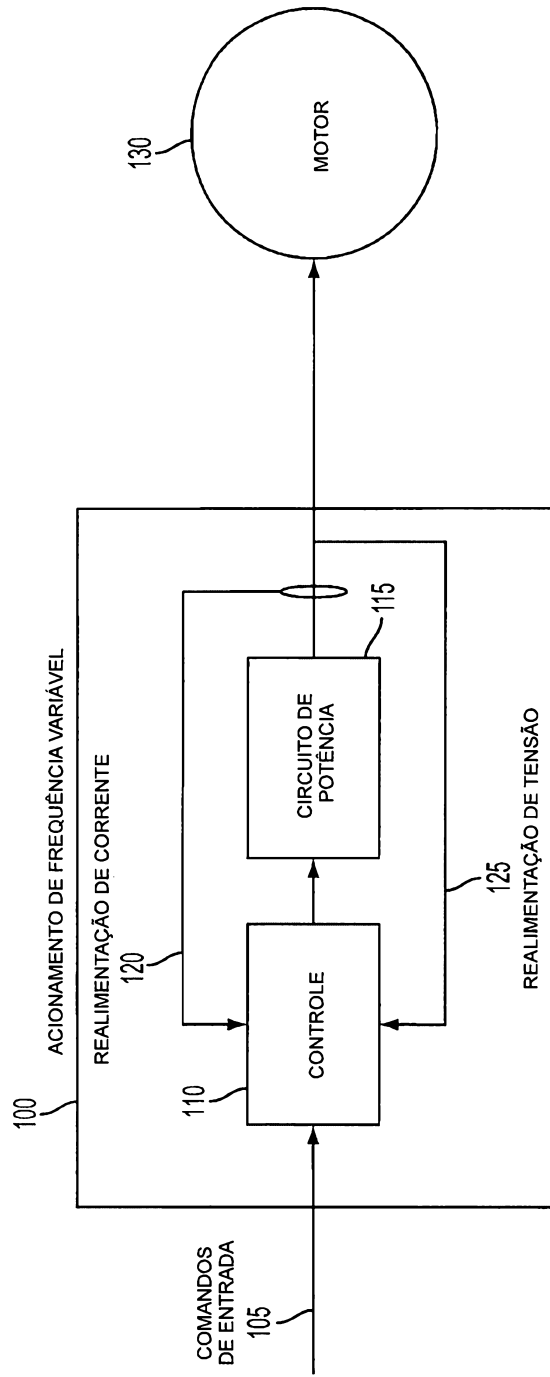


FIG. 1
TÉCNICA ANTERIOR

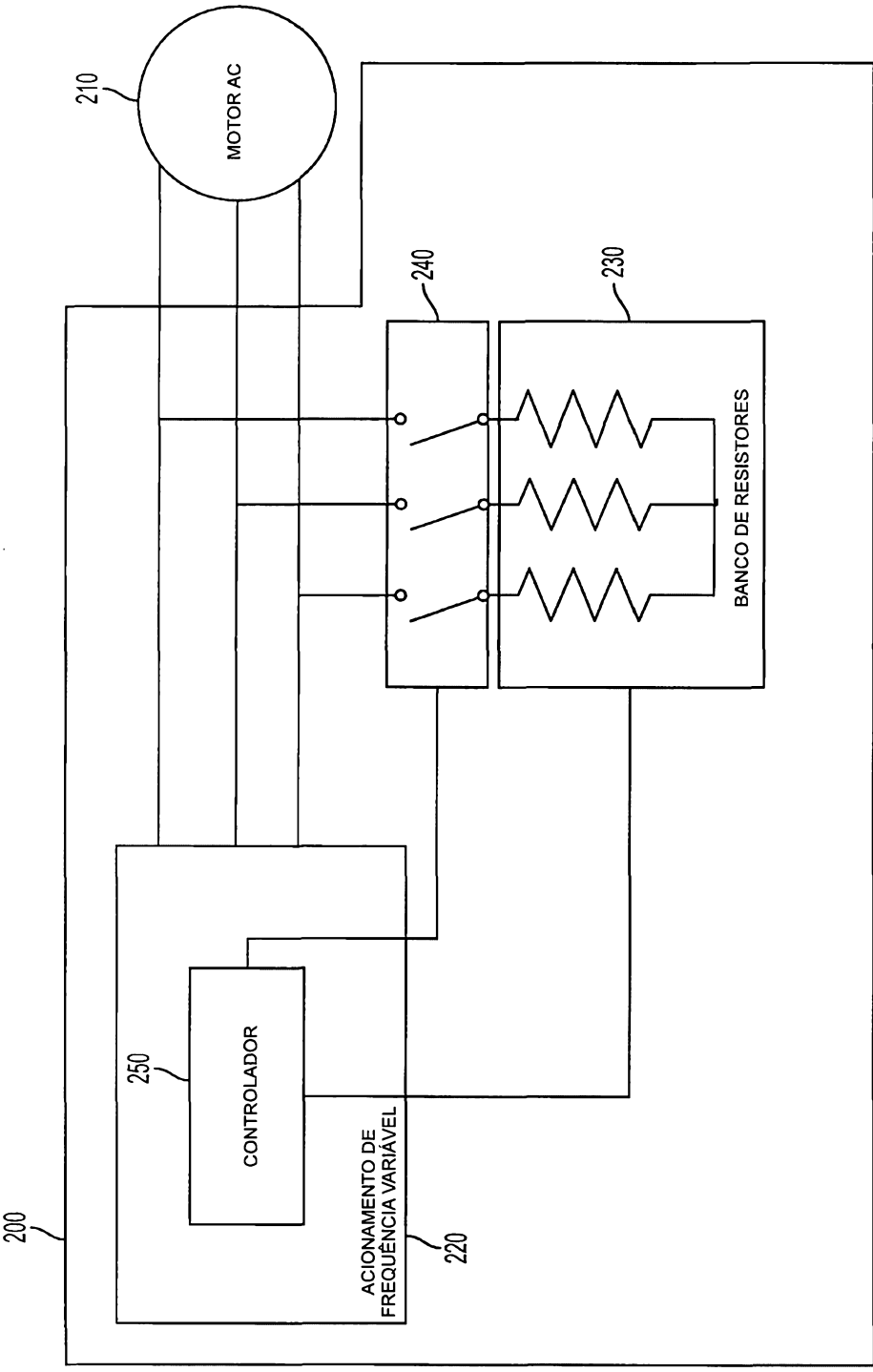


FIG. 2

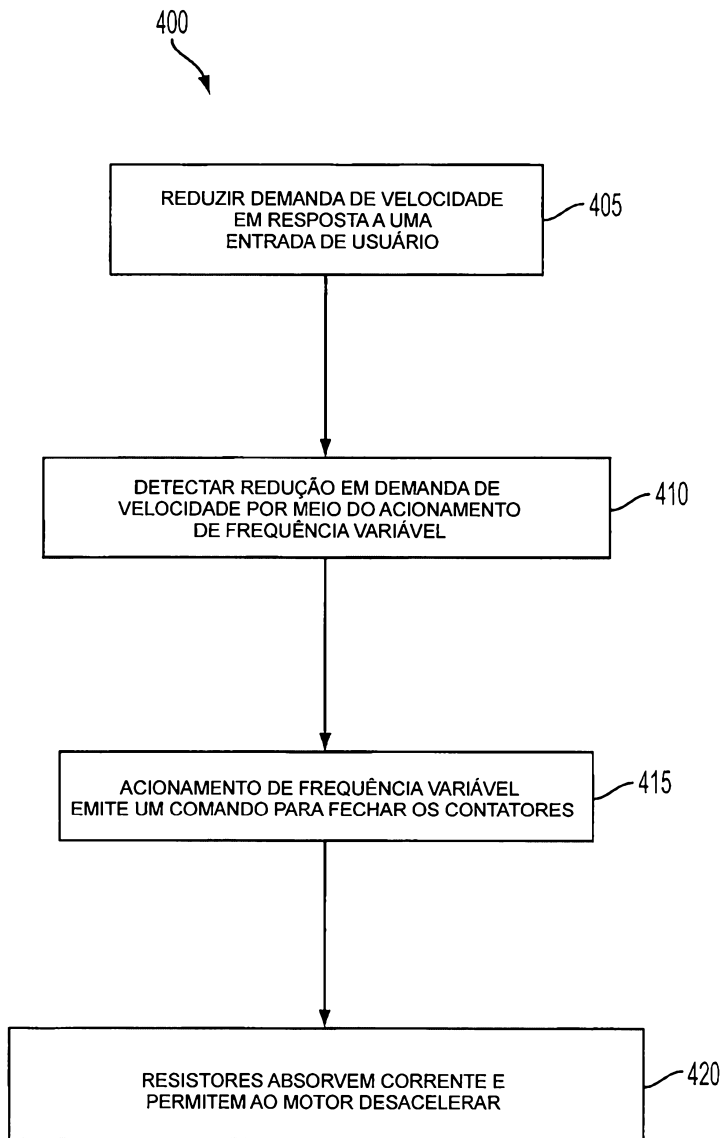


FIG. 4

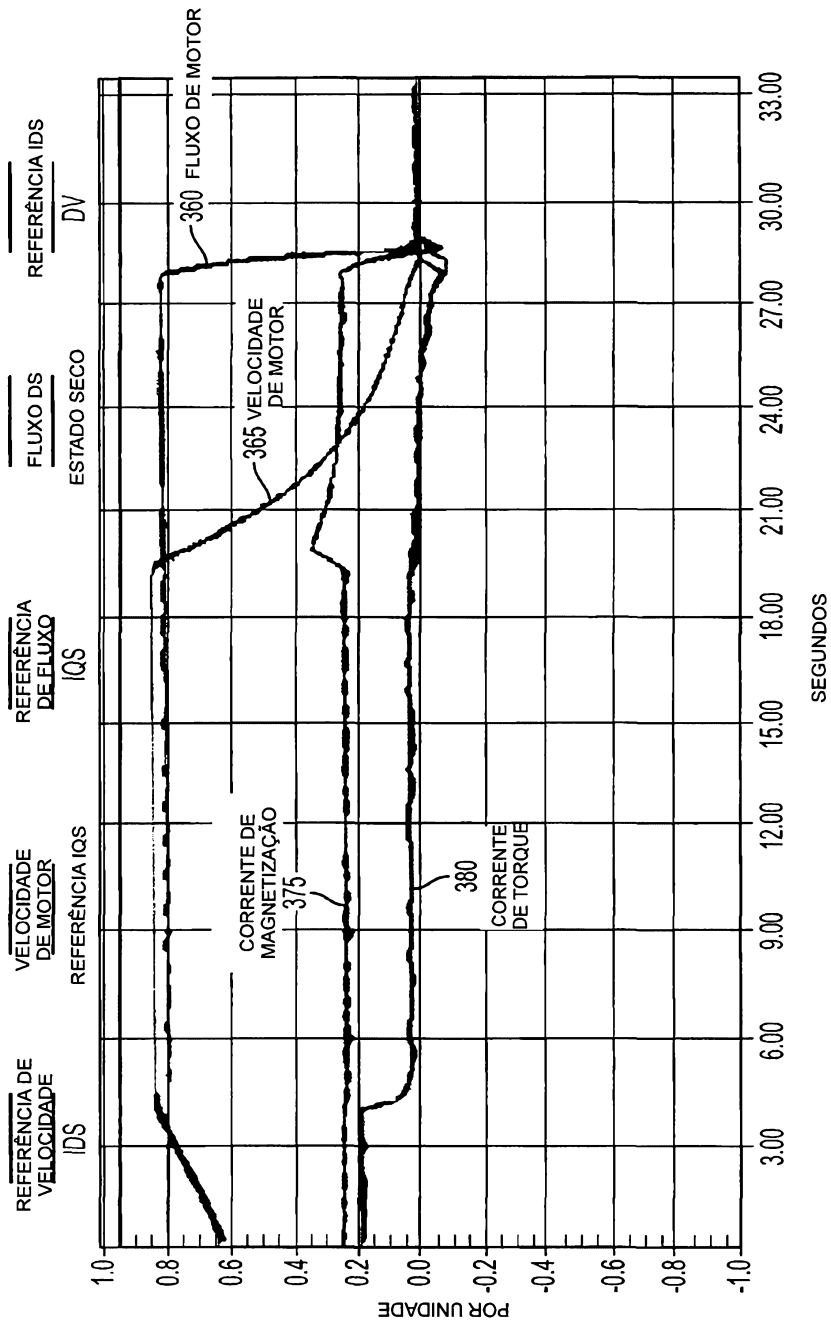


FIG. 5

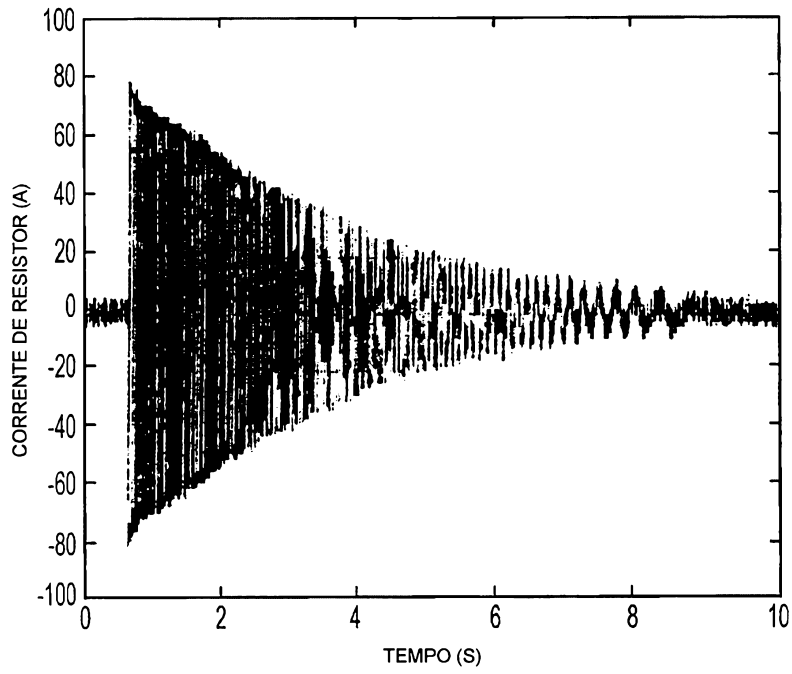


FIG. 6