



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(11) BR 102017000499-6 B1

(22) Data do Depósito: 10/01/2017

(45) Data de Concessão: 18/04/2023

(54) Título: MÉTODO PARA CONTROLE DE UMA EMBREAGEM DE TOMADA DE FORÇA, MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO E SISTEMA PARA CONTROLE DE UMA EMBREAGEM DE TOMADA DE FORÇA

(51) Int.Cl.: B60W 30/188; B60K 25/06; F16D 48/02; B60K 17/28.

(52) CPC: B60W 30/1888; F16D 25/14; B60K 25/06; B60K 17/28; F16D 2500/10437; (...).

(30) Prioridade Unionista: 27/05/2016 US 15/166,336.

(73) Titular(es): CNH INDUSTRIAL AMERICA LLC.

(72) Inventor(es): ASHRAF MOHAMMED KANDEEL OMRAN; BRIAN ALLEN HARTMAN,.

(57) Resumo: SISTEMA, MÉTODO E MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO PARA CONTROLE DE UMA EMBREAGEM DE TOMADA DE FORÇA. Trata-se de um método que inclui medir um parâmetro indicativo de um torque medido em uma embreagem de PTO, determinar um torque incremental com base, pelo menos em parte, em lógica de controle proporcional integral derivativo (PID), determinar um torque de comando, em que o torque de comando é uma soma do torque medido e do torque incremental, gerar um sinal de controle, em que uma corrente do sinal de controle corresponde ao torque de comando e a uma pressão em um cilindro da embreagem de PTO, fornecer o sinal de controle para a embreagem de PTO, reduzir o torque incremental caso uma potência de engate exceda uma saída de potência do motor, e interromper o engate caso uma energia absorvida pela embreagem exceda uma classificação de energia da embreagem de PTO.

“MÉTODO PARA CONTROLE DE UMA EMBREAGEM DE TOMADA DE FORÇA, MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO E SISTEMA PARA CONTROLE DE UMA EMBREAGEM DE TOMADA DE FORÇA”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] Esta invenção refere-se, de maneira geral, a tomadas de força (PTOs) e, mais especificamente, ao controle da embreagem de uma PTO.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] As tomadas de força são tipicamente usadas em veículos, tais como tratores e caminhões, para fornecer potência de um motor do veículo para uma máquina (por exemplo, um implemento agrícola) que pode ser fixada ao veículo ou rebocada atrás do veículo. Por exemplo, em uma aplicação agrícola, um trator pode rebocar um implemento (por exemplo, um cultivador, uma semeadeira, uma colheitadeira, etc.) por um campo a fim de realizar uma tarefa agrícola. Uma PTO pode ser acoplada ao motor do veículo (por exemplo, por meio de um eixo de acionamento) para fornecer potência ao implemento. A PTO pode incluir uma embreagem de PTO para acoplar e desacoplar um eixo de PTO e o eixo de acionamento. Uma modulação de engate de embreagem de PTO com base em tempo pode resultar na parada do motor caso a saída de potência do motor seja insuficiente para completar o engate desejado. De maneira similar, caso a energia absorvida pela embreagem de PTO durante o engate desejado exceda a classificação de energia da embreagem de PTO, a vida útil da embreagem pode ser reduzida.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[003] Determinadas realizações comensuradas no escopo com a invenção originalmente reivindicada são resumidas abaixo. Essas realizações não são destinadas a limitar o escopo da invenção reivindicada, mas, de preferência, essas realizações são destinadas apenas a fornecer um breve

resumo das possíveis formas da invenção. De fato, a invenção pode abranger uma variedade de formas que podem ser similares ou diferentes das realizações apresentadas abaixo.

[004] Em uma realização, um método inclui medir um parâmetro indicativo de um torque medido em uma embreagem de PTO, determinar um torque incremental com base, pelo menos em parte, em lógica de controle proporcional integral derivativo (PID), determinar um torque de comando, em que o torque de comando é uma soma do torque medido e do torque incremental, gerar um sinal de controle, em que uma corrente do sinal de controle corresponde ao torque de comando e a uma pressão em um cilindro da embreagem de PTO, fornecer o sinal de controle para a embreagem de PTO, reduzir o torque incremental caso uma potência de engate exceda uma saída de potência do motor, e interromper o engate caso uma energia absorvida pela embreagem exceda uma classificação de energia da embreagem de PTO.

[005] Em uma segunda realização, um meio legível por computador não transitório inclui instruções executáveis que, quando executadas, fazem com que um processador determine um torque incremental com base, pelo menos em parte, em lógica de controle proporcional integral derivativo (PID), determine um torque de comando, em que o torque de comando é uma soma de um torque medido e do torque incremental, em que o torque medido é determinado com base em um parâmetro de medida indicativo do torque medido, gere um sinal de controle, em que a corrente do sinal de controle corresponde ao torque de comando e a uma pressão em um cilindro da embreagem de PTO, forneça o sinal de controle para a embreagem de PTO, reduza o torque incremental caso uma potência de engate se aproxime ou exceda uma saída de potência do motor, e interrompa o engate caso uma energia absorvida pela embreagem exceda uma classificação de energia da embreagem de PTO.

[006] Em uma terceira realização, um sistema inclui uma embreagem de PTO configurada para acoplar e desacoplar um eixo de PTO e um eixo de acionamento e um controlador. A embreagem de PTO inclui um cilindro, um pistão disposto dentro do cilindro, uma válvula acoplada fluidicamente ao cilindro e configurada para restringir ou permitir o fluxo de fluido entre o cilindro e um reservatório de fluido, e um solenoide acoplado à válvula e configurado para controlar uma posição da válvula. O controlador fica em comunicação com o solenoide, e é configurado para receber um torque medido em uma embreagem de PTO, em que o torque medido é baseado em um parâmetro medido indicativo do torque medido na embreagem de PTO, determinar um torque incremental com base, pelo menos em parte, em lógica de controle PID, determinar um torque de comando, em que o torque de comando é uma soma de um torque medido e do torque incremental, gerar um sinal de controle, em que uma corrente do sinal de controle corresponde ao torque de comando e a uma pressão em um cilindro da embreagem de PTO, fornecer o sinal de controle para o solenoide, reduzir o torque incremental caso uma potência de engate se aproxime ou exceda uma saída de potência do motor, e interromper o engate caso uma energia absorvida pela embreagem exceda uma classificação de energia da embreagem de PTO.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[007] Esses e outros recursos, aspectos e vantagens da presente invenção serão mais bem entendidos quando a descrição detalhada a seguir for lida com referência aos desenhos anexos, nos quais caracteres semelhantes representam partes semelhantes ao longo dos desenhos em que:

A Figura 1 é um esquema de um trator, de acordo com uma realização;

A Figura 2 é um esquema de um sistema de acionamento do trator mostrado na Figura 1, de acordo com uma realização;

A Figura 3 é um esquema de uma realização da embreagem de PTO mostrada na Figura 2;

A Figura 4 é um gráfico de uma pressão comandada no cilindro de embreagem de PTO da Figura 3 durante um engate, de acordo com uma realização;

A Figura 5 é um gráfico da relação entre a pressão comandada no cilindro de embreagem de PTO e a corrente do sinal de controle fornecido pelo controlador, de acordo com uma realização;

A Figura 6 é um gráfico de torque de motor versus velocidade giratória do motor, de acordo com uma realização;

A Figura 7 é um diagrama de blocos de uma realização de um controlador PID incremental.

A Figura 8 é um fluxograma de uma realização de um processo para controlar o engate de PTO, de acordo com uma realização;

A Figura 9 é um gráfico de uma corrente de sinal de controle para um engate pouco agressivo, um engate medianamente agressivo e um engate altamente agressivo, de acordo com uma realização;

A Figura 10 é um gráfico de energia absorvida pela embreagem de PTO durante o engate do tipo pouco agressivo, o engate do tipo medianamente agressivo e o engate do tipo altamente agressivo, de acordo com uma realização;

A Figura 11 é um gráfico da velocidade giratória do eixo antes e após a embreagem de PTO durante cada um dentre o engate do tipo pouco agressivo, o engate do tipo medianamente agressivo e o engate do tipo altamente agressivo, de acordo com uma realização; e

A Figura 12 é um gráfico da velocidade giratória do motor pelo tempo durante cada um dentre o engate do tipo pouco agressivo, o engate do tipo medianamente agressivo e o engate do tipo altamente agressivo, de acordo

com uma realização.

DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES DA INVENÇÃO

[008] Uma ou mais realizações específicas da presente invenção serão descritas abaixo. Em um esforço para fornecer uma descrição concisa dessas realizações, todos os recursos de uma implantação real podem não ser descritos no relatório descritivo. Deve-se observar que no desenvolvimento de qualquer tal implantação real, como em qualquer projeto de engenharia ou desenho, inúmeras decisões específicas de implantação devem ser realizadas para alcançar as metas específicas dos desenvolvedores, tal como conformidade com as restrições relacionadas ao sistema e relacionadas ao negócio, que podem variar de uma implantação para outra. Além do mais, deve ser observado que tal esforço de desenvolvimento pode ser complexo e demorado, mas seria, contudo, uma tarefa rotineira de projeto, fabricação e manufatura para os elementos de habilidade comum na técnica que têm o benefício desta invenção.

[009] Ao introduzir os elementos de várias realizações da presente invenção, os artigos “um”, “uma”, “o”, “a”, “dito” e “dita” são destinados a significar que existem um ou mais dos elementos. Os termos “que compreende”, “que inclui” e “que tem” são destinados a serem inclusivos e significam que pode haver elementos adicionais diferentes dos elementos listados. Quaisquer exemplos de parâmetros de operação e/ou condições ambientais não são exclusivos de outros parâmetros/condições das realizações reveladas.

[010] As realizações reveladas neste momento incluem técnicas para controlar uma embreagem de tomada de força (PTO) que utiliza um circuito de controle de retroalimentação PID incremental que considera uma saída de potência de um motor e uma energia absorvida pela embreagem de PTO durante o engate. O controle PID incremental da embreagem de PTO pode reduzir ou eliminar paradas de motor durante o engate e pode aumentar a vida da

embreagem de PTO mantendo-se a energia absorvida pela embreagem de PTO abaixo de uma classificação de energia.

[011] A Figura 1 é um diagrama de um veículo off-road (por exemplo, um trator 10), que inclui um motor 12, um conjunto de transmissão de motor 14, um eixo de acionamento 16, um conjunto de transmissão de ponto de força (PTO) 18 e um eixo de PTO 20, de acordo com uma realização da presente invenção. O conjunto de transmissão de motor 14 é acoplado ao motor 12 para transferir potência do motor 12 para o eixo de acionamento 16, que aciona as rodas 22 do trator 10. O conjunto de transmissão de PTO 18 é acoplado ao motor 12 (por exemplo, por meio do eixo de acionamento 16) e ao eixo de PTO 20 de modo que o motor 12 acione o eixo de PTO 20. Como será descrito abaixo, o conjunto de transmissão de PTO pode incluir uma embreagem de PTO que é controlada de acordo com um circuito de controle de retroalimentação PID incremental. Em algumas implantações, o trator 10 pode ser um trator autônomo, de modo que o trator 10 possa ser conduzido sem entrada de operador ou incluir controle automatizado, mas com um operador presente (por exemplo, autonomia supervisionada). O trator 10 pode ser acoplado a um implemento 24. O implemento 24 pode ser um raspador, implemento agrícola, ceifadeira, semeadeira, colheitadeira ou qualquer outro implemento. O implemento 24 pode ser acoplado ao eixo de PTO 20 de modo que o eixo de PTO 20 acione certos componentes no implemento 24.

[012] A Figura 2 é um esquema de uma realização de um sistema de acionamento 50 do trator 10 mostrado na Figura 1. Na realização ilustrada, o sistema de acionamento 50 inclui o motor 12, o conjunto de transmissão de motor 14, o eixo de acionamento 16, o conjunto de transmissão de PTO 18, o eixo de PTO 20, um controlador 52 e uma interface de operador 54. Outras realizações do sistema de acionamento 50 podem incluir elementos diferentes em combinações alternativas.

[013] O conjunto de transmissão de motor 14 pode incluir uma transmissão de motor 58. O conjunto de transmissão de PTO 18 pode incluir uma embreagem de PTO 60 e uma transmissão de PTO 62. A embreagem de PTO 60 pode ser uma embreagem do tipo pressionamento, uma embreagem do tipo empurra, uma embreagem de placa única, uma embreagem de múltiplas placas, uma embreagem banhada, uma embreagem seca, uma embreagem centrífuga, uma embreagem por correia, uma embreagem de dentes, uma embreagem hidráulica, uma embreagem eletromagnética, ou qualquer outro tipo de embreagem. A embreagem de PTO 60 pode ser configurada para engatar e desengatar a fim de acoplar e desacoplar o eixo de PTO 20 do eixo de acionamento 16 (e do motor 12). Quando o motor 12 está funcionando, o eixo de acionamento 16 está girando, e a transmissão de PTO 62 e o eixo de PTO 20 estão desacoplados do eixo de acionamento 16, a embreagem de PTO 60 pode ser engatada para trazer a transmissão de PTO 62 e o eixo de PTO 20 até a velocidade com o eixo de acionamento 16. A embreagem de PTO 60 pode, então, ser travada até acoplar a transmissão de PTO 62 e o eixo de PTO 20 ao motor 12, de modo que o motor 12 gire o eixo de PTO 20 (por exemplo, por meio do eixo de acionamento 16). A embreagem de PTO 60 pode ser desengatada a fim de permitir que o eixo de PTO 20 desacelere, ou para que a transmissão de PTO 62 possa mudar as engrenagens. Conforme discutido abaixo, a embreagem de PTO 60 pode ser controlada de acordo com um circuito de controle de retroalimentação PID incremental.

[014] A transmissão de PTO 62 pode ser uma transmissão com engrenagem ou uma transmissão sem engrenagem, tal como uma transmissão variável contínua. A marcha pode ser selecionada manualmente pelo usuário, ou automaticamente por meio do controlador 52. A transmissão de PTO 62 pode ter o mesmo número de engrenagens que a transmissão de motor 58, ou um número diferente de engrenagens. Por exemplo, a transmissão de PTO 62 pode

ter uma engrenagem alta e uma engrenagem baixa, selecionáveis pelo usuário (por exemplo, por meio da interface de operador 54). Em outras realizações, a transmissão de PTO 62 pode ter mais do que 2 engrenagens. Por exemplo, a transmissão de PTO 62 pode ter 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, ou qualquer outro número de engrenagens.

[015] O controlador 52 pode incluir um controlador de proporcional integral derivativo (PID) incremental para controlar a embreagem de PTO 60. A funcionalidade específica do controlador 52 é descrita em mais detalhes abaixo. O controlador 52 pode incluir um processador 64, um componente de memória 66 e um conjunto de circuitos de comunicação 68. O processador 64 pode incluir um ou mais processadores de propósito geral, um ou mais circuitos integrados de aplicação específica, um ou mais arranjos de portas programáveis em campo, ou similares. A memória 66 pode ser qualquer meio legível por computador, não transitório, tangível, que tenha a capacidade de armazenar instruções executáveis pelo processador 64 e/ou dados que possam ser processados pelo processador 64. Em outras palavras, a memória 66 pode incluir memória volátil, tal como memória de acesso aleatório, ou memória não volátil, tais como controladores de disco rígido, memória somente de leitura, discos ópticos, memória flash, e similares. O conjunto de circuitos de comunicação 68 pode ser configurado para receber entradas (por exemplo, sinais de retroalimentação, sinais de sensor, etc.) e transmitir saídas (por exemplo, sinais de controle, sinais de comando, etc.) para os vários componentes do sistema de acionamento 50.

[016] A interface de operador 54 pode ser disposta dentro do trator 10 (por exemplo, em uma cabine do trator 10) e ser configurada para exibir informações para o operador e receber entradas do mesmo. Na realização ilustrada, a interface de operador 54 inclui um processador 70, um componente de memória 72, um conjunto de circuitos de comunicação 74, um visor 76 e entradas de operador 78. O processador 70 pode incluir um ou mais

processadores de propósito geral, um ou mais circuitos integrados de aplicação específica, um ou mais arranjos de portas programáveis em campo, ou similares. A memória 72 pode ser qualquer meio legível por computador, não transitório, tangível, que tenha a capacidade de armazenar instruções executáveis pelo processador 70 e/ou dados que possam ser processados pelo processador 70. A memória 72 pode incluir uma memória volátil, tal como memória de acesso aleatório, ou uma memória não volátil, tais como controladores de disco rígido, memória somente de leitura, discos ópticos, memória flash, e similares. O conjunto de circuitos de comunicação 74 pode ser configurado para se comunicar com o controlador 52 (por exemplo, por meio do conjunto de circuitos de comunicação 68 do controlador 52). Em algumas realizações, o conjunto de circuitos de comunicação 68, 74 pode se comunicar com vários componentes no sistema de acionamento 50 por comunicação sem fio. Em algumas realizações, a interface de operador 54 e o controlador 52 podem ser dispostos dentro do mesmo alojamento, podem compartilhar os processadores 64, 70, os componentes de memórias 66, 72 e/ou o conjunto de circuitos de comunicação 68, 74. Em realizações adicionais, o controlador 52 e a interface de operador 54 podem ser o mesmo componente. A interface de operador 54 inclui o visor 76, que pode ser configurado para exibir informações relacionadas ao trator 10 para o operador. O visor 76 pode ser uma tela, um arranjo de LEDs, uma série de medidores, uma combinação dos mesmos, ou alguma outra disposição. A interface de operador 54 também inclui uma entrada de operador 78 que permite que um usuário insira informações. A entrada de operador 78 pode ser um teclado, uma série de botões, um joystick, um mouse, um painel sensível ao toque, etc. Em algumas realizações, o visor 76 e a entrada de operador 78 podem ser um componente único (por exemplo, uma tela sensível ao toque).

[017] Baseado em entradas recebidas da interface de operador 54 e de um ou mais sensores 80 dispostos em todo o sistema 50, bem como

entradas que podem ser armazenadas no componente de memória 56, o controlador 52 pode emitir um sinal de controle para um ou mais dos componentes dentro do sistema de acionamento 50. O sistema de acionamento 50 tem pelo menos um sensor de velocidade 80 para medir a velocidade giratória do eixo de PTO (por exemplo, sensor de velocidade do eixo de PTO 84). Em algumas realizações, o sistema de acionamento 50 pode ter um sensor de velocidade 80 para determinar a velocidade giratória do motor 12 (por exemplo, o sensor de velocidade do motor 86). Em algumas realizações, o motor 12 pode ter seu próprio controlador dedicado (por exemplo, a ECU 82) que controla a operação do motor 12. Em tais realizações, a ECU 82 pode ficar em comunicação com, ou receber instruções do controlador 52 e/ou da interface de operador 54. Em algumas realizações, o controlador 52 pode receber informações (por exemplo, a velocidade do motor 12) da ECU 82 em vez do sensor 80. Conseqüentemente, a ECU 82 pode emitir a velocidade do motor 12 para o controlador 52. Conforme mostrado na Figura 2, o sistema de acionamento 50 pode incluir outros sensores de velocidade 80 dispostos em várias localizações em todo o sistema de acionamento 50.

[018] A Figura 3 é um esquema da embreagem de PTO 60. Conforme discutido previamente, o controlador 52 pode emitir um sinal de controle para um ou mais dos componentes dentro do sistema de acionamento 50. Na realização mostrada na Figura 3, o controlador 52 emite um sinal de controle (por exemplo, uma corrente) para um solenoide 100 dentro da embreagem de PTO 60. Deve ser compreendido, no entanto, que o uso do solenoide 100 para atuar o controle da embreagem de PTO 60 é meramente um exemplo e que outras configurações podem ser possíveis. O solenoide 100 pode atuar uma válvula 102 entre um reservatório de fluido 104 e um cilindro 106. O cilindro 106 pode incluir um pistão 108, mediante o qual a pressão no cilindro 106 atua para atuar o engate da embreagem de PTO 60. A corrente do sinal de

controle emitido para o solenoide 100 pode indicar a posição da válvula desejada 102 (aberta, fechada, parcialmente aberta, etc.) ou a pressão comandada no cilindro 106. A pressão no cilindro 106 pode ser indicativa de engate de embreagem.

[019] O engate de embreagem de PTO 60 é tipicamente controlado com o uso de modulação de engate baseada em tempo. A modulação de engate baseada em tempo pode ser baseada em uma aceleração do eixo de PTO 20 (mostrado na Figura 1) e no tempo. Caso a carga do implemento 24 seja muito alta, a modulação de engate baseada em tempo pode fazer com que a velocidade (RPM) do motor 12 caia excessivamente, ou pode gerar mais energia do que a embreagem de PTO 60 é classificada para absorver durante o engate. Conseqüentemente, o controlador 52 pode utilizar o circuito de controle de retroalimentação PID incremental para controlar o engate da embreagem de PTO 60 para limitar uma potência do motor 12 e uma energia absorvida pela embreagem de PTO 60 durante o engate. Em vez de usar uma modulação de engate baseada em tempo, as técnicas reveladas consideram a potência do motor 12 e a energia absorvida pela embreagem de PTO 60 durante o engate no controle da embreagem de PTO 60. Controlar o engate de embreagem de PTO 60 com o uso de um controlador PID incremental de circuito fechado 52 que considera a potência do motor 12 e a energia absorvida pela embreagem de PTO 60 pode reduzir ou eliminar a queda de velocidade do motor 12 e reduzir ou eliminar casos nos quais a energia absorvida pela embreagem de PTO 60 excede a classificação de energia da embreagem de PTO 60. Por exemplo, o controlador 52 pode ser configurado para interromper o engate se a energia estimada absorvida pela embreagem de PTO 60 durante o engate exceder a classificação de energia da embreagem de PTO 60. Os valores dos ganhos PID incrementais determinam quão rapidamente o engate ocorre. As realizações reveladas incluem três tipos de engate: altamente agressivo, medianamente

agressivo e pouco agressivo. No entanto, deve ser compreendido que realizações com diferentes números de tipo de agressividades também são previstas. Por exemplo, outras realizações podem ter 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, ou mais tipos de agressividade. Em outras realizações, os vários tipos de agressividade podem não ser uma série de valores distintos, mas um espectro contínuo de valores.

[020] A lógica de controle PID incremental usada pelo controlador 52 para controlar o engate de embreagem de PTO 60 no trator 10 tem cinco modos, que serão descritos em mais detalhes abaixo: pré-preenchimento, preenchimento, modulação, rampa para estável, e travamento. O modo de preenchimento pode incluir dois submodos: incremento suave e choque de baixa energia. A Figura 4 é um gráfico 150 de uma realização da pressão comandada no cilindro de embreagem de PTO 106 (comunicada por meio do sinal de controle enviado para o solenoide 100 discutido em relação à Figura 3) versus tempo em cada um dos cinco modos. No gráfico 150, o eixo geométrico x 152 representa o tempo e o eixo geométrico y 154 representa a pressão comandada no cilindro 102, conforme comandada pelo controlador 52 por meio do sinal de controle. A linha 156 representa a pressão comandada no cilindro 106 ao longo do tempo. O modo de pré-preenchimento é representado por Z_1 , o modo de preenchimento é representado por Z_{21} e Z_{22} (o submodo de incremento suave e o submodo de choque de baixa energia, respectivamente), o modo de modulação é representado por Z_3 , o modo de rampa é representado por Z_4 , e o modo de trava é representado por Z_5 .

[021] Caso seja detectado (por exemplo, por meio do sensor 84) que a velocidade do eixo de PTO 20 (por exemplo, após a transmissão de PTO 62) é zero, o controlador entra no modo de pré-preenchimento Z_1 . Caso seja detectado (por exemplo, por meio do sensor 84) que a velocidade do eixo de PTO 20 (por exemplo, após a transmissão de PTO 62) é diferente de zero, o

modo de pré-preenchimento é pulado e o controlador 52 avança para o modo de modulação Z_3 .

[022] No modo de pré-preenchimento, indicado por Z_1 na Figura 4, o sinal de controle enviado pelo controlador 52 para o solenoide 100 instrui o solenoide 100 para abrir a válvula 102, para permitir que o fluido (por exemplo, óleo) flua do reservatório 104 para o cilindro 106, aumentando a pressão no cilindro 106. O fluido preenche o cilindro de embreagem de PTO 106 até que a pressão no cilindro 106 alcance a pressão comandada. Uma vez que a pressão no cilindro 106 alcança a pressão comandada, o controlador avança para o modo de preenchimento, indicado por Z_{21} e Z_{22} na Figura 4.

[023] O modo de preenchimento, indicado por Z_{21} e Z_{22} na Figura 4, começa com o submodo de incremento suave Z_{21} seguido por o submodo choque de baixa energia Z_{22} , conforme mostrado na Figura 4. No submodo de incremento suave Z_{21} , o controlador aumenta gradualmente (por exemplo, linearmente) a pressão no cilindro 106. No modo de choque de baixa energia Z_{22} , o controlador continua a aumentar a pressão no cilindro 106, mas a uma taxa mais lenta do que no submodo de incremento suave Z_{21} . Caso em qualquer ponto durante o modo de preenchimento, o controlador 52 determine que a velocidade do eixo de PTO 20 é maior do que zero, o controlador 52 avança para o modo de modulação Z_3 .

[024] No modo de modulação, indicado por Z_3 na Figura 4, a pressão no cilindro é aumentada e a velocidade do eixo de PTO 20 é aumentada. Quando a embreagem de PTO 60 é totalmente travada, a relação de engrenagem através da embreagem de PTO 60 (por exemplo, a velocidade giratória do eixo, em RPM, após a embreagem dividida pela velocidade giratória do eixo, em RPM antes do eixo) é zero. Quando a embreagem de PTO 60 é totalmente engatada, o eixo antes da embreagem de PTO 60 gira na mesma velocidade que o eixo após a embreagem de PTO 60. Consequentemente,

quando a embreagem de PTO 60 é totalmente engatada, a relação de engrenagem através da embreagem de PTO 60 (por exemplo, a velocidade giratória do eixo, em RPM, após a embreagem dividida pela velocidade giratória do eixo, em RPM antes do eixo) é 1. Durante o modo de modulação, conforme a velocidade giratória do eixo de PTO 20 aumenta, a relação de engrenagem através da embreagem de PTO 60 também aumenta. Quando a relação de engrenagem através da embreagem de PTO 60 alcança um valor de limiar (por exemplo, 0,92), o controlador 52 avança para o modo de rampa. Na presente realização, a relação de limiar da engrenagem é 0,92, no entanto outros valores podem ser possíveis. Por exemplo, a relação de limiar de engrenagem pode ser 0,7, 0,75, 0,8, 0,85, 0,87, 0,89, 0,9, 0,91, 0,92, 0,93, 0,94, 0,95, 0,96, 0,97, 0,98, 0,99, ou qualquer outro valor. No modo de rampa, indicado por Z_4 na Figura 4, o controlador 52 utiliza um circuito aberto para aumentar o sinal de controle para a corrente máxima em um dado período de tempo (por exemplo, 1 segundo). Os modos de modulação e de rampa serão discutidos em mais detalhes abaixo.

[025] Durante o engate, a embreagem de PTO 60 aplica um torque T à carga (por exemplo, o implemento 24, por meio do eixo de PTO 20) definido por:

$$T = \mu_{dyn} N P A R_{eq} \operatorname{sgn}|\omega|, \quad (1)$$

[026] em que T é o torque aplicado da embreagem de PTO 60 para a carga 24 (por exemplo, por meio do eixo de PTO 20), μ_{dyn} é o coeficiente de atrito cinético, N é o número de superfícies de atrito, P é a pressão no cilindro 106 de embreagem de PTO 60, A é a área de superfície de engate, ω é a velocidade angular relativa ou deslizamento, e R_{eq} é o raio de torque efetivo, que pode ser definido por:

$$R_{eq} = \frac{2 R_o^3 - R_i^3}{3 R_o^2 - R_i^2}, \quad (2)$$

[027] em que R_o e R_i são os raios externo e interno,

respectivamente, de cada superfície de atrito. A conversão de torque T para pressão P no cilindro 106 é definida por:

$$P = \frac{T}{\mu_{dyn} N A R_{eq} \operatorname{sgn}|\omega|} \quad (3)$$

[028] A pressão pode ser convertida para corrente com o uso do gráfico mostrado na Figura 5. A Figura 5 é um gráfico 180 da relação entre a pressão comandada no cilindro 106 e a corrente do sinal de controle fornecido pelo controlador 52. O eixo geométrico x 182 representa a corrente do sinal de controle do controlador 52. O eixo geométrico y 184 representa a pressão comandada no cilindro 106. Conforme discutido previamente, a corrente é fornecida para o solenoide 100 por meio do sinal de controle do controlador 52. O controlador pode fornecer a corrente que corresponde à pressão de cilindro 106 comandada. Em algumas realizações, a relação entre a corrente e a pressão comandada ilustrada na Figura 5 também pode ser representada por uma tabela de pesquisa. O solenoide 100 opera a válvula 102, que permite ou restringe o fluxo de fluido (por exemplo, óleo) entre o reservatório 104 e o cilindro 106. O cilindro 106 pode incluir o pistão 108, que pode atuar (por exemplo, engatar ou desengatar) a embreagem de PTO 60. A pressão no cilindro 106 atua no pistão 108, o que afeta a posição do pistão 108 e do engate da embreagem de PTO 60.

[029] O controlador 52 pode receber a velocidade do eixo de PTO 20 do sensor de velocidade do eixo de PTO 84, e a velocidade do motor 12 do sensor de velocidade do motor 86 ou da ECU 82. Uma relação de engrenagem de embreagem de PTO 80 instantânea é calculada dividindo-se a velocidade do eixo imediatamente após a embreagem de PTO 60 pela velocidade do eixo imediatamente antes da embreagem de PTO 60. A velocidade do eixo imediatamente antes da embreagem de PTO 60 pode ser determinada multiplicando-se a velocidade do motor 12 (por exemplo, conforme recebida da ECU 82 ou do sensor de velocidade do motor 86) pela relação de engrenagem

de transmissão de motor comandada 58. Em algumas realizações, pode haver um sensor 80 (mostrado na Figura 2) para medir a velocidade do eixo de acionamento 16. A velocidade do eixo imediatamente após a embreagem de PTO 60 pode ser determinada multiplicando-se a velocidade do eixo de PTO 20 (por exemplo, conforme recebida do sensor de velocidade do eixo de PTO 84) pela relação de engrenagem de transmissão de PTO comandada 62. Em algumas realizações, a velocidade do eixo antes e após a embreagem de PTO 60 pode ser determinada de outras formas com base nos sensores disponíveis 80 dispostos em todo o sistema e outros valores conhecidos dentro do sistema de acionamento 50 (por exemplo, relações de engrenagem comandadas, velocidade do motor 12, etc.). Consequentemente, a relação de engrenagem através da embreagem de PTO 60 pode ser determinada dividindo-se a velocidade do eixo calculada imediatamente após a embreagem de PTO 60 pela velocidade do eixo calculada imediatamente antes a embreagem de PTO. Em outras realizações, a relação de engrenagem de embreagem instantânea pode ser determinada tomando-se uma relação da velocidade do motor com a velocidade do eixo de PTO. Com o uso da velocidade do eixo imediatamente antes da embreagem de PTO 60 e da velocidade do eixo imediatamente após a embreagem de PTO 60, a relação de engrenagem da embreagem de PTO 60 pode ser determinada. A relação de engrenagem de embreagem de PTO 60 varia entre 0 (nenhum engate) e 1 (totalmente engatada).

[030] No modo de modulação Z_3 , o controlador 52 incrementa o torque T com o uso de regra de controle PID. Um controlador PID calcula continuamente um valor de erro como a diferença entre a variável de processo medida e um ponto definido desejado. O controlador 52 revelado nesse momento é um controlador PID incremental em que a regra de controle PID é usada para determinar um incremento de torque baseado em um torque medido ou determinado T_k (por exemplo, baseado em um parâmetro indicativo do torque,

por exemplo, velocidade do eixo, aceleração do eixo, pressão no cilindro, etc.). O torque comandado T_{k+1} é a soma do torque corrente (por exemplo, medido) T_k e do incremento de torque calculado. Na realização imediata, o torque comandado T_{k+1} pode ser definido por:

$$T_{k+1} = T_k + PID(n_{gear}), (4)$$

[031] em que T_{k+1} é o torque comandado (por exemplo, no ponto $k+1$), T_k é o torque medido no ponto k , e $PID(n_{gear})$ é o incremento de torque, em que PID indica a lógica de controle PID, e n_{gear} é a relação de engrenagem através da embreagem de PTO. O ponto k pode ser o tempo de medição, e o ponto $k+1$ pode ser o ponto da próxima medição, o próximo circuito de relógio ou um ponto no tempo após o controlador ter tomado ação (por exemplo, pelo menos uma iteração). A agressividade do engate (por exemplo, altamente agressivo, medianamente agressivo, pouco agressivo) será considerada nos coeficientes PID do controlador 52, em que mais agressividade pode resultar em ganhos mais altos.

[032] Em algumas realizações, uma limitação pode ser colocada sobre o torque comandado T_{k+1} de acordo com a potência disponível máxima do motor 12 e com a classificação de energia da embreagem de PTO 60. Além disso, para controlar quanta potência é transferida do motor 12 para a embreagem de PTO 60, uma classificação de aceleração máxima ou de velocidade máxima pode ser considerada. Por exemplo, em um engate do tipo altamente agressivo, a duração do engate pode ser 2 segundos. Para um engate do tipo medianamente agressivo, a duração do engate pode ser 1,5 segundos. Para o engate do tipo pouco agressivo, a duração do engate pode ser 1 segundo. Em outras realizações, a duração do engate para um engate do tipo altamente agressivo, um engate do tipo medianamente agressivo ou um engate do tipo pouco agressivo pode ser 0,1 segundo, 0,2 segundo, 0,3 segundo, 0,4 segundo, 0,5 segundo, 0,7 segundo, 1 segundo, 1,25 segundo, 1,5 segundo, 1,75

segundo, 2 segundos, 2,5 segundos, 3 segundos, 3,5 segundos, 4,0 segundos, 4,5 segundos, 5 segundos, ou qualquer outro valor. No entanto, deve ser compreendido que esses valores são meramente exemplificativos e que outros valores são possíveis.

[033] A velocidade do motor 12 também pode ser considerada durante o engate de embreagem de PTO 60. A Figura 6 é um gráfico 200 de torque de motor 12 versus a velocidade giratória do motor 12. O eixo geométrico x representa a velocidade giratória do motor 12. O eixo geométrico y representa o torque do motor 12. Caso o motor 12 esteja girando em uma velocidade entre uma primeira velocidade (por exemplo, linha 208 cerca de 1.500 RPM) ou mais, o motor 12 é considerado estável devido ao fato de que um aumento na carga do motor 12 reduzirá a velocidade giratória do motor 12, mas o motor 12 provavelmente se recuperará. Caso o motor 12 esteja girando entre a primeira velocidade (por exemplo, linha 208 cerca de 1.500 RPM) e uma segunda velocidade (por exemplo, linha 210 cerca de 2.100 RPM), reduzir a velocidade giratória do motor 12 pode aumentar o torque disponível do motor 12. Nesse caso, o motor 12 provavelmente se recuperará para equilibrar a carga. Devido ao fato de que o motor 12 pode se recuperar, o controlador não limita o torque comandado, uma vez que o mesmo está dentro da potência do motor 12.

[034] Caso o motor 12 esteja girando em uma velocidade abaixo da primeira velocidade (por exemplo, linha 208 cerca de 1.500 RPM), o motor 12 é considerado instável devido ao fato de que um aumento na carga do motor reduzirá a velocidade do motor, e é improvável que o motor 12 se recupere. Caso o motor 12 esteja girando abaixo da primeira velocidade (por exemplo, linha 208 cerca de 1.500 RPM), reduzir a velocidade giratória do motor 12 pode levar a uma redução do torque disponível do motor 12. A redução de velocidade e torque do motor disponíveis pode parar o motor 12 (por exemplo, fazer o motor parar de girar). A fim de evitar a parada do motor 12, uma limitação do controlador PID

incremental de PTO 52 no torque comandado pode ser determinada com o uso de uma tabela de pesquisa ou um gráfico (similar ao gráfico 200 mostrado na Figura 6). A tabela de pesquisa ou gráfico pode fornecer uma classificação de torque máximo como uma função da RPM do motor 12. Essa limitação pode reduzir ou eliminar a parada do motor 12 durante o engate do PTO com carga alta.

[035] A Figura 7 é um diagrama de blocos 250 de uma realização do controlador PID incremental 52 revelado. A relação de engrenagem é zero quando não há nenhum engate, o eixo de acionamento 16 está girando e o eixo de PTO 20 não está girando. A relação de engrenagem normalizada alvo através da embreagem de PTO 60 para engate completo é 1. A relação de engrenagem através da embreagem de PTO 60 pode ser determinada pelo controlador 52 como uma função da relação de engrenagem comandada como faixas de tempo t de zero a t_{agg} , em que t_{agg} é o tempo de engate. Isso é ilustrado pelo bloco 252 da Figura 7. Para o engate do tipo altamente agressivo, o valor t_{agg} pode ser 2 segundos. Para o engate do tipo medianamente agressivo, o valor t_{agg} pode ser 1,5 segundos. Para o engate do tipo pouco agressivo, o valor t_{agg} pode ser 1 segundo.

[036] A dinâmica da embreagem de PTO 60 (por exemplo, a velocidade giratória do eixo antes e/ou após a embreagem) pode ser determinada no bloco 254. A dinâmica da embreagem de PTO 60 é combinada com o tempo de engate t_{agg} e inserida para o controlador PID (bloco 256). A saturação de potência (por exemplo, a saída de potência do motor 12 como uma relação da classificação de potência da embreagem) pode ser determinada no bloco 258 e retroalimentada para o controlador PID (bloco 256).

[037] Com base nas entradas, o controlador PID (bloco 256) pode determinar a energia absorvida pela embreagem de PTO 60 integrando-se a dissipação de potência, definida por:

$$E = \int_{t_1}^{t_2} \text{Potência} dt = \int_{t_1}^{t_2} T\omega dt. \quad (5)$$

[038] Caso a energia absorvida pela embreagem de PTO 60 seja maior do que a classificação de energia máxima da embreagem, o controlador de PTO 52 pode parar de fornecer corrente, terminar o engate e gerar um erro. Isso será discutido em mais detalhes abaixo, em relação às Figuras 9 a 12.

[039] O controlador PID (bloco 256) emite um torque incremental ($PID(n_{gear})$), que pode ser adicionado ao torque medido ou determinado atual T_k , ou um parâmetro indicativo de torque (bloco 260), para gerar o torque comandado T_{k+1} , conforme discutido acima em relação à Equação 4. O torque comandado T_{k+1} pode corresponder a uma pressão comandada no cilindro 106 e/ou a uma corrente do sinal de comando. Com o uso de uma equação ou de uma tabela de pesquisa, o controlador 52 pode determinar a corrente do sinal de controle para o solenoide 100 para alcançar a pressão de cilindro 106 comandada. Consequentemente, o controlador 52 pode emitir a corrente calculada para o solenoide 100 como parte do sinal de controle.

[040] O controlador 52 também pode incluir um tempo de engate máximo, após o qual o engate tentado é interrompido e um erro é gerado se não houver nenhum engate. Por exemplo, em algumas realizações, o tempo de engate máximo t_{lockup} pode ser definido em 15 segundos. Em outras realizações, t_{lockup} pode ser 5 segundos, 10 segundos, 20 segundos, 25 segundos, 30 segundos ou qualquer outro período de tempo. Caso o tempo t alcance 15 segundos e não haja nenhum engate, o engate tentado é interrompido e um erro é gerado. Em outras realizações, o tempo de engate máximo t_{lockup} pode ser definido em 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, ou 30 segundos, ou qualquer outro tempo desejado. Uma vez que a relação de engrenagem normalizada alcança o valor de limiar definido (por exemplo, 0,92 de 1) em um período de tempo de menos do que o tempo de engate máximo (por exemplo, $t < 15$ segundos) para um período de limiar de

tempo (por exemplo, pelo menos 0,1 segundos), o controlador 52 avança para o modo de rampa. Embora na presente realização, o período de limiar de tempo seja 0,1 segundos, em outras realizações, o período de limiar de tempo poderia ser definido em 0,01 segundos, 0,05 segundos, 0,2 segundos, 0,3 segundos, 0,5 segundos, 0,6 segundos, ou qualquer outro valor. O modo de rampa Z₄ utiliza um circuito aberto para aumentar a embreagem de PTO 60 para o torque máximo, corrente máxima e/ou pressão de cilindro máxima 106 em 1 segundo, por exemplo. No entanto, o período de tempo de modo de rampa pode ser 0,5 segundos, 0,75 segundos, 1,25 segundos, 1,5 segundos, 1,75 segundos, 2 segundos, 2,5 segundos, 3 segundos, 4 segundos, ou qualquer outro valor.

[041] Uma vez que o torque máximo ou corrente máxima tenha sido alcançado, ou o período de tempo de modo de rampa (por exemplo, 1 segundo) passe, o controlador avança para o modo de desengate e desengata a embreagem. No modo de desengate, o controlador reduz a corrente para zero, a embreagem é desengatada e o eixo de PTO 20 é acoplado a, e conduzido por, o motor 12. Caso em qualquer ponto durante a operação, o comando do controlador 52 seja para desconectar a carga 24, o controlador 52 também avança para o modo de desengate. Mediante o travamento da embreagem de PTO, o eixo de PTO 20 será conduzido pelo motor 12.

[042] A Figura 8 é um fluxograma de uma realização de um processo 300 para controlar o engate da embreagem 60. O processo 300 pode ser armazenado em um meio legível por computador não transitório tal como o componente de memória 66, (por exemplo, na forma de código) e executável pelo processador 64. No bloco 302, as instruções são recebidas para engatar a embreagem de PTO 60. Em algumas realizações, as instruções também podem incluir informações em relação ao tipo de engate (por exemplo, engate do tipo altamente agressivo, medianamente agressivo ou pouco agressivo). Em algumas realizações, as instruções podem chegar do operador do trator 10 (por

exemplo, por meio da interface de operador 54 ou uma interface de seleção de engrenagem de PTO). Em outras realizações, as instruções podem ser do controlador 52.

[043] No bloco 304, o cilindro 106 é preenchido até que a pressão do cilindro comandada seja alcançada. Em algumas realizações, o controlador 52 envia um sinal de controle para o solenoide 100, que opera a válvula 102, que permite o fluxo de fluido entre o reservatório 104 e o cilindro 106. A pressão no cilindro 106 pode atuar sobre o pistão 108, que atua a embreagem de PTO 60. Embora as presentes realizações incluam a embreagem de PTO 60 a atuação por meio do solenoide 100 e da válvula 102, outras técnicas de atuação de embreagem de PTO 60 podem ser utilizadas. Esse modo de operação pode ser denominado como modo de pré-preenchimento.

[044] No bloco 306, a pressão no cilindro 106 é aumentada gradualmente. Esse modo pode ser denominado, de maneira geral, como modo de preenchimento. O modo de preenchimento pode incluir dois submodos: o submodo de incremento suave e o submodo de choque de baixa energia. No submodo de incremento suave, a pressão no cilindro 106 é aumentada gradualmente (por exemplo, linearmente). Em modo de choque de baixa energia, a pressão no cilindro 106 continua a aumentar, mas a uma taxa mais lenta do que no submodo de incremento suave. Durante o modo de preenchimento, a velocidade do eixo de PTO 20 pode ser monitorada. Caso a velocidade do eixo de PTO 20 seja zero, próxima à zero ou abaixo de um valor de limiar (decisão 308), a pressão no cilindro 106 continua a aumentar no modo de preenchimento (bloco 306). Caso a velocidade do eixo de PTO 20 seja acima de zero, ou acima de um valor de limiar, o processo 300 avança para bloco 310.

[045] No bloco 310, a pressão no cilindro 106 é aumentada de acordo com o circuito de controle PID incremental. Esse modo de operação pode ser denominado como modo de modulação. O circuito de controle PID

incremental foi mostrado e descrito em relação à Figura 7. Conforme discutido previamente, a lógica de controle PID é usada para determinar um incremento de torque, que é adicionado ao torque medido T_k (ou determinado a partir de um parâmetro indicativo ou torque medido, tal como a velocidade do eixo, a aceleração do eixo, a pressão do cilindro, etc.) para determinar um torque comandado T_{k+1} . A agressividade do engate (por exemplo, altamente agressivo, medianamente agressivo, pouco agressivo) é considerada nos coeficientes PID do circuito de retroalimentação, em que mais agressividade pode resultar em ganhos mais altos.

[046] Em algumas realizações, uma limitação pode ser colocada sobre o torque comandado T_{k+1} de acordo com a potência disponível máxima a partir do motor 12 e com a classificação de energia máxima da embreagem de PTO 60. Em algumas realizações, o torque máximo comandado pode ser baseado na saída de potência do motor. Em outras realizações, o torque máximo comandado pode ser baseado na classificação de energia da embreagem de PTO 60. Além disso, para controlar quanta potência é transferida do motor 12 para a embreagem de PTO 60, uma classificação de aceleração máxima de eixo de PTO 20 ou de velocidade máxima de eixo de PTO 20 pode ser considerada.

[047] Na decisão 312, a potência para o engate de embreagem de PTO 60 é comparada à saída de potência do motor 12. Caso a potência para engate seja maior do que a saída do motor 12, então, o tempo de engate é estendido (bloco 314) e o processo 300 retorna para o bloco 310. Caso a potência para engate não exceda a saída de potência do motor 12, o processo 300 avança para a decisão 316.

[048] No bloco 316, a energia absorvida pela embreagem de PTO 60 é comparada à classificação de energia máxima da embreagem de PTO 60. Caso a energia absorvida pela embreagem de PTO 60 durante o engate exceda a classificação de energia da embreagem de PTO 60, o engate é interrompido

(bloco 318). Isso será discutido em mais detalhes em relação às Figuras 9 a 12. Caso a energia absorvida pela embreagem de PTO 60 não exceda a classificação de energia da embreagem de PTO 60, o processo 300 avança para a decisão 320.

[049] Na decisão 320, a relação de engrenagem através da embreagem de PTO 60 é calculada e comparada a um valor de limiar. A relação de engrenagem através da embreagem pode ser normalizada de modo que a mesma varie de zero (nenhum engate) a 1 (engate total). Na presente realização, o valor de limiar é cerca de 0,92. No entanto, outros valores podem ser possíveis. Caso a relação de engrenagem através da embreagem de PTO 60 seja menor do que o valor de limiar, o processo 300 retorna para o bloco 310 e permanece em modo de modulação. Caso a relação de engrenagem através da embreagem de PTO 60 seja maior do que o valor de limiar (por exemplo, 0,92) acima de um período de limiar de tempo (por exemplo, 0,1 segundo), o processo 300 avança para o bloco 322.

[050] No bloco 322, o controlador 52 utiliza um circuito aberto para aumentar o sinal de controle para a corrente máxima (que corresponde à pressão máxima no cilindro 106) em um dado período de tempo (por exemplo, 1 segundo). Esse pode ser denominado como modo de rampa (bloco 326).

[051] No bloco 324, a embreagem é travada. Esse pode ser denominado como modo de trava. Em seguida ao modo de trava, o eixo de PTO 20 é acionado pelo motor 12.

[052] As Figuras 9 a 12 são vários gráficos que ilustram três engates tentados, em que cada um utiliza um dos três tipos de agressividade diferentes (por exemplo, baixa, média e alta). A Figura 9 é um gráfico 400 de corrente de sinal de controle para um engate pouco agressivo, um engate medianamente agressivo e um engate altamente agressivo. O eixo geométrico x 402 representa o tempo. O eixo geométrico y 404 representa a corrente do sinal

de controle emitido pelo controlador 52. A linha 406 é a corrente do sinal de controle emitido pelo controlador 52 no engate pouco agressivo. A linha 408 é a corrente do sinal de controle emitido pelo controlador 52 no engate medianamente agressivo. A linha 410 é a corrente do sinal de controle emitido pelo controlador 52 no engate altamente agressivo. Conforme discutido previamente, o tipo de agressividade (por exemplo, baixa, média ou alta) é levado em conta na lógica de controle PID incremental. As correntes dos três sinais de controle 406, 408, 410 são as mesmas ou similares no modo de pré-preenchimento Z_1 , conforme a corrente se intensifica e a pressão no cilindro é aumentada. Conforme discutido acima em relação às Figuras 4 e 5, a corrente do sinal de controle corresponde a uma pressão de cilindro 106 comandada. As correntes dos sinais de controles 406, 408, 410 continuam a seguir uma a outra através do modo de preenchimento Z_2 , que inclui o submodo de incremento suave Z_{21} e o submodo de choque de baixa energia Z_{22} . Conforme discutido em relação à Figura 4, durante o modo de preenchimento Z_2 , a pressão de cilindro 106 comandada, que é indicada pela corrente do sinal de controle, aumenta gradualmente. No modo de modulação Z_3 , que começa no ponto 412, os três sinais de controle 406, 408, 410 divergem entre si.

[053] Por exemplo, para o sinal de controle do engate do tipo altamente agressivo 410, a corrente aumenta entre os pontos 412 e 414. No ponto 414, a taxa em que a corrente dos aumentos de sinal de controle de engate do tipo altamente agressivo 410 diminui. Isso pode ocorrer por várias razões. Por exemplo, a velocidade giratória do motor 12 pode cair, fazendo com que o controlador (que aplica o circuito de controle de retroalimentação PID incremental ilustrado e discutido em relação à Figura 7) reduza o torque incremental ou pare de incrementar todos ao mesmo tempo a fim de estender o tempo de engate. Entre os pontos 414 e 416, a corrente do sinal de controle de engate do tipo altamente agressivo 410 continua a aumentar, mas a uma taxa

muita mais lenta do que fazia entre os pontos 412 e 414. Em algumas realizações, a corrente do sinal de controle pode ser inteiramente uniforme (por exemplo, torque incremental ser zero) por um período de tempo durante o engate. Entre os pontos 416 e 418, a corrente do sinal de controle de engate do tipo altamente agressivo 410 se intensifica novamente. Isso pode ser devido ao fato do motor 12 ter se recuperado e a velocidade giratória do motor ter aumentado, ou por algum outro motivo. No ponto 418, a corrente do sinal de controle de engate do tipo altamente agressivo 410 muda do modo de modulação Z_3 para o modo de rampa Z_4 e aumenta para uma corrente máxima (ponto 420) por um dado período de tempo.

[054] Para o sinal de controle de engate do tipo medianamente agressivo 408, a corrente aumenta gradualmente entre os pontos 412 e 422 por um período de tempo mais longo do que no engate do tipo altamente agressivo 410. No ponto 422, a corrente aumenta em uma taxa mais rápida do que antes. No ponto 424, a corrente do sinal de controle de engate do tipo medianamente agressivo 408 muda do modo de modulação Z_3 para o modo de rampa Z_4 e aumenta para uma corrente máxima por um dado período de tempo.

[055] Para o sinal de controle de engate do tipo pouco agressivo 406, a corrente aumenta gradualmente entre os pontos 412 e 426 por um período de tempo mais longo do que no engate do tipo altamente agressivo 410 ou no engate do tipo medianamente agressivo 408. No ponto 426, a corrente cai para zero, o que indica que o controlador 25 interrompeu a tentativa de engate. Nesse caso específico, a tentativa de engate foi interrompida devido à energia absorvida pela embreagem de PTO 60 ter se aproximado ou excedido a classificação de energia máxima da embreagem de PTO 60. Quando a tentativa de engate é interrompida, a corrente do sinal de controle vai para zero e uma mensagem de erro pode ser gerada e exibida para o operador (por exemplo, por meio da interface de operador 54).

[056] A Figura 10 é um gráfico 500 da energia absorvida pela embreagem de PTO 60 durante o engate do tipo pouco agressivo (linha 502), o engate do tipo medianamente agressivo (linha 504) e o engate do tipo altamente agressivo (linha 506). O eixo geométrico x 508 representa o tempo. O eixo geométrico y 510 representa a energia absorvida pela embreagem de PTO 60. A linha 512 representa a classificação de energia máxima da embreagem de PTO 60. Conforme discutido previamente, o engate do tipo medianamente agressivo 504 e o engate do tipo altamente agressivo 504 são concluídos sem alcançar a classificação de energia 512 da embreagem de PTO 60. No entanto, no caso imediato, o engate do tipo pouco agressivo 502 alcança a classificação de energia máxima 512 da embreagem de PTO 60 antes de* o engate ser concluído. Conforme discutido acima em relação à Figura 9, em consequência de alcançar a classificação de energia máxima 512 da embreagem de PTO 60, o controlador 52 interrompe o engate e a corrente do sinal de controle cai para zero.

[057] A Figura 11 é um gráfico da velocidade giratória do eixo antes e após a embreagem de PTO 60 durante cada um dentre o engate do tipo pouco agressivo, o engate do tipo medianamente agressivo e o engate do tipo altamente agressivo. No gráfico 600, o eixo geométrico x 602 representa o tempo e o eixo geométrico y 604 representa a velocidade giratória. A linha 606 representa a velocidade giratória do eixo antes da embreagem de PTO 60, que, em algumas realizações, pode corresponder à velocidade giratória do eixo de acionamento 16, para o engate do tipo pouco agressivo. A linha 608 representa a velocidade do eixo após a embreagem de PTO 60 para o engate do tipo pouco agressivo. No ponto 610, conforme o engate começa, a velocidade giratória 606 do eixo antes a embreagem de PTO 60 começa a cair. Ao longo da tentativa de engate, a velocidade giratória 606 do eixo antes a embreagem de PTO 60 cai constantemente conforme a velocidade giratória 608 do eixo após a embreagem

de PTO 60 sobe constantemente. Conforme discutido em relação às Figuras 9 e 10, nesse caso particular, a energia absorvida pela embreagem de PTO 60 excedeu a classificação de energia máxima da embreagem de PTO 60 e o engate tentado foi interrompido. O engate interrompido é evidenciado em gráfico pela lacuna 612 entre a velocidade giratória do eixo 606 antes da embreagem de PTO 60 e a velocidade giratória do eixo 608 após a embreagem de PTO. A lacuna 612 indica que o engate tentado foi interrompido antes que a velocidade giratória do eixo 608 após a embreagem de PTO 60 pudesse ser trazida até corresponder à velocidade giratória do eixo 606 após a embreagem de PTO 60.

[058] A linha 614 representa a velocidade giratória do eixo antes da embreagem de PTO 60 para o engate do tipo medianamente agressivo. A linha 616 representa a velocidade do eixo após a embreagem de PTO 60 para o engate do tipo medianamente agressivo. No ponto 610, conforme o engate começa, a velocidade giratória 606 do eixo antes da embreagem de PTO 60 começa a cair. Ao longo da tentativa de engate, a velocidade giratória 614 do eixo antes da embreagem de PTO 60 cai constantemente conforme a velocidade giratória 616 do eixo após a embreagem de PTO 60 sobe constantemente. Devido ao tipo de engate ser um engate do tipo medianamente agressivo, a velocidade giratória 614 do eixo antes da embreagem de PTO 60 cai a uma taxa mais rápida do que no engate do tipo pouco agressivo. De maneira similar, devido ao tipo de engate ser um engate do tipo medianamente agressivo, a velocidade giratória 616 do eixo após a embreagem de PTO 60 sobe a uma taxa mais rápida do que no engate do tipo pouco agressivo. No ponto 618, a velocidade giratória 616 do eixo após a embreagem de PTO 60 corresponde à velocidade giratória 614 do eixo antes da embreagem de PTO 60. A velocidade giratória 616 do eixo após a embreagem de PTO 60 e a velocidade giratória 614 do eixo antes da embreagem de PTO 60, então, aumentam juntas conforme o motor 12 se recupera. O engate do tipo medianamente agressivo é concluído e

o controlador avança para o modo de trava Z₅.

[059] A linha 620 representa a velocidade giratória do eixo antes da embreagem de PTO 60 para o engate do tipo altamente agressivo. A linha 622 representa a velocidade do eixo após a embreagem de PTO 60 para o engate do tipo altamente agressivo. No ponto 610, conforme o engate começa, a velocidade giratória 606 do eixo antes da embreagem de PTO 60 começa a cair. Ao longo da tentativa de engate, a velocidade giratória 614 do eixo antes da embreagem de PTO 60 cai constantemente conforme a velocidade giratória 616 do eixo após a embreagem de PTO 60 sobe constantemente. Devido ao tipo de engate ser um engate do tipo altamente agressivo, a velocidade giratória 620 do eixo antes da embreagem de PTO 60 cai a uma taxa mais rápida do que no engate do tipo pouco agressivo ou no engate do tipo medianamente agressivo. De maneira similar, devido ao tipo de engate ser um engate do tipo altamente agressivo, a velocidade giratória 622 do eixo após a embreagem de PTO 60 sobe a uma taxa mais rápida do que no engate do tipo pouco agressivo ou no engate do tipo medianamente agressivo. No ponto 624, a velocidade giratória 622 do eixo após a embreagem de PTO 60 corresponde à velocidade giratória 620 do eixo antes da embreagem de PTO 60. Devido ao tipo de engate ser um engate do tipo altamente agressivo, o ponto 624 ocorre em um tempo anterior, mas uma velocidade giratória mais baixa do que no ponto 618 que corresponde ao engate do tipo medianamente agressivo. A velocidade giratória 622 do eixo após a embreagem de PTO 60 e a velocidade giratória 620 do eixo antes da embreagem de PTO 60, então, aumentam juntas conforme o motor 12 se recupera. O engate do tipo altamente agressivo é concluído e o controlador avança para o modo de trava Z₅.

[060] A Figura 12 é um gráfico da velocidade giratória do motor 12 ao longo do tempo durante cada um dentre o engate do tipo pouco agressivo (linha 702), o engate do tipo medianamente agressivo (linha 704) e o engate do

tipo altamente agressivo (linha 706). O eixo geométrico x representa o tempo e o eixo geométrico y 710 representa a velocidade giratória do motor 12. A velocidade giratória do motor 12 pode corresponder à velocidade giratória do eixo de acionamento 16. Especificamente, quando o motor 12 está acionando o eixo de acionamento 16, a velocidade giratória do eixo de acionamento 16 pode ser determinada multiplicando-se a velocidade giratória do motor 12 pela relação de engrenagem da transmissão de motor 58. Assim como, com a velocidade giratória dos eixos 606, 614, 620 antes da embreagem de PTO discutida em relação à Figura 11 acima, no ponto 712, a velocidade giratória do motor 12 cai constantemente para engate pouco, medianamente e altamente agressivos. Para o engate pouco agressivo 702, a velocidade do motor cai gradualmente para o ponto 714, ponto em que o engate é interrompido devido à energia absorvida pela embreagem de PTO 60 exceder a classificação de energia da embreagem de PTO 60.

[061] Para o engate medianamente agressivo 704, a velocidade giratória do motor 12 cai em uma taxa mais rápida do que no engate pouco agressivo 702. No ponto 716, a velocidade giratória do eixo após a embreagem de PTO 60 corresponde à velocidade giratória do eixo antes da embreagem de PTO 60. O motor 12 se recupera conforme a velocidade giratória do eixo após a embreagem de PTO 60 e a velocidade giratória do eixo 614 antes da embreagem de PTO 60, então, aumentam juntas. O engate do tipo medianamente agressivo é concluído e o controlador avança para o modo de trava Z₅.

[062] Para o engate altamente agressivo 706, a velocidade giratória do motor 12 cai em uma taxa mais rápida do que em qualquer um dentre o engate pouco agressivo 702 ou o engate medianamente agressivo 704. No ponto 718, que ocorre em um tempo anterior e velocidade giratória mais baixa do que no ponto 716, a velocidade giratória do eixo após a embreagem de PTO 60 corresponde à velocidade giratória do eixo antes da embreagem de PTO 60.

O motor 12 se recupera conforme a velocidade giratória do eixo após a embreagem de PTO 60 e a velocidade giratória do eixo 614 antes da embreagem de PTO 60, então, aumentam juntas. O engate do tipo altamente agressivo é concluído e o controlador 52 avança para o modo de trava Z₅.

[063] As técnicas reveladas incluem o controle de uma embreagem de PTO 60 durante engate que utiliza um circuito de controle de retroalimentação PID incremental 250. O circuito de controle de retroalimentação PID incremental 250 usa lógica de controle PID para determinar um torque incremental. A soma do torque incremental e do torque medido ou determinado é igual ao torque comandado. O circuito de controle de retroalimentação PID incremental 250 pode considerar a saída de potência do motor 12 e a classificação de absorção de energia da embreagem de PTO quando determina o torque incremental. Quando determina o torque incremental, o circuito de controle de retroalimentação PID incremental 250 também pode considerar um dentre múltiplos tipos de agressividade diferentes, em que o tipo de agressividade do engate corresponde ao tempo decorrido durante o engate. O controle PID incremental da embreagem de PTO 60 pode reduzir ou eliminar paradas do motor 12 durante o engate e pode aumentar a vida da embreagem de PTO 60 mantendo-se a energia absorvida pela embreagem de PTO 60 abaixo de uma classificação de energia.

[064] Embora apenas certos recursos da invenção tenham sido ilustrados e descritos no presente documento, muitas modificações e mudanças ocorrerão aos indivíduos versados na técnica. Portanto, deve ser entendido que as reivindicações anexas se destinam a cobrir todas essas modificações e mudanças como estando dentro do espírito verdadeiro da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA CONTROLE DE UMA EMBREAGEM DE TOMADA DE FORÇA, que compreende:

medir um parâmetro indicativo de um torque medido em uma embreagem de PTO (60);

caracterizado pelo método compreender:

determinar um torque incremental com base, pelo menos em parte, em lógica de controle proporcional integral derivativo (PID);

determinar um torque de comando, em que o torque de comando é uma soma do torque medido e do torque incremental;

gerar um sinal de controle, em que uma corrente do sinal de controle corresponde ao torque de comando e a uma pressão em um cilindro (106) da embreagem de PTO (60);

fornecer o sinal de controle para a embreagem de PTO (60);

reduzir o torque incremental se uma potência de engate exceder uma saída de potência do motor (12); e

interromper o engate caso uma energia absorvida pela embreagem exceda uma classificação de energia da embreagem de PTO (60).

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o torque incremental é também baseado em um tipo de agressividade de engate desejado.

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que o tipo de agressividade de engate compreende um tipo de engate altamente agressivo, um tipo de engate medianamente agressivo e um tipo de engate pouco agressivo.

4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que o tipo de agressividade de engate é baseado, pelo menos em parte, no tempo decorrido durante o engate.

5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende operar um atuador para controlar a pressão no cilindro (106) com base, pelo menos em parte, no sinal de controle.

6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de que o atuador compreende um solenoide (100) acoplado a uma válvula (102).

7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende:

determinar uma relação de engrenagem através da embreagem de PTO (60);

aumentar a corrente do sinal de controle durante um dado período de tempo, uma vez que a relação de engrenagem através da embreagem de PTO (60) alcança um valor de limiar.

8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o motor (12) é disposto dentro de um veículo agrícola (10).

9. MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO, **caracterizado** pelo fato de que compreende instruções executáveis que, quando executadas, são configuradas para que um processador (64, 70):

determine um torque incremental com base, pelo menos em parte, em lógica de controle proporcional integral derivativo (PID);

determine um torque de comando, em que o torque de comando é uma soma de um torque τ e do torque incremental, sendo que o torque medido é determinado com base em um parâmetro medido indicativo do torque medido;

gere um sinal de controle, em que a corrente do sinal de controle corresponde ao torque de comando e a uma pressão em um cilindro (106) da embreagem de PTO (60);

forneça o sinal de controle para a embreagem de PTO (60);

reduza o torque incremental caso uma potência de engate exceda

uma saída de potência do motor (12); e

interrompa o engate caso uma energia absorvida pela embreagem exceda uma classificação de energia da embreagem de PTO (60).

10. MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o torque incremental também é baseado em um tipo de agressividade de engate desejado.

11. MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que o tipo de agressividade de engate compreende um tipo de engate altamente agressivo, um tipo de engate medianamente agressivo e um tipo de engate pouco agressivo.

12. MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que o tipo de agressividade de engate é baseado, pelo menos em parte, no tempo decorrido durante o engate.

13. MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o sinal de controle fornece instruções para que um atuador controle a pressão no cilindro (106) com base, pelo menos em parte, no sinal de controle.

14. MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que é disposto dentro de um veículo agrícola (10).

15. SISTEMA PARA CONTROLE DE UMA EMBREAGEM DE TOMADA DE FORÇA, que compreende:

uma embreagem de PTO (60) configurada para acoplar e desacoplar um eixo de PTO (20) e um eixo de acionamento (16), em que a embreagem de PTO (60) compreende:

um cilindro (106);

um pistão (108) disposto dentro do cilindro (106);

uma válvula (102) acoplada fluidicamente ao cilindro (106) e configurada para restringir ou permitir fluxo de fluido entre o cilindro (106) e um reservatório de fluido (104); e

um solenoide (100) acoplado à válvula (102) e configurado para controlar uma posição da válvula (102);

um controlador (52) em comunicação com o solenoide (100), em que o controlador (52) é configurado para:

receber um torque medido em uma embreagem de PTO (60), sendo que o torque medido é baseado em um parâmetro medido indicativo do torque medido na embreagem de PTO (60);

o controlador (52) sendo **caracterizado** por, ainda, ser configurado para:

determinar um torque incremental com base, pelo menos em parte, em lógica de controle PID;

determinar um torque de comando, em que o torque de comando é uma soma de um torque medido e do torque incremental;

gerar um sinal de controle, em que uma corrente do sinal de controle corresponde ao torque de comando e a uma pressão no cilindro (106) da embreagem de PTO (60);

fornecer o sinal de controle para o solenoide (100);

reduzir o torque incremental caso uma potência de engate exceda uma saída de potência do motor (12); e

interromper o engate caso uma energia absorvida pela embreagem (60) exceda uma classificação de energia da embreagem de PTO (60).

16. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que o torque incremental também é baseado em um tipo de

agressividade de engate desejado.

17. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** pelo fato de que o tipo de agressividade de engate compreende um tipo de engate altamente agressivo, um tipo de engate medianamente agressivo e um tipo de engate pouco agressivo.

18. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** pelo fato de que o tipo de agressividade de engate é baseado, pelo menos em parte, no tempo decorrido durante o engate.

19. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que o motor é disposto dentro de um veículo agrícola (10).

20. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que o eixo de PTO aciona um implemento agrícola (24).

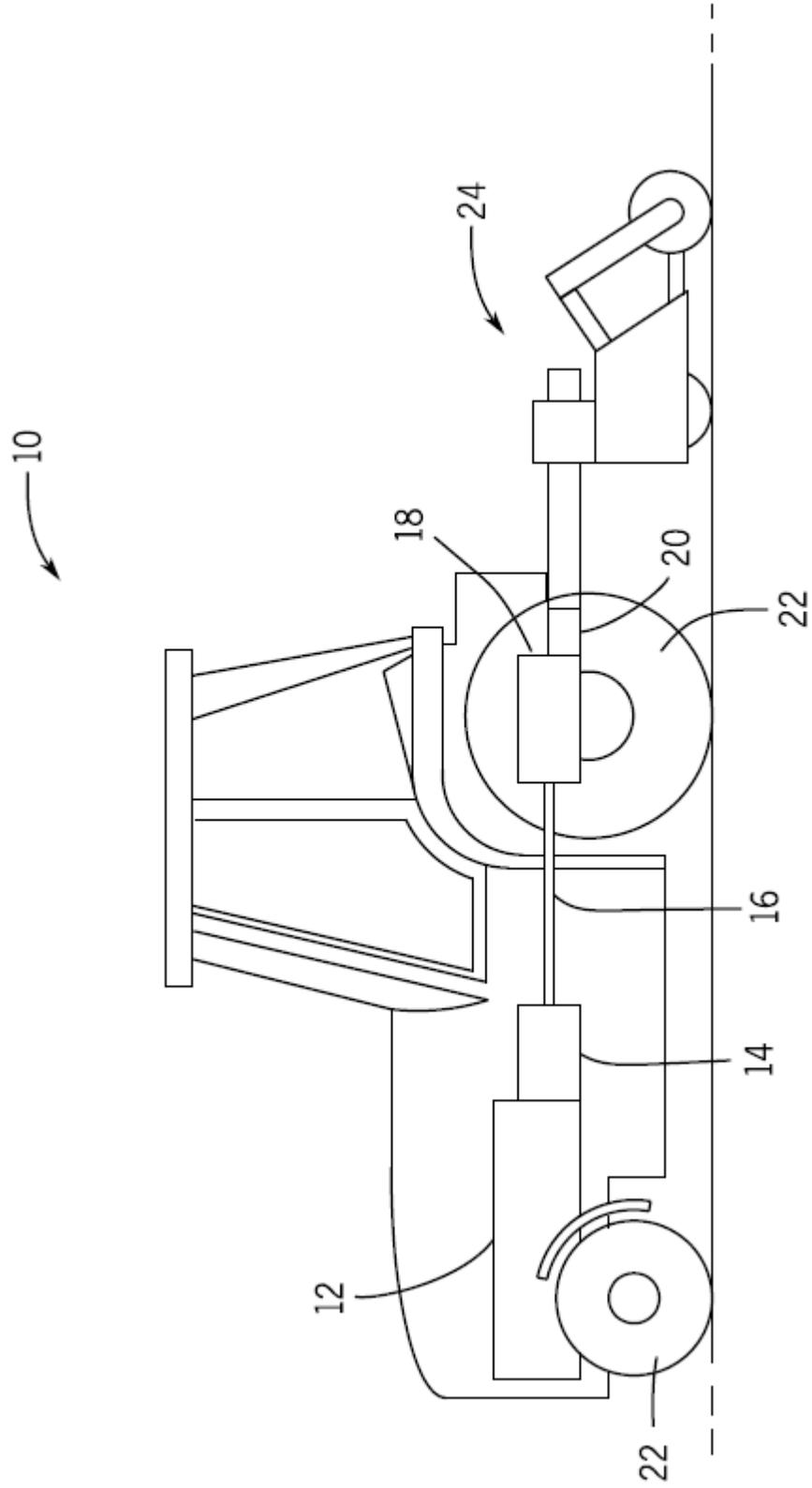


Fig. 1

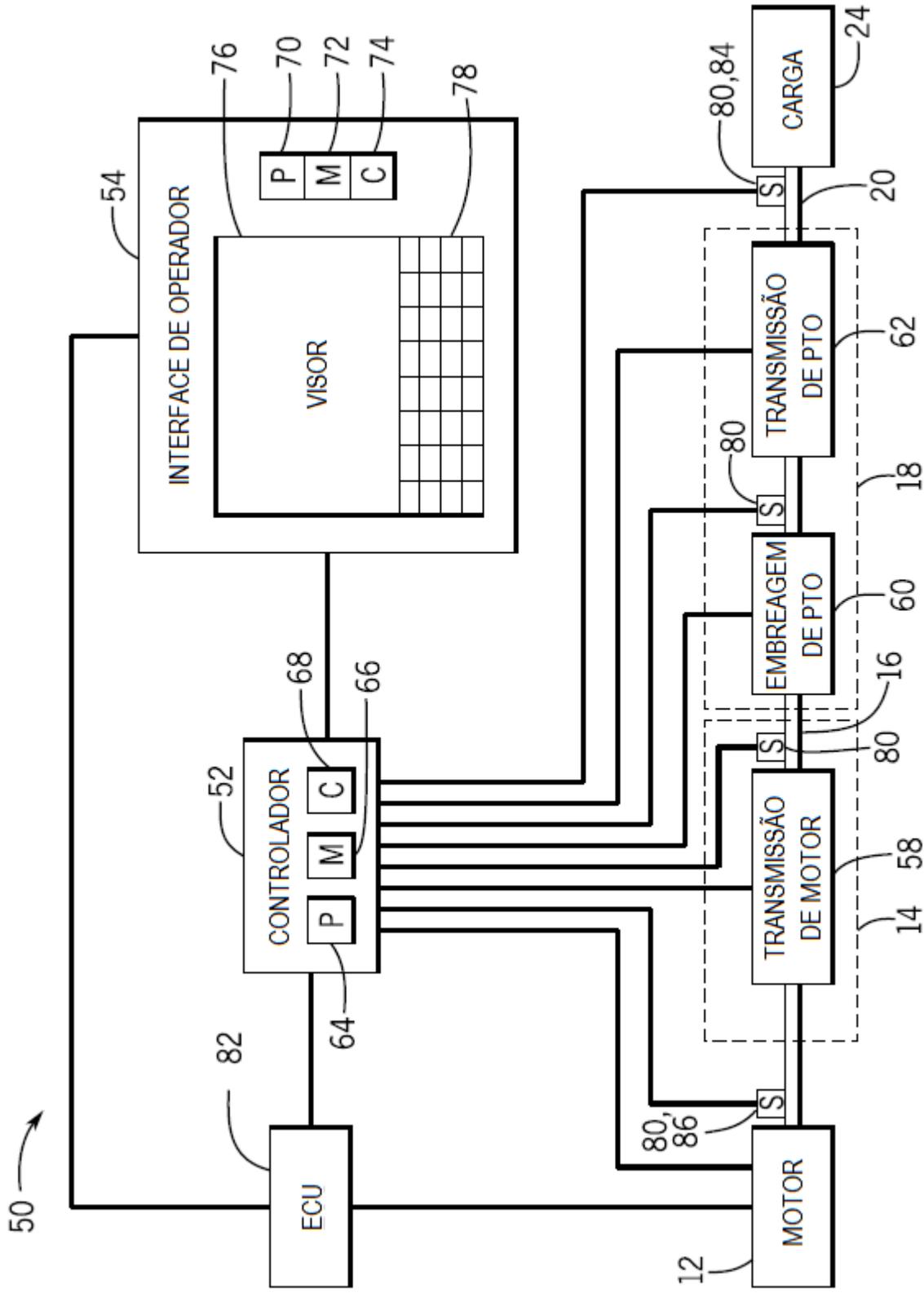


Fig. 2

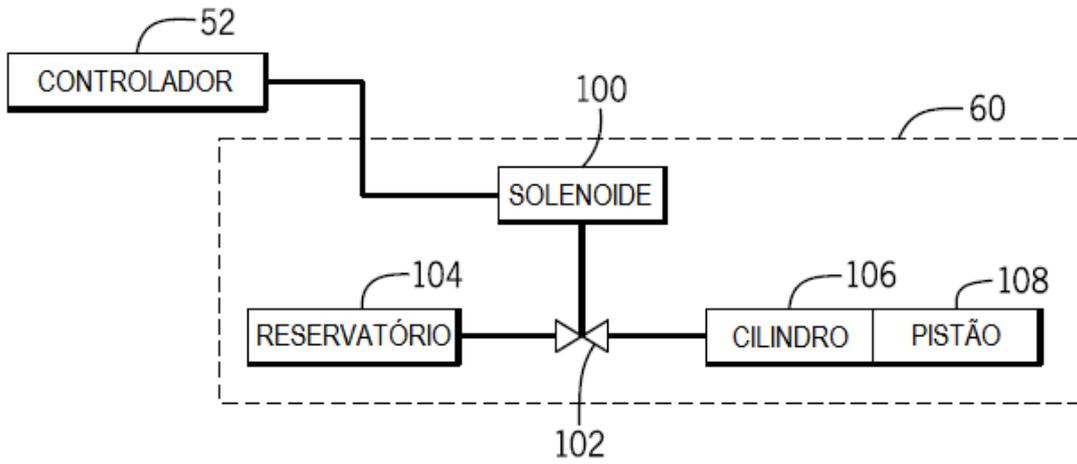


Fig. 3

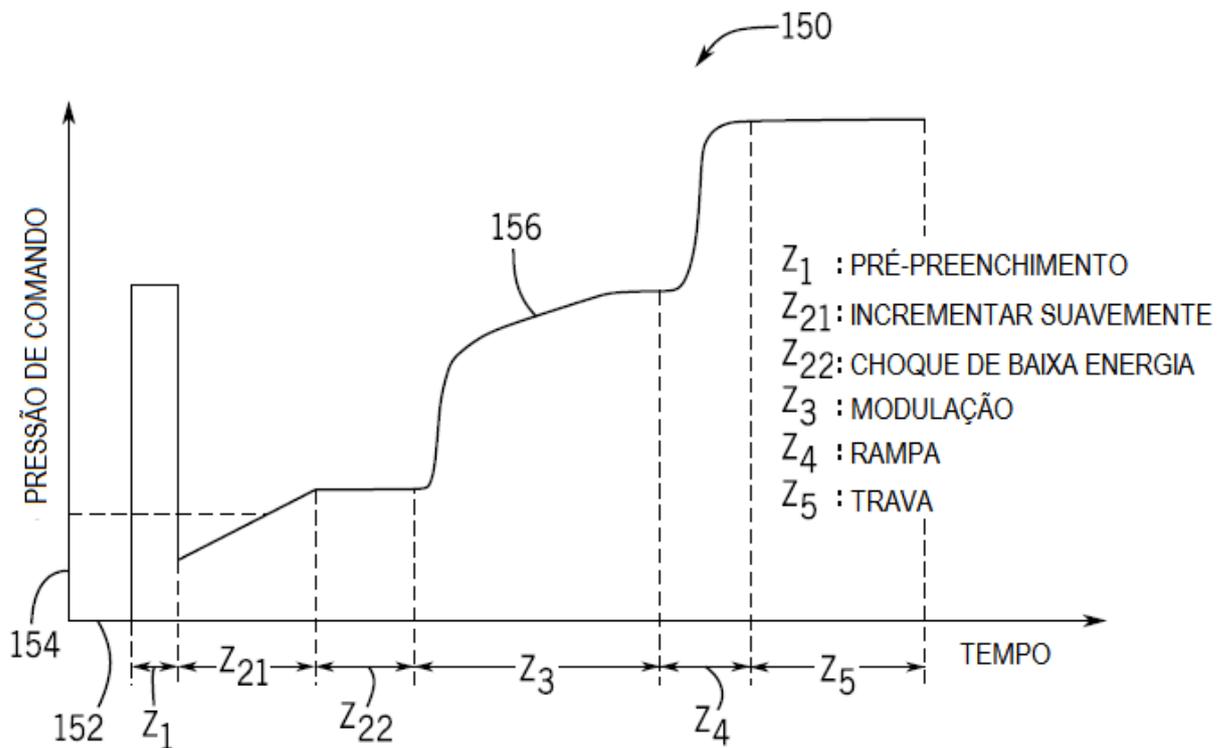


Fig. 4

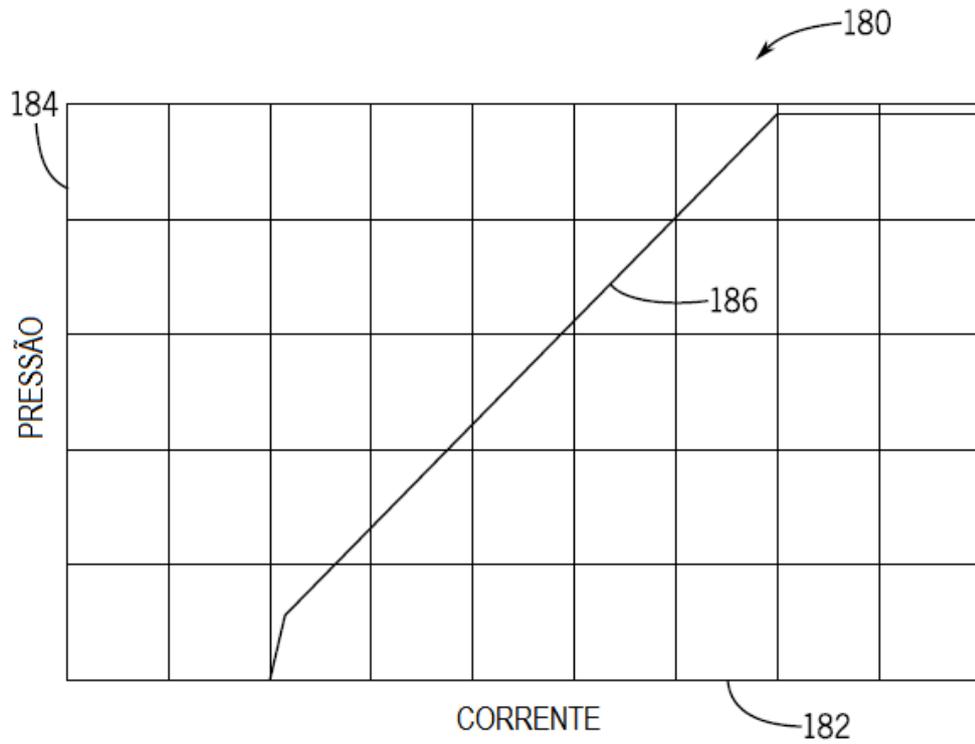


Fig. 5

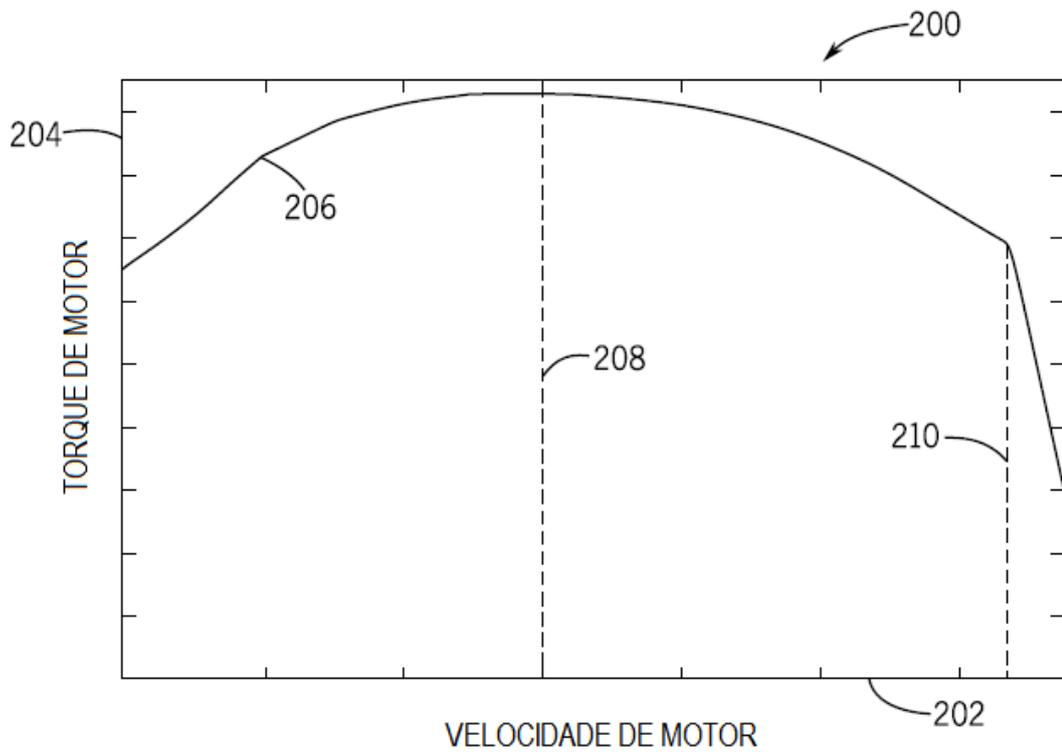


Fig. 6

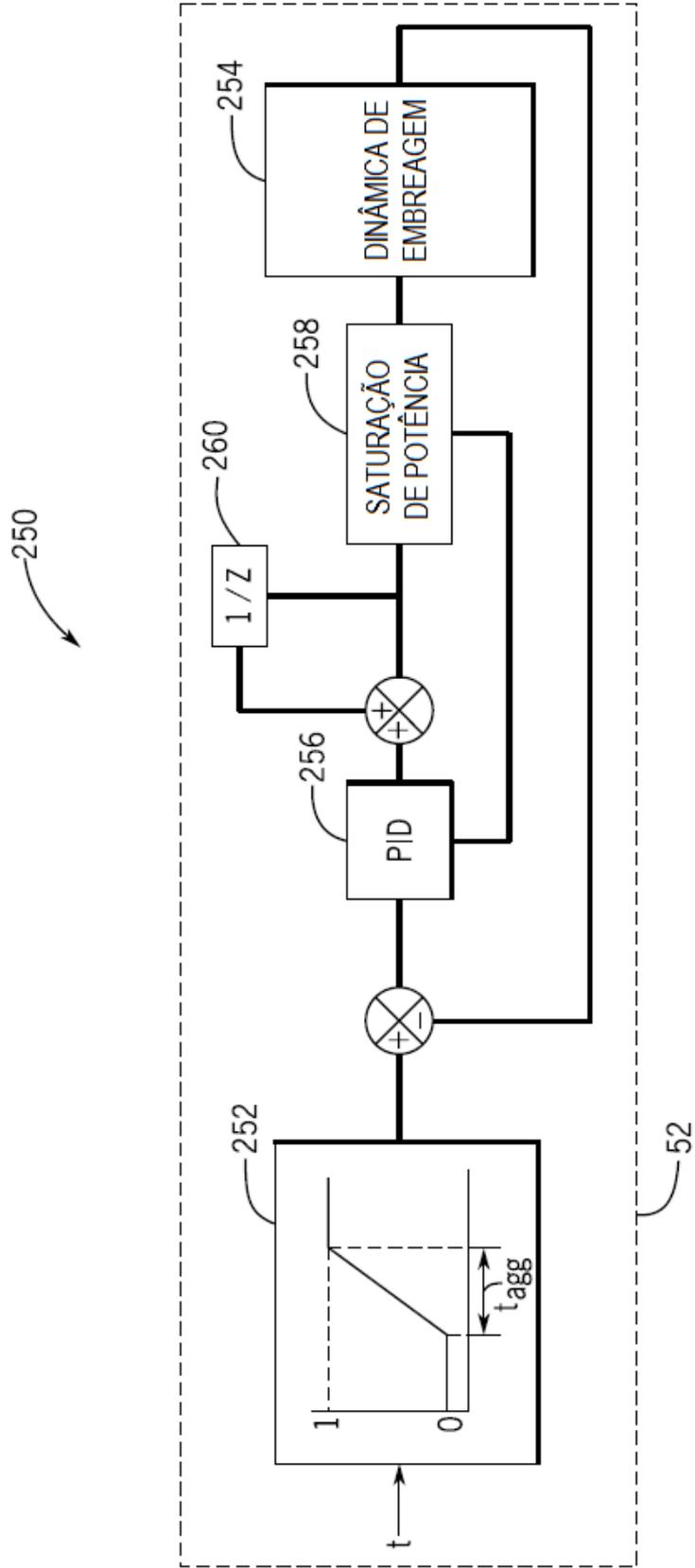


Fig. 7

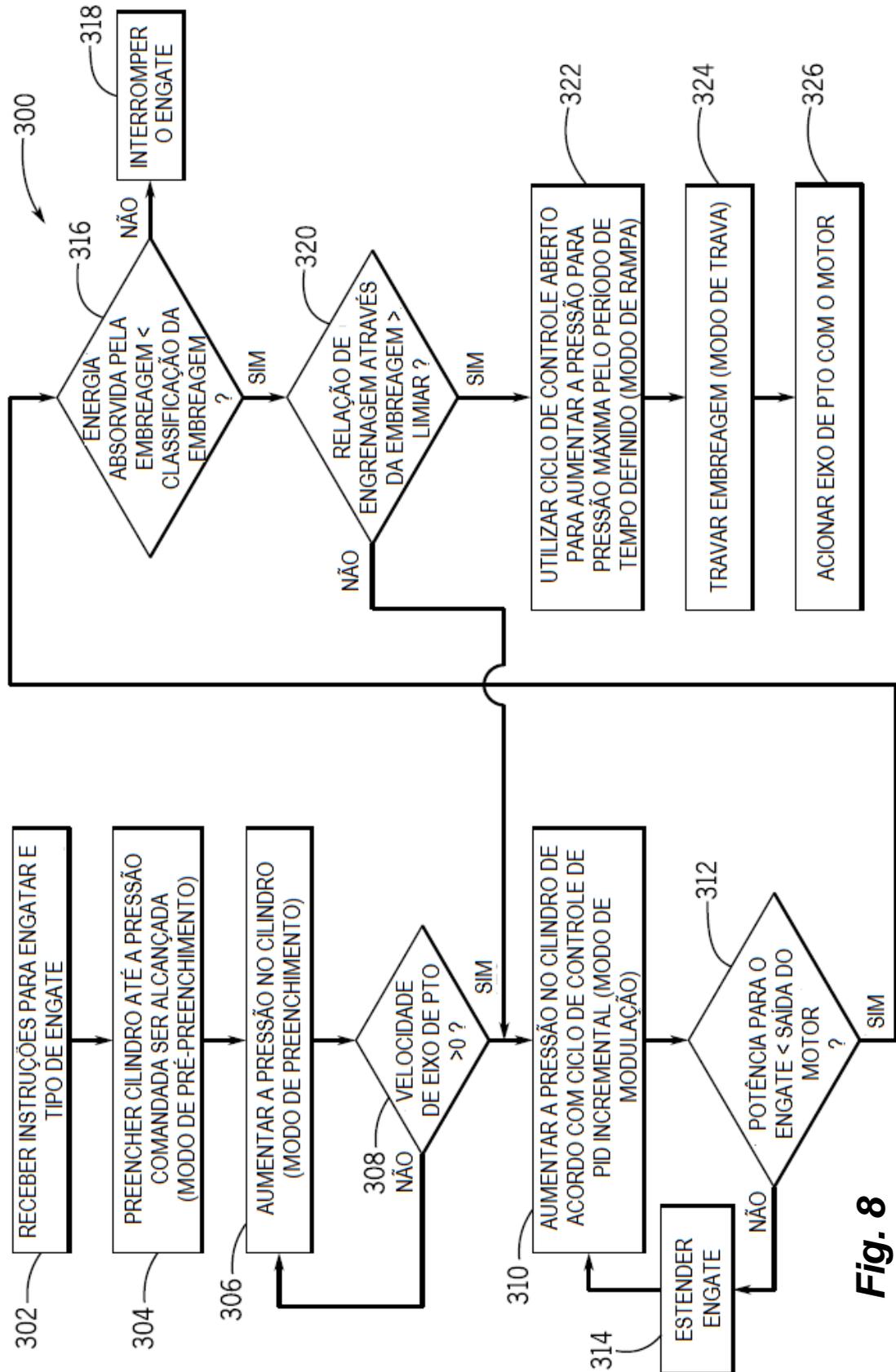


Fig. 8

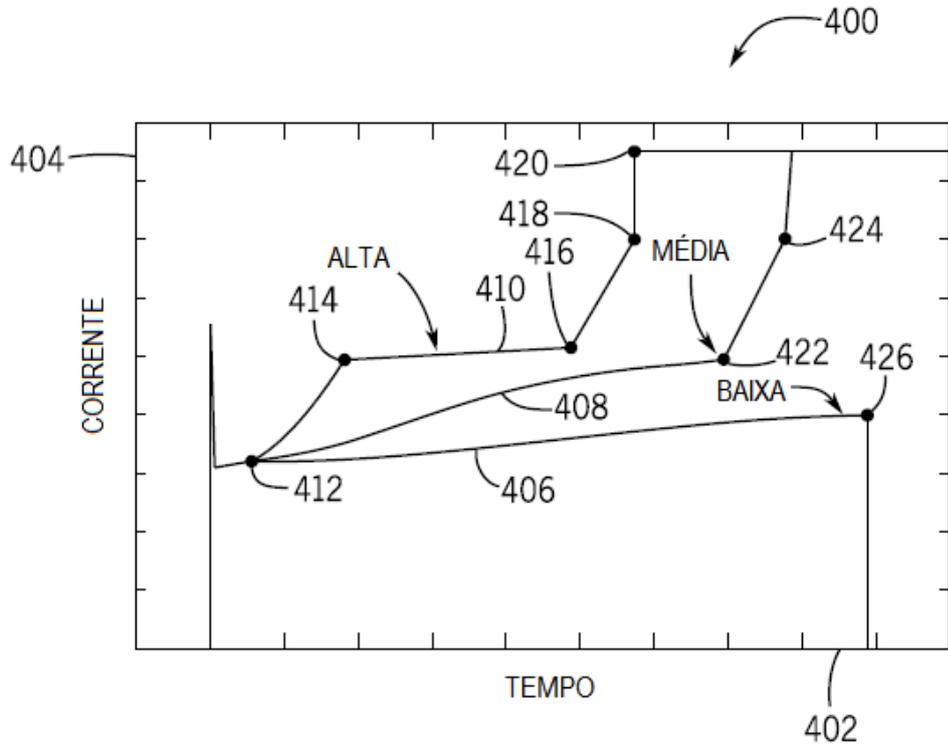


Fig. 9

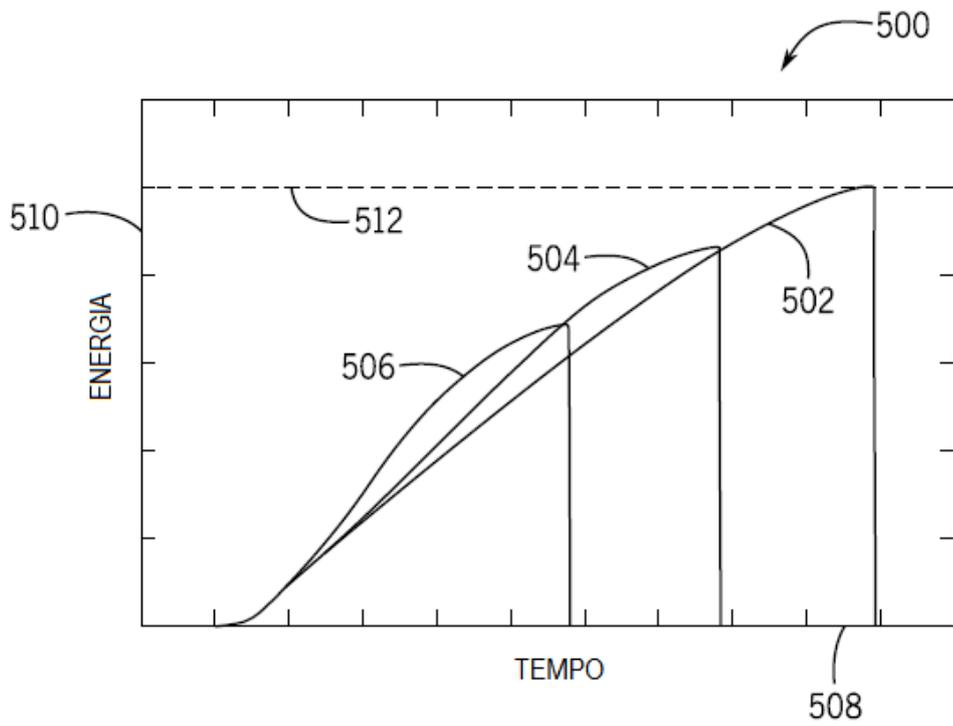


Fig. 10

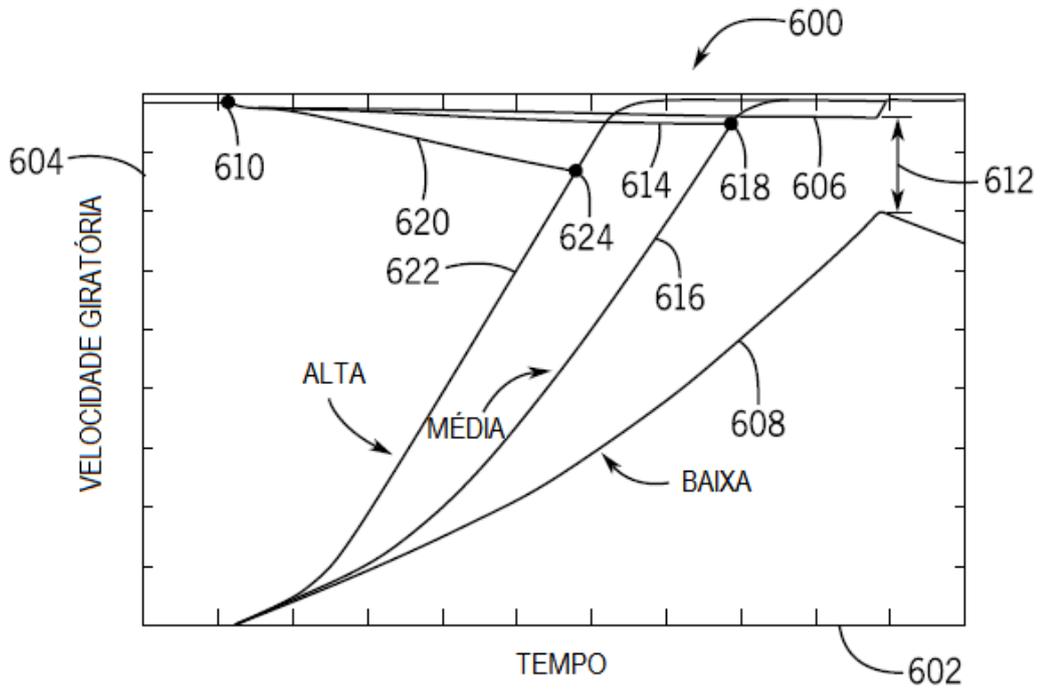


Fig. 11

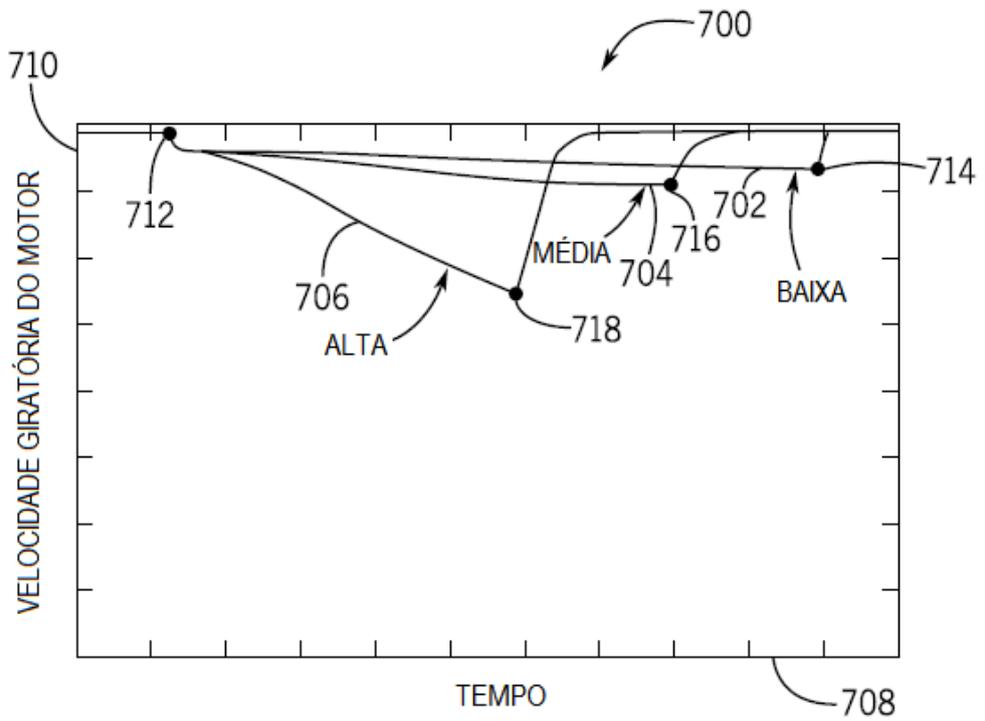


Fig. 12