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

(11) BR 112017005617-8 B1

(22) Data do Depósito: 17/09/2015

(45) Data de Concessão: 23/08/2022

(54) Título: SISTEMA HIDRÁULICO, MÉTODO DE CONTROLE DE UM FLUXO DE FLUIDO EM UM SISTEMA HIDRÁULICO E SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE FLUIDO

(51) Int.Cl.: F04C 14/24; F04C 14/08; F04C 15/00; F04C 29/12.

(30) Prioridade Unionista: 01/09/2015 US 62/212,788; 23/09/2014 US 62/054,176.

(73) Titular(es): PROJECT PHOENIX, LLC.

(72) Inventor(es): THOMAS AFSHARI.

(86) Pedido PCT: PCT US2015050589 de 17/09/2015

(87) Publicação PCT: WO 2016/048773 de 31/03/2016

(85) Data do Início da Fase Nacional: 20/03/2017

(57) Resumo: A presente invenção refere-se a um sistema de fluido que inclui uma bomba de velocidade variável e/ou de torque variável para bombear um fluido, pelo menos um conjunto de válvula de controle proporcional, um acionador que é operado pelo fluido para controlar uma carga, e um controlador que estabelece uma velocidade e/ou torque da bomba e uma posição do pelo menos um conjunto de válvula de controle proporcional. A bomba inclui pelo menos um condutor de fluido que fornece fluido para o acionador, que pode ser, por exemplo, um cilindro acionado por fluido, um motor acionado por fluido ou outro tipo de acionador acionado por fluido que controla uma carga. Cada condutor de fluido inclui um impulsionador primário e um conjunto de deslocamento de fluido. O conjunto de deslocamento de fluido pode ser acionado pelo impulsionador primário, tal que o fluido seja transferido da porta de entrada para a porta de saída da bomba.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **" SISTEMA HIDRÁULICO, MÉTODO DE CONTROLE DE UM FLUXO DE FLUIDO EM UM SISTEMA HIDRÁULICO E SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE FLUIDO ".**

PRIORIDADE

[001] O presente pedido reivindica prioridade ao Pedido de Patente Provisório US N° 62/054.176, depositado em 23 de setembro de 2014, e Pedido de Patente Provisório US N° 62/212.788, depositado em 1 de setembro de 2015, que são aqui incorporados por referência na sua totalidade.

CAMPO DA INVENÇÃO

[002] A presente invenção refere-se genericamente a vários sistemas que bombeiam fluido e para metodologias de controle dos mesmos. Mais particularmente, a presente invenção refere-se a controle de uma bomba de velocidade variável e/ou torque variável com pelo menos um condutor de fluido e pelo menos uma válvula de controle proporcional no sistema.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[003] Os sistemas em que um fluido é bombeado podem ser encontrados em uma variedade de aplicações tais como máquinas pesadas e industriais, indústria química, indústria alimentar, indústria médica, aplicações comerciais e aplicações residenciais, para citar apenas alguns. Porque as especificidades do sistema de bomba podem variar, dependendo da aplicação, por questões de brevidade, o contexto da presente invenção será descrito em termos de uma aplicação generalizada de sistema hidráulico tipicamente encontrado em máquinas pesadas e industriais. Em tais máquinas, sistemas hidráulicos podem ser usados em aplicações que vão desde pequenas aplicações pesadas de carga, por exemplo, escavadeiras, pás-carregadeiras, guindastes, e transmissões hidrostáticas, para citar apenas alguns.

Dependendo do tipo de sistema, uma máquina convencional com um sistema hidráulico inclui geralmente muitas partes, tais como um atuador hidráulico (por exemplo, um cilindro hidráulico, motor hidráulico ou outro tipo de atuador que executa trabalho sobre uma carga externa), uma bomba hidráulica (incluindo um motor e um conjunto de engrenagens), e um reservatório de fluido. O motor aciona o conjunto de engrenagens para fornecer fluido sob pressão a partir do reservatório de fluido para o atuador hidráulico, de uma maneira predeterminada. Por exemplo, quando o atuador hidráulico é um cilindro hidráulico, o fluido hidráulico a partir da bomba faz com que a haste do pistão do cilindro se mova dentro do corpo do cilindro. Num caso em que o atuador hidráulico é um motor hidráulico, o fluido hidráulico da bomba faz com que o motor hidráulico, por exemplo, gire dirija uma carga em anexo.

[004] Tipicamente, a inércia da bomba hidráulica nas aplicações industriais acima descritas torna impraticável variar a velocidade da bomba hidráulica para controlar com precisão o fluxo no sistema. Ou seja, as bombas da técnica anterior em tais máquinas industriais não são muito sensíveis às mudanças na demanda de fluxo. Assim, para controlar o fluxo no sistema, os dispositivos de controle de fluxo, tais como uma bomba hidráulica de deslocamento variável e/ou uma válvula de controle de fluxo direcional são adicionados ao sistema e a bomba hidráulica é administrada a uma velocidade constante para assegurar que uma pressão adequada está sempre mantida para os dispositivos de controle de fluxo. A bomba hidráulica pode ser executada em plena velocidade ou em alguma outra velocidade constante que assegura que o sistema tem sempre a pressão necessária para os dispositivos de controle de fluxo no sistema. No entanto, executar a bomba hidráulica em velocidade máxima ou em alguma outra velocidade constante é ineficiente, uma vez que não leva em conta as verdadeiras necessidades de entrada de energia do sistema. Por exemplo, a bomba

será executada em plena velocidade, mesmo quando a carga do sistema está apenas a 50%. Além disso, os dispositivos de controle de fluxo nestes sistemas usam tipicamente comandos hidráulicos para operar, que podem ser relativamente complexos e requer fluido hidráulico adicional para funcionar.

[005] Por causa da complexidade dos circuitos e controles hidráulicos, estes sistemas hidráulicos são tipicamente de loop aberto em que a bomba aspira o fluido hidráulico a partir de um grande reservatório de fluido e o fluido hidráulico é enviado de volta para o reservatório após a realização de trabalho sobre o atuador hidráulico e depois de ter sido usado nos controles hidráulicos. Isto é, a saída de fluido hidráulico a partir do atuador hidráulico e os controles hidráulicos não é enviada diretamente para a entrada da bomba, como num sistema de circuito fechado. Um sistema de circuito aberto, com um grande reservatório de fluido é necessário nestes sistemas para manter a temperatura do fluido hidráulico a um nível razoável e para garantir que há um suprimento adequado de fluido hidráulico para a bomba para impedir a cavitação e para operar os diferentes componentes controlados hidraulicamente. Embora circuitos de circuito fechado são conhecidos, estes tendem a ser para sistemas simples onde o risco de cavitação da bomba é mínimo. Em sistemas em circuito aberto, no entanto, os vários componentes são frequentemente localizados afastados um do outro. Para interligar estas partes, vários componentes adicionais, tais como eixos de ligação, mangueiras, tubos, e/ou dos acessórios são utilizados de uma forma complicada e, portanto, susceptível à contaminação. Além disso, estes componentes são susceptíveis a danos ou degradação em ambientes de trabalho agressivos, causando, assim, aumento do tempo de inatividade e reduzida confiabilidade da máquina. Assim, os sistemas conhecidos têm inconvenientes indesejáveis no que diz respeito a complexidade e a

confiabilidade dos sistemas.

[006] Outras limitações e desvantagens das abordagens convencionais, tradicionais e propostas serão evidentes para aqueles versados na técnica, através da comparação de tais abordagens com modalidades da presente invenção, tal como definida no resto da presente divulgação, com referência aos desenhos.

Sumário da Invenção

[007] As concretizações preferidas da presente invenção proporcionam controle mais rápido e mais preciso do fluxo e/ou a pressão do fluido em sistemas que usam uma velocidade variável e/ou uma bomba de torque variável. O sistema de bombagem de fluido e método de controle do mesmo discutidos abaixo são particularmente vantajosos num sistema de tipo de loop fechado uma vez que o controle mais rápido e mais preciso do fluxo de fluido e/ou a pressão em tais sistemas pode significar tamanhos de acumuladores menores e um risco reduzido de cavitação da bomba do que nos sistemas convencionais. Em uma modalidade exemplar, um sistema de fluido inclui uma bomba de velocidade variável e/ou de torque variável para, pelo menos um conjunto de válvula de controle proporcional, um atuador que é operado pelo fluido para controlar uma carga, e um controlador para simultaneamente estabelecer uma velocidade e/ou torque da bomba e uma abertura de pelo menos um conjunto de válvula de controle proporcional. A bomba inclui, pelo menos, um condutor de fluido que proporciona fluido ao atuador, que pode ser, por exemplo, um cilindro atuado por fluido, um motor acionado por um fluido ou um outro tipo de atuador acionado por fluido, que controla uma carga (por exemplo, uma lança de uma escavadora, uma transmissão hidrostática, ou algum outro equipamento ou dispositivo que pode ser operado por um atuador). Tal como aqui utilizado, "fluido" significa um líquido ou uma mistura de líquido e gás que contém principalmente líquido com respeito

ao volume. Cada condutor de fluido inclui um impulsionador primário e um conjunto de deslocamento de fluido. O conjunto de deslocamento de fluido pode ser acionado pelo impulsionador primário, tal que o fluido seja transferido da porta de entrada para a porta de saída da bomba. Em algumas modalidades, um conjunto de válvula de controle proporcional é disposto entre a saída da bomba e uma abertura de entrada do atuador. O conjunto da válvula de controle proporcional pode incluir uma válvula de controle proporcional e um atuador da válvula. Em algumas modalidades, o conjunto da válvula de controle proporcional é disposto entre uma abertura de saída do atuador e a entrada da bomba. Em outras modalidades, o sistema inclui dois conjuntos de válvula de controle proporcional, com um conjunto de válvula disposto entre a saída da bomba e a porta de entrada do atuador e o outro conjunto de válvula disposto entre a abertura de saída do atuador e a entrada da bomba. O controlador estabelece simultaneamente uma velocidade e/ou um torque do impulsionador primário e uma abertura de uma válvula de controle proporcional em pelo menos um conjunto de válvula de controle proporcional, de modo a controlar o fluxo e/ou uma pressão de fluido no sistema.

[008] Em algumas modalidades, o conjunto de deslocamento de fluido inclui um primeiro membro de deslocamento de fluido e um segundo membro de deslocamento de fluido. O primeiro membro de deslocamento de fluido é impulsionado pelo impulsionador primário e, quando acionado, o primeiro membro de deslocamento dirige o segundo membro de deslocamento do fluido. Quando acionado, o primeiro e segundo membros de deslocamento de fluido transferem fluido a partir de uma entrada da bomba a uma saída da bomba. Dependendo do projeto, um ou ambos os membros de deslocamento de fluido podem trabalhar em combinação com um elemento fixo, por exemplo, parede da bomba, crescente, ou outro componente semelhante, ao transferir o

fluido. Os primeiro e segundo membros de deslocamento de fluido podem ser, por exemplo, uma engrenagem externa ou interna com dentes de engrenagem, um cubo (por exemplo, um disco, cilindro, ou outro componente semelhante) com projeções (por exemplo, saliências, extensões, protuberâncias, saliências, outras estruturas semelhantes ou as suas combinações), um cubo (por exemplo, um disco, cilindro, ou outro componente semelhante) com endentações (por exemplo, cavidades, depressões, vazios ou estruturas semelhantes), um corpo de engrenagem com lóbulos ou outras estruturas semelhantes que podem deslocar o fluido quando acionados.

[009] Em algumas modalidades, a bomba inclui dois condutores de fluido com cada condutor de fluido incluindo um impulsionador primário e um conjunto de deslocamento de fluidos, que inclui um membro de deslocamento de fluido. O membro do deslocamento de fluidos em cada controlador de fluido é conduzido de forma independente pelo respectivo impulsionador principal. Cada membro de deslocamento de fluido tem, pelo menos, um de uma pluralidade de projeções e uma pluralidade de endentações. Isto é, como na modalidade acima, cada membro de deslocamento de fluido pode ser, por exemplo, uma engrenagem externa ou interna com dentes de engrenagem, um cubo (por exemplo, um disco, cilindro, ou outro componente semelhante) com projeções (por exemplo, saliências, extensões, protuberâncias, saliências, outras estruturas semelhantes ou as suas combinações), um cubo (por exemplo, um disco, cilindro, ou outro componente semelhante) com endentações (por exemplo, cavidades, depressões, vazios ou estruturas semelhantes), um corpo de engrenagem com lóbulos ou outras estruturas semelhantes que podem deslocar o fluido quando acionados. A configuração dos membros de deslocamento de fluido na bomba não necessita ser idêntica. Por exemplo, um membro de deslocamento de fluido pode ser

configurado como um membro de deslocamento de fluido de tipo de engrenagem externa e um outro membro de deslocamento de fluido pode ser configurado como um membro de deslocamento de fluido de tipo de engrenagem interna. Os membros de deslocamento de fluidos são, independentemente, operados por exemplo, por um motor eléctrico, um motor hidráulico ou outro motor acionado por fluido, um de combustão interna, de gás ou outro tipo de motor, ou outro dispositivo semelhante que pode funcionar independentemente o seu membro de deslocamento de fluido. "Opera independentemente", "operado independentemente", "aciona independentemente" e "acionado independentemente" significa que cada membro de deslocamento de fluido, por exemplo, uma engrenagem, é operado/acionado pelo seu próprio impulsionador primário, por exemplo, um motor elétrico, em uma configuração de um-para-um. No entanto, os condutores de fluido são operados por um controlador de tal modo que o contato entre os condutores de fluidos é sincronizado, por exemplo, a fim de bombear o fluido e/ou vedar uma via de fluxo inverso. Isto é, juntamente com estabelecer simultaneamente a velocidade e/ou o torque do impulsionador primário e uma abertura de uma válvula de controle proporcional em pelo menos um conjunto de válvula de controle proporcional, a operação dos condutores de fluido operados independentemente é sincronizada pelo controlador de tal forma que o membro de deslocamento de fluido de cada condutor de fluido entra em contato sincronizado com outro membro de deslocamento de fluido. O contato pode incluir pelo menos um ponto de contato, linha de contato ou área de contato.

[0010] Outra modalidade exemplar inclui um sistema que tem uma bomba hidráulica, pelo menos um conjunto de válvula de controle proporcional, e um controlador. A bomba hidráulica fornece fluido hidráulico para um atuador hidráulico. Em algumas modalidades, o

atuador hidráulico é um cilindro hidráulico e em outras modalidades do atuador hidráulico é um motor hidráulico. Naturalmente, a presente invenção não se limita a apenas estes exemplos e outros tipos de atuadores hidráulicos que operam uma carga podem ser utilizados. A bomba hidráulica inclui pelo menos um motor e um conjunto de engrenagens. O conjunto de engrenagens pode ser acionado por pelo menos um motor, tal que o fluido é transferido a partir da entrada da bomba para a saída da bomba. Cada conjunto de válvula de controle proporcional inclui uma válvula de controle proporcional e um atuador de válvula para operar a válvula de controle proporcional. Em algumas modalidades, uma válvula de controle proporcional é disposta entre a saída da bomba e a entrada do atuador hidráulico. Em algumas modalidades, a válvula de controle proporcional é disposta entre a saída do atuador hidráulico e a entrada da bomba. Em ainda outras modalidades, o sistema hidráulico pode incluir duas válvulas de controle proporcional. Nesta modalidade, uma das válvulas de controle proporcional pode ser disposta entre a saída da bomba e a entrada do atuador hidráulico, e a outra válvula de controle proporcional pode ser disposta entre a saída do atuador hidráulico e a entrada da bomba. O controlador estabelece simultaneamente uma velocidade e/ou um torque de pelo menos um motor e uma abertura da válvula de controle proporcional ou válvulas, de modo a controlar o fluxo e/ou uma pressão no sistema hidráulico.

[0011] O resumo da invenção é fornecido como uma introdução geral a algumas modalidades da invenção, e não se pretende que seja limitante a qualquer configuração de sistema hidráulico ou sistema de fluido particular. Deve ser compreendido que as várias características e configurações de características descritas no resumo podem ser combinadas de qualquer maneira adequada para formar qualquer número de modalidades da invenção. Alguns exemplos de modalidades

adicionais, incluindo variantes e configurações alternativas são fornecidos neste documento.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0012] Os desenhos anexos, que são incorporados neste documento e constituem uma parte do relatório descritivo, ilustram modalidades exemplificativas da invenção e, juntamente com a descrição geral fornecida acima e da descrição detalhada fornecida abaixo, servem para explicar as características das modalidades preferenciais da invenção.

[0013] A Figura 1 é um diagrama esquemático que ilustra uma modalidade exemplar de um sistema de fluido.

[0014] A Figura 2 ilustra uma modalidade exemplar de uma válvula de controle que pode ser usada no sistema da Figura 1.

[0015] A Figura 3 ilustra uma modalidade exemplar de uma bomba de engrenagem, que pode ser usada no sistema da Figura 1.

[0016] A Figura 4 mostra uma vista explodida de uma modalidade de uma bomba de engrenagem que pode ser usada no sistema da Figura 1.

[0017] A Figura 5 mostra uma vista em corte transversal de topo da bomba de engrenagem externa da Figura 4.

[0018] A Figura 5A mostra uma vista lateral em corte transversal tomada ao longo de uma linha A-A na Figura 5 da bomba de engrenagem externa.

[0019] A Figura 5B mostra uma vista lateral em corte transversal tomada ao longo da linha B-B na Figura 2 de uma bomba de engrenagem externa.

[0020] A Figura 6 ilustra percursos de fluxo exemplares do fluido bombeado pela bomba de engrenagem externa da Figura 4.

[0021] A Figura 6A mostra uma vista em corte transversal que ilustra o contato unilateral entre duas engrenagens em uma área de contato na

bomba de engrenagem externa da Figura 4.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERENCIAIS

[0022] Modalidades exemplificativas da presente invenção são dirigidas a sistemas em que o fluido é bombeado utilizando uma bomba de velocidade variável e/ou uma de torque variável e, pelo menos, uma válvula de controle proporcional. O funcionamento da bomba, e pelo menos uma válvula de controle proporcional, é coordenado para proporcionar o controle mais rápido e mais preciso do fluxo de fluido e/ou a pressão do que em sistemas convencionais. Como discutido em mais detalhe a seguir várias modalidades exemplificativas incluem configurações de bomba, em que um impulsionador primário aciona um conjunto de deslocamento de fluido que pode ter um ou mais membros de deslocamento de fluidos. Em algumas modalidades exemplificativas, o conjunto de deslocamento de fluido tem dois membros de deslocamento e o impulsionador principal dirige um membro de deslocamento de fluido que por sua vez conduz o membro do outro deslocamento de fluidos (uma configuração conduzida pelo condutor). Em algumas modalidades exemplificativas, a bomba inclui mais do que um condutor de fluido com cada condutor de fluido tendo um impulsionador primário e um membro de deslocamento do fluido. Os membros de deslocamento de fluido são acionados independentemente pelos respectivos impulsionadores principais, de modo a sincronizar o contato entre os respectivos membros de deslocamento de fluidos (configuração conduzida por condutor). Em algumas modalidades, o contato sincronizado fornece um coeficiente de deslizamento na gama de 5% ou menos.

[0023] A Figura 1 ilustra uma modalidade exemplar de um sistema de fluido. Para fins de brevidade, o sistema de fluido vai ser descrito em termos de uma aplicação exemplar de sistema hidráulico. No entanto, aqueles versados na técnica irão entender que os conceitos e

características a seguir descritos são também aplicáveis aos sistemas que bombeiam outros tipos (não-hidráulicos) de fluidos. O sistema hidráulico 1 inclui uma bomba hidráulica 10 fornecendo fluido hidráulico para um atuador hidráulico 3, que pode ser um cilindro hidráulico, um motor hidráulico ou outro tipo de atuador acionado por fluido, que realiza um trabalho sobre uma carga externa. O sistema hidráulico 1 também inclui conjuntos de válvulas de controle proporcional 2010 e 2110. No entanto, em algumas modalidades, o sistema 1 pode ser concebido para incluir apenas um dos conjuntos de válvula de controle proporcional 2010 e 2110. O sistema hidráulico 1 pode incluir um acumulador 170. O conjunto de válvula de controle proporcional 2010 está disposto entre a porta B da bomba hidráulica 10 e canal B do atuador hidráulico 3, ou seja, o conjunto da válvula 2010 está em comunicação de fluido com a porta B da bomba hidráulica 10 e canal B do atuador hidráulico 3. O conjunto de válvula de controle 2110 é disposto entre a porta A da bomba hidráulica 10 e a porta A do atuador hidráulico 3, ou seja, o conjunto da válvula de controle 2110 está em comunicação de fluido com o canal A da bomba hidráulica 10 e a porta A do atuador hidráulico 3.

[0024] Numa modalidade exemplar, a bomba 10 é uma bomba de velocidade variável, de torque variável. Em algumas modalidades, a bomba hidráulica 10 é bidirecional. A bomba hidráulica 10 inclui condutor de fluido 13 que tem um impulsionador primário 11 e um conjunto de deslocamento de fluido 12. O impulsionador primário pode ser, por exemplo, um motor eléctrico, um motor hidráulico ou outro motor acionado por fluido, um de combustão interna, de gás ou outro tipo de motor, ou outro dispositivo semelhante que pode funcionar independentemente o seu membro de deslocamento de fluido. Na modalidade exemplar da Figura 1, um único condutor de fluido 13 é ilustrado. No entanto, a bomba 10 pode ter mais do que um condutor de

fluido. Em algumas modalidades, cada condutor de fluido inclui um impulsionador primário 11 e um conjunto de deslocamento de fluido 12. Na modalidade exemplar, o conjunto de deslocamento de fluido 12 tem um membro de deslocamento do fluido, que desloca o fluido quando acionado pelo impulsionador primário 11. O membro de deslocamento de fluido pode ser, por exemplo, um cubo (por exemplo, um disco, cilindro, ou outro componente semelhante) com projeções (por exemplo, saliências, extensões, protuberâncias, saliências, outras estruturas semelhantes ou as suas combinações), um cubo (por exemplo, um disco, cilindro, ou outro componente semelhante) com endentações (por exemplo, cavidades, depressões, vazios ou estruturas semelhantes), um corpo de engrenagem com lóbulos ou outras estruturas semelhantes que podem deslocar o fluido quando acionados. O impulsionador primário 11 é controlado pela unidade de controle 266 através da unidade de condução 2022, e o impulsionador primário 11 conduz o conjunto de deslocamento de fluido 12. Em algumas modalidades, o impulsionador primário 11 é bidirecional. A modalidade exemplar da Figura 1 inclui dois conjuntos de válvula de controle proporcional 2010, 2110. Cada conjunto de válvula 2010, 2110 inclui uma válvula de controle proporcional 2014, 2114, respectivamente. As válvulas de controle 2014, 2114 também são controladas pela unidade de controle 266 por meio da unidade de condução 2022. As válvulas de controle 2014, 2114 podem ser comandados a se tornarem completamente abertas, completamente fechadas ou estranguladas entre 0% e 100% pela unidade de controle 266 através da unidade de condução 2022 usando a conexão de comunicação correspondente 2025, 2125. Em algumas modalidades, a unidade de controle 266 pode comunicar diretamente com cada conjunto de válvula de controle 2010, 2110 e a bomba hidráulica 10. A fonte de alimentação comum 2020 pode fornecer energia para os conjuntos de válvulas de controle 2010, 2110 e a bomba

hidráulica 10. Em algumas modalidades, os conjuntos de válvulas de controle 2010, 2110 e a bomba hidráulica 10 tem fontes de alimentação separadas.

[0025] A unidade de condução 2022 inclui hardware e/ou software que interpreta os sinais de comando da unidade de controle 266 e envia os sinais de demanda apropriados para o impulsionador primário 11 e/ou válvulas 2014, 2114. Por exemplo, a unidade de condução 2022 pode incluir curvas de bomba e/ou curvas de impulsionador primário (por exemplo, curvas de motor, se o impulsionador primário é um motor eléctrico), que são específicas para a bomba hidráulica 10 de tal modo que os sinais de comando a partir da unidade de controle 266 serão convertidos em um sinal de demanda de velocidade/torque apropriado para a bomba hidráulica 10 com base no projeto da bomba hidráulica 10. Do mesmo modo, a unidade de condução 2022 pode incluir curvas de válvula e/ou curvas de atuador de válvula que são específicas para as válvulas de controle 2014, 2114 e os sinais de comando a partir da unidade de controle 266 irão ser convertidos para os sinais de demanda apropriados com base no tipo de válvula. As curvas de impulsionador primário/bomba e as curvas de válvula/atuador podem ser implementadas em hardware e/ou software, por exemplo, sob a forma de circuitos de hardware, algoritmos de software e fórmulas, ou uma combinação dos mesmos.

[0026] Em algumas modalidades, a unidade de condução 2022 pode incluir circuitos de aplicação específicos de hardware e/ou software (por exemplo, algoritmos ou qualquer outra instrução ou um conjunto de instruções para executar uma operação desejada) para controlar o impulsionador principal 11 e/ou válvulas de controle 2014, de 2114. Por exemplo, em algumas aplicações, o atuador hidráulico 3 pode ser um cilindro hidráulico instalado num braço de uma escavadora. Em um tal sistema exemplar, a unidade de condução 2022 pode incluir

circuitos, algoritmos, protocolos (por exemplo, de segurança, de funcionamento), tabelas de consulta, etc., que são específicos para o funcionamento do braço. Assim, um sinal de comando da unidade de condução 266 pode ser interpretado pela unidade de condução 2022 para controlar adequadamente o impulsionador primário 11 e/ou controle de válvulas de 2014, 2114 para posicionar o braço em uma posição desejada.

[0027] A unidade de controle 266 pode receber dados de feedback do impulsionador principal 11. Por exemplo, dependendo do tipo de impulsionador primário a unidade de controle 266 pode receber valores de revolução por minuto (rpm) de impulsionador primário, valores de velocidade, valores de frequência, valores de torque, valores de tensão e corrente e/ou outros dados relativos a uma operação de um impulsionador primário. Além disso, a unidade de controle 266 pode receber dados de feedback das válvulas de controle 2014, 2114. Por exemplo, a unidade de controle 266 pode receber o estado de abrir e fechar e/ou o estado por cento de abertura das válvulas de controle 2014, 2114. Além disso, dependendo do tipo de atuador de válvula, a unidade de controle 266 pode receber feedbacks tais como a velocidade e/ou a posição do atuador. Além disso, a unidade de controle 266 pode receber feedback dos parâmetros do processo, tais como pressão, temperatura, fluxo, ou outros parâmetros relacionados com a operação do sistema 1. Por exemplo, cada conjunto de válvula de controle 2010, 2110 pode ter sensores (ou transdutores) 2016-2018, 2116-2118, respectivamente, para medição de parâmetros do processo, como pressão, temperatura e velocidade de fluxo do fluido hidráulico. Os sensores 2016-2018, 2116-2118 podem se comunicar com a unidade de controle da unidade 266/unidade 2022 via conexões de comunicação 2012, 2112, respectivamente. Os sensores 2016-2018, 2116-2118 podem ser tanto no lado a montante ou do lado a jusante das válvulas

de controle proporcional 2014, 2114, como desejado. Em algumas modalidades, dois conjuntos de sensores são fornecidos por qualquer uma ou de cada uma das válvulas de controle proporcional 2014, 2114, onde um conjunto de sensores está disposto no lado a montante e o outro conjunto está disposto no lado a jusante. Alternativamente, ou em adição aos sensores 2016-2018, 2116-2118 ou o conjunto adicional de sensores, o sistema hidráulico 1 pode ter outros sensores em todo o sistema para medir os parâmetros de processo, tais como, por exemplo, pressão, temperatura, fluxo, ou outros parâmetros relacionados com a operação do sistema 1.

[0028] Voltando à Figura 1, embora a unidade de condução 2022 e a unidade de controle 266 estão mostradas como controladores separados, as funções dessas unidades podem ser incorporadas num único controlador ou ainda separadas em vários controladores (por exemplo, se houver vários condutores de fluidos e, assim, múltiplos motores principais, os impulsionadores primários podem ter um controlador comum e/ou cada motor primário pode ter o seu próprio controlador e/ou as válvulas de controle 2014, 2114, pode ter um controlador comum e/ou cada válvula de controle pode ter seu próprio controlador). Os controladores (por exemplo, unidade de controle 266, unidade de condução 2022 e/ou em outros controladores) podem se comunicar uns com os outros para coordenar a operação dos conjuntos de válvulas de controle 2010, 2110 e a bomba hidráulica 10. Por exemplo, como ilustrado na Figura 1, a unidade de controle 266 se comunica com a unidade de condução 2022 através de uma conexão de comunicação 2024. As comunicações podem ser de base digital ou de base analógica (ou uma combinação dos mesmos) e podem ser com ou sem fios (ou uma combinação dos mesmos). Em algumas modalidades, o sistema de controle pode ser uma operação de "fly-by-wire" em que os sinais de controle e sensor entre a unidade de controle

266, a unidade de condução 2022, os conjuntos de válvulas de controle 2010, 2110, bomba hidráulica 10, sensores 2016-2018, 2116-2118 são totalmente eletrônicos ou quase todos eletrônicos. Ou seja, no caso de sistemas hidráulicos, o sistema de controle não usa linhas de sinal hidráulico ou linhas de feedback hidráulico para controle, por exemplo, as válvulas de controle 2014, 2114 não tem conexões hidráulicas para válvulas piloto. Em alguns sistemas, a combinação de controlos electrónicos e hidráulicos pode ser usada.

[0029] A unidade de controle 266 pode receber entradas da unidade de entrada de um operador 276. Usando a unidade de entrada 276, o operador pode controlar manualmente o sistema ou selecionar rotinas pré-programadas. Por exemplo, o operador pode selecionar um modo de operação do sistema, tal como o modo de fluxo (ou velocidade), o modo de pressão (ou torque), ou um modo equilibrado. Modo de fluxo ou modo de velocidade podem ser utilizados para uma operação em que é necessária uma resposta relativamente rápida do atuador 3 com um requisito de torque relativamente baixo, por exemplo, uma retração relativamente rápida ou extração de uma haste de pistão num cilindro hidráulico, uma resposta de rpm rápida num motor hidráulico, ou qualquer outro cenário em qualquer tipo de aplicação em que é necessária uma resposta rápida do atuador. Por outro lado, um modo de pressão ou de torque pode ser utilizado para uma operação em que é necessária uma resposta relativamente lenta do atuador 3 com um requisito de torque relativamente elevado. Com base no modo de operação selecionado, o esquema de controle para controlar o impulsionador primário 11 e as válvulas de controle 2014, 2114 pode ser diferente. Isto é, dependendo do modo desejado de operação, por exemplo, como definido pelo operador ou tal como determinado pelo sistema com base na aplicação (por exemplo, uma aplicação hidráulica regulável ou outro tipo de aplicação hidráulica), o fluxo e/ou pressão

para o atuador hidráulico 3 pode ser controlado a um valor de ponto de ajuste desejado controlando-se tanto a velocidade ou o torque do impulsionador primário 11 e/ou a posição de válvulas de controle 2014, 2114. A operação das válvulas de controle 2014, 2114 e impulsionador primário 11 são coordenadas de modo a que tanto a abertura por cento das válvulas de controle 2014, 2114 e a velocidade/torque do impulsionador primário 11 são adequadamente controladas para manter um fluxo desejado/pressão no sistema. Por exemplo, numa operação de modo de fluxo (ou velocidade), a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 controla o fluxo do sistema controlando a velocidade do impulsionador primário 11 em combinação com a posição das válvulas de controle 2014, 2114, como descrito abaixo. Quando o sistema está em operação no modo de pressão (ou torque), a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 controla a pressão a um ponto desejado no sistema, por exemplo, no canal A ou B do atuador hidráulico 3, ajustando o torque do impulsionador primário 11 em combinação com a posição das válvulas de controle 2014, 2114, tal como descrito abaixo. Quando o sistema está em um modo equilibrado de funcionamento, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 leva tanto a pressão do sistema e taxa de fluxo hidráulico em conta quando controlando o impulsionador primário 11 e válvulas de controle 2014, 2114.

[0030] O uso de válvulas de controle 2014, 2114 em combinação com o controle do impulsionador principal 11 prevê uma maior flexibilidade. Por exemplo, a combinação de válvulas de controle 2014, 2114 e impulsionador primário 11 proporciona um controle mais rápido e mais preciso do fluxo do sistema hidráulico e de pressão do que com a utilização de uma bomba hidráulica sozinha. Quando o sistema requer um aumento ou diminuição no fluxo, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 vai mudar as velocidades do impulsionador primário

11 em conformidade. No entanto, devido à inércia da bomba hidráulica 10 e do sistema hidráulico 1, pode haver um atraso de tempo quando o novo sinal de demanda de fluxo é recebido pelo impulsionador primário 11 e, quando há uma alteração real no fluxo de fluido. Da mesma forma, no modo de pressão/torque, pode haver também um atraso de tempo quando o sinal de demanda de nova pressão é enviado e quando existe uma alteração real da pressão do sistema. Quando são necessários tempos de resposta rápidos, as válvulas de controle 2014, 2114 permitem a um sistema hidráulico 1 fornecer uma resposta quase instantânea a mudanças no sinal de demanda de fluxo/pressão. Em alguns sistemas, a unidade de controle 266 e/ou a unidade de condução 2022 podem determinar e definir o modo apropriado de operação (por exemplo, o modo de fluxo, modo de pressão, modo equilibrado) com base na aplicação e o tipo de operação que está sendo realizada. Em algumas modalidades, o operador estabelece inicialmente o modo de funcionamento, mas a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode substituir a configuração do operador com base em, por exemplo, protocolos pré-determinados operacionais e de segurança. Tal como indicado acima, o controle da bomba hidráulica 10 e conjuntos de válvula de controle 2010, 2110 podem variar dependendo do modo de operação.

[0031] Em operação de modo de pressão/torque, a potência do impulsionador principal 11 é determinada com base nas exigências de aplicação do sistema usando critérios como a maximização do torque do impulsionador principal 11. Se a pressão hidráulica é menos de um ponto de ajuste predeterminado, por exemplo, na porta A do atuador hidráulico 3, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 vai aumentar o torque do mecanismo principal para aumentar a pressão hidráulica, por exemplo, se o impulsionador principal é um motor eléctrico, a corrente (e, portanto, o torque) do motor é aumentada. Claro,

o método para aumentar o torque irá variar em função do tipo de impulsionador principal. Se a pressão na porta A do atuador hidráulico 3 é mais elevada do que a pressão desejada, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 irá diminuir o torque do impulsionador principal, por exemplo, se o impulsionador principal é um motor eléctrico, a corrente do motor (e, assim, o torque) é reduzida para reduzir a pressão hidráulica. Embora a pressão na porta de um atuador hidráulico 3 seja utiliza na modalidade exemplificativa acima discutida, a operação no modo de pressão não se limita a medir a pressão nesse local ou mesmo em um único local. Em vez disso, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode receber sinais de feedback de pressão de qualquer outro local ou a partir de vários locais no sistema de controle. Operação de modo de pressão pode ser usada em uma variedade de aplicações.

[0032] Por exemplo, se o atuador hidráulico 3 é um cilindro hidráulico e existe um comando para estender (ou extrato) o cilindro hidráulico, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 vai determinar se um aumento na pressão na entrada para a câmara de extração do cilindro hidráulico (por exemplo, a porta A do atuador hidráulico 3) é necessário e, em seguida, enviar um sinal para o impulsionador principal 11 e às válvulas de controle 2014, 2114 que resulta num aumento de pressão na entrada para a câmara de extração. Da mesma forma, se o atuador hidráulico 3 é um motor hidráulico e existe um comando de aumentar a velocidade do motor hidráulico, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 vai determinar que um aumento na pressão na entrada para o motor hidráulico (por exemplo, uma porta A do atuador hidráulico 3) é necessário e, em seguida, enviar um sinal para o impulsionador principal 11 e às válvulas de controle 2014, 2114 o que resulta num aumento de pressão na entrada para o motor hidráulico.

[0033] Na operação de modo de pressão/torque, o sinal de demanda para a bomba hidráulica 10 irá aumentar a corrente para o impulsionador principal 11 que aciona o conjunto de deslocamento de fluido 12 da bomba hidráulica 10, o que aumenta o torque. No entanto, como discutido acima, pode haver um atraso de tempo entre o momento de o sinal de demanda ser enviado e quando a pressão aumenta realmente, por exemplo, na porta A do atuador hidráulico 3 (que pode ser, por exemplo, a entrada para a câmara de extração de um cilindro hidráulico, a entrada para o motor hidráulico, ou uma entrada para um outro tipo de atuador hidráulico). Para reduzir ou eliminar esse lapso de tempo, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 também enviará simultaneamente (por exemplo, simultaneamente ou quase que simultaneamente) um sinal para uma ou ambas as válvulas de controle 2014, 2114 para abrir mais (isto é, aumentar a abertura da válvula). Porque o tempo de reação das válvulas de controle 2014, 2114 é mais rápido do que o do impulsionador principal 11 devido às válvulas de controle 2014, 2114 terem menos inércia, a pressão no atuador hidráulico 3 aumentará imediatamente conforme uma ou ambas as válvulas de controle 2014, 2114 começa a se abrir ainda mais. Por exemplo, se a porta A da bomba hidráulica 10 é a descarga da bomba 10, a válvula de controle 2114 pode ser operada para controlar imediatamente a pressão na porta A de um atuador hidráulico 3 para um valor desejado. Durante o tempo que a válvula de controle 2114 está a ser controlada, o impulsionador principal 11 estará em aumento da pressão na descarga da bomba hidráulica 10. Conforme a pressão aumenta, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 vai fazer as correções necessárias para a válvula de controle 2114 manter a pressão desejada na porta A do atuador hidráulico 3.

[0034] Em algumas modalidades, a válvula de controle 2014, 2114 a jusante da bomba hidráulica 10, ou seja, a válvula no lado de

descarga, será controlada ao mesmo tempo em que a válvula no lado a montante permanece a uma abertura de válvula constante predeterminada, por exemplo, a válvula a montante pode ser definida como 100% aberta (ou próximo de 100% ou consideravelmente elevada percentagem de abertura) para minimizar a resistência do fluido nas linhas hidráulicas. No exemplo acima, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode estrangular (ou controlar) a válvula de controle 2114 (isto é, válvula a jusante), mantendo a válvula de controle 2014 (ou seja, válvula a montante) a uma abertura de válvula constante, por exemplo, 100% aberta. Em algumas modalidades, uma ou ambas as válvulas de controle 2014, 2114 também podem ser controladas para eliminar ou reduzir a instabilidade no sistema hidráulico 1. Por exemplo, a medida que o atuador hidráulico 3 é utilizado para operar uma carga, a carga poderia causar instabilidades de fluxo ou pressão no sistema hidráulico um (por exemplo, devido a problemas mecânicos na carga, uma mudança no peso da carga, ou por algum outro motivo). A unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode ser configurada para controlar as válvulas de controle 2014, 2114 para eliminar ou reduzir a instabilidade. Por exemplo, conforme a pressão está a ser aumentada para o atuador hidráulico 3, o atuador 3 começa a agir de forma irregular (por exemplo, o cilindro começa a mover-se demasiado rapidamente, o número de rotações do motor hidráulico é muito rápido, ou algum outro comportamento errático) devido a uma instabilidade na carga, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode ser configurada para detectar a instabilidade com base nos sensores de pressão e de fluxo e para fechar uma ou ambas as válvulas de controle 2014, 2114 adequadamente para estabilizar o sistema hidráulico 1. Naturalmente, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode ser configurada com salvaguardas para que a válvula a montante não feche a ponto de privar a bomba

hidráulica 10.

[0035] Em algumas situações, a pressão no atuador hidráulico 3 (por exemplo, na porta A) é maior do que o desejado. Por exemplo, num caso em que o atuador hidráulico 3 é um cilindro hidráulico, uma pressão maior do que a desejada pode significar que o cilindro vai estender ou retrair muito rápido ou o cilindro vai estender ou retrair quando deveria ser estacionário, ou num caso onde o atuador hidráulico 3 é um motor hidráulico, uma pressão mais elevada do que o desejado pode significar que o número de rotações do motor hidráulico será muito alto. Claro que, em outros tipos de aplicações e/ou situações, uma pressão maior do que o desejado pode levar a outras condições de operação desejadas. Em tais casos, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode determinar que existe demasiada pressão na porta apropriada do atuador hidráulico 3. Se assim for, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 vai determinar que uma diminuição da pressão na porta apropriada do atuador hidráulico 3 é necessária e, em seguida, enviar um sinal para o impulsionador principal 11 e às válvulas de controle 2014, de 2114, que resulta em um decréscimo de pressão. O sinal de demanda para a bomba hidráulica 10 diminuirá a corrente para o impulsionador principal 11 que aciona o conjunto de deslocamento de fluido 12 da bomba hidráulica 10, o que diminui o torque. No entanto, como discutido acima, pode haver um lapso de tempo entre o momento quando o sinal de solicitação é enviado e quando a pressão no cilindro hidráulico 3 diminui efetivamente. Para reduzir ou eliminar esse lapso de tempo, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 também enviará simultaneamente (por exemplo, simultaneamente ou quase que simultaneamente) um sinal para uma ou ambas das válvulas de controle 2014, 2114 para ainda mais próximo (isto é, diminuir a abertura da válvula). Porque o tempo de reação das válvulas de controle 2014, 2114 vai ser mais rápido do que

o do impulsionador principal 11 devido às válvulas de controle 2014, 2114 terem menos inércia, a pressão na porta apropriada do atuador hidráulico 3 diminuirá imediatamente conforme uma ou ambas as válvulas de controle 2014, 2114 começam a se fechar. À medida que a pressão de descarga da bomba começa a diminuir, uma ou ambas as válvulas de controle 2014, 2114 vai começar a abrir para manter a pressão desejada na porta apropriada do atuador hidráulico 3.

[0036] Em operação no modo de fluxo/velocidade, a energia para o impulsionador principal 11 é determinada com base nas exigências de aplicação do sistema usando critérios como o quão rápido o impulsionador principal 11 acelera para a velocidade desejada e quão precisamente a velocidade do impulsionador principal pode ser controlada. Uma vez que a taxa de fluxo de fluido é proporcional à velocidade do impulsionador principal 11 e a taxa de fluxo de fluido determina uma operação do atuador hidráulico 3 (por exemplo, a velocidade de marcha do cilindro, se o atuador hidráulico 3 é um cilindro hidráulico, o número de rotações se o atuador hidráulico 3 é um motor hidráulico, ou outro parâmetro apropriado, dependendo do tipo de sistema e o tipo de carga), a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode ser configurada para controlar o funcionamento do atuador hidráulico 3 com base num esquema de controle que usa a velocidade do impulsionador principal 11, a taxa de fluxo, ou uma combinação dos dois. Isto é, quando, por exemplo, um tempo de resposta específico do atuador hidráulico 3 é necessário, por exemplo, uma velocidade específica de viagem para o cilindro hidráulico, um RPM específico do motor hidráulico, ou alguma outra resposta específica do atuador hidráulico 3, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode controlar o motor primário 11 para atingir uma velocidade pré-determinada e/ou uma taxa de fluxo hidráulico predeterminada que corresponde à resposta específica desejada de atuador hidráulico 3. Por

exemplo, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode ser configurada com algoritmos, tabelas de consulta, conjuntos de dados, ou outro componente de software ou hardware para correlacionar a operação do atuador hidráulico 3 (por exemplo, a velocidade de deslocamento de um cilindro hidráulico, o número de rotações de um motor hidráulico, ou alguma outra resposta específica) para a velocidade da bomba hidráulica 10 e/ou a taxa de fluxo do fluido hidráulico no sistema 1. Assim, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode ser configurada para controlar quer a velocidade do impulsionador principal 11 ou a taxa de fluxo hidráulico no sistema para conseguir a operação desejada do atuador hidráulico 3.

[0037] Se o esquema de controle utiliza a taxa de fluxo, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode receber um sinal de feedback a partir de um sensor de fluxo, por exemplo, o sensor de fluxo 2118 ou 2018, ou ambos, para determinar o fluxo real no sistema. O fluxo no sistema pode ser determinado por medição, por exemplo, a pressão diferencial entre dois pontos no sistema, os sinais de um medidor de fluxo ultrassônico, o sinal de frequência a partir de um medidor de fluxo da turbina, ou algum outro sensor de fluxo/instrumento. Assim, em sistemas em que o esquema de controle utiliza a taxa de fluxo, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode controlar a saída de fluxo da bomba hidráulica 10 a um valor de ponto de ajuste de fluxo pré-determinado que corresponde à operação desejada do atuador hidráulico 3 (por exemplo, a velocidade de deslocamento, se o atuador hidráulico 3 é um cilindro hidráulico, o número de rotações se o atuador hidráulico 3 é um motor hidráulico, ou outro parâmetro apropriado, dependendo do tipo de sistema e tipo de carga).

[0038] Da mesma forma, se o esquema de controle utiliza a velocidade do motor primário 11, a unidade de controle 266/unidade de

condução 2022 pode receber o(s) sinal(is) de feedback de velocidade do impulsionador principal 11 ou conjunto de deslocamento de fluido 12. Por exemplo, a velocidade real do impulsionador principal 11 pode ser medida detectando a rotação do membro de deslocamento de fluido. Por exemplo, se o membro de deslocamento do fluido é uma engrenagem, a bomba hidráulica 10 pode incluir um sensor magnético (não mostrado) que detecta os dentes de engrenagem à medida que rodam. Alternativamente, ou em adição ao sensor magnético (não mostrado), um ou mais dentes pode incluir imãs que são detectados por um captador localizado interno ou externo ao invólucro da bomba hidráulica. É claro que os imãs e sensores magnéticos podem ser incorporados em outros tipos de membros de deslocamento de fluido e outros tipos de sensores de velocidade podem ser usados. Assim, em sistemas em que o esquema de controle utiliza a taxa de fluxo, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode controlar a velocidade real da bomba hidráulica 10 e um ponto de ajuste de velocidade predeterminado que corresponde à operação desejada do atuador hidráulico 3.

[0039] Se o sistema está em operação no modo de fluxo e a aplicação requer um fluxo predeterminado para o atuador hidráulico 3 (por exemplo, para mover um cilindro hidráulico a uma velocidade de deslocamento predeterminada, para executar um motor hidráulico a um RPM predeterminado, ou alguma outra operação apropriada do atuador 3 dependendo do tipo de sistema e o tipo de carga), a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 vai determinar o fluxo necessário que corresponde à taxa de fluxo hidráulico desejada. Se a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 determina que um aumento do fluxo hidráulico é necessário, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 então enviará um sinal para a bomba hidráulica 10 e às válvulas de controle 2014, de 2114, o que resulta em

um aumento de fluxo. O sinal de solicitação para a bomba hidráulica 10 aumentará a velocidade do primeiro motor 11 para corresponder a uma velocidade correspondente à velocidade de fluxo mais alta necessária. No entanto, como discutido acima, pode haver um lapso de tempo entre o momento quando o sinal de solicitação é enviado e quando o fluxo aumenta efetivamente. Para reduzir ou eliminar esse lapso de tempo, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 também enviará simultaneamente (por exemplo, simultaneamente ou quase que simultaneamente) um sinal para uma ou ambas as válvulas de controle 2014, 2114 para abrir mais (isto é, aumentar a abertura da válvula). Porque o tempo de reação das válvulas de controle 2014, 2114 será mais rápido do que o do impulsionador principal 11 devido às válvulas de controle 2014, 2114 terem menos inércia, o fluxo de fluido hidráulico no sistema aumentará imediatamente conforme uma ou ambas as válvulas de controle 2014, 2114 começam a se abrir. A unidade de controle 266/unidade de condução 2022, então, controlará as válvulas de controle 2014, 2114 para manter o fluxo necessário. Durante o tempo em que as válvulas de controle 2014, 2114 estão sendo controladas, o impulsionador principal 11 estará aumentando a sua velocidade para corresponder à maior demanda de velocidade da unidade de controle 266/unidade de condução 2022. À medida que a velocidade do impulsionador principal 11 aumenta, o fluxo também aumenta. No entanto, à medida que aumenta o fluxo, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 vai fazer correções apropriadas para as válvulas de controle 2014, 2114 para manter a taxa necessária de fluxo, por exemplo, neste caso, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 vai começar a fechar uma ou ambas as válvulas de controle 2014, 2114 para manter a taxa de fluxo necessária.

[0040] Em algumas modalidades, a válvula de controle 2014, 2114 a jusante da bomba hidráulica 10, ou seja, a válvula no lado de

descarga, será controlada ao mesmo tempo em que a válvula no lado a montante permanece a uma abertura de válvula constante predeterminada, por exemplo, a válvula a montante pode ser definida como 100% aberta (ou próximo de 100% ou consideravelmente elevada percentagem de abertura) para minimizar a resistência do fluido nas linhas hidráulicas. No exemplo acima, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 estrangula (ou controla) a válvula de controle de 2114 (isto é, válvula a jusante), mantendo a válvula de controle 2014 (ou seja, válvula a montante) a uma abertura da válvula constante, por exemplo, 100% aberto (ou perto de 100% ou consideravelmente elevado percentual de abertura). Semelhante à operação no modo de pressão discutido acima, em algumas modalidades, uma ou ambas as válvulas de controle 2014, 2114 também pode ser controlada para eliminar ou reduzir a instabilidade no sistema hidráulico 1, como discutido acima.

[0041] Em algumas situações, o fluxo para o cilindro hidráulico 3 é mais elevado do que o desejado. Por exemplo, no caso em que o atuador hidráulico 3 é um cilindro hidráulico, um maior fluxo do que o desejado pode significar que o cilindro vai estender ou retrair muito rápido ou o cilindro está estendendo ou retraindo quando deveria ser estacionário, ou no caso em que o atuador hidráulico 3 é um motor hidráulico, um fluxo maior do que o desejado pode significar que o número de rotações do motor vai ser muito alto. Claro que, em outros tipos de aplicações e/ou situações, um fluxo maior do que o desejado pode levar a outras condições de operação desejadas. Em tais casos, a unidade de controle 266 /unidade de condução 2022 pode determinar que o fluxo para a porta correspondente do controlador hidráulico 3 é demasiado elevado. Se assim for, a unidade de controle 266 /unidade de condução 2022 determinará que uma diminuição do fluxo para o controlador hidráulico 3 é necessária e, em seguida, envia um sinal para

a bomba hidráulica e 10 para as válvulas de controle 2014, 2114 para reduzir o fluxo. O sinal de solicitação para a bomba hidráulica 10 diminuirá a velocidade do primeiro motor 11 para corresponder a uma velocidade correspondente à velocidade de fluxo mais baixa necessária. No entanto, como discutido acima, pode haver um lapso de tempo entre o momento quando o sinal de solicitação é enviado e quando o fluxo diminui efetivamente. Para reduzir ou eliminar esse lapso de tempo, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 também enviará simultaneamente (por exemplo, simultaneamente ou quase que simultaneamente) um sinal para pelo menos uma das válvulas de controle 2014, 2114 para ainda mais próximo (isto é, diminuir a abertura da válvula). Já que o tempo de reação das válvulas de controle 2014, 2114 será mais rápido do que o do primeiro motor 11 devido às válvulas de controle 2014, 2114 terem menos inércia, o fluxo do sistema diminuirá imediatamente na medida em que a(s) válvula(s) de controle 2014, 2114 começarem a fechar. Conforme a velocidade do motor principal 11 começa a diminuir, o fluxo também começará a diminuir. No entanto, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 controlarão de forma adequada as válvulas de controle 2014, 2114 para manter o fluxo requerido (isto é, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 vai começar a abrir uma ou ambas as válvulas de controle 2014, 2114 na medida em que a velocidade do motor principal diminui). Por exemplo, a válvula à jusante em relação à bomba hidráulica 10 poderá ser regulada para controlar o fluxo a um valor desejado enquanto que a válvula à montante é mantida a um valor constante de abertura, por exemplo, 100% abertas, para reduzir a resistência do fluxo. Se, no entanto, for necessária uma resposta ainda mais rápida (ou se for recebido um sinal de comando para diminuir prontamente o fluxo), a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 também pode ser configurada para fechar consideravelmente a

válvula à montante. Fechar consideravelmente a válvula à montante pode servir como um "freio hidráulico" para diminuir rapidamente o fluxo no sistema hidráulico 1 aumentando a contrapressão no controlador hidráulico 3. Naturalmente, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode ser configurada com salvaguardas para não fechar a válvula a ponto de privar a bomba hidráulica 10. Ademais, conforme discutido acima, as válvulas de controle 2014, 2114 também podem ser controladas de modo a eliminar ou reduzir instabilidades no sistema hidráulico 1.

[0042] No funcionamento de modo equilibrado, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode ser configurada para tomar em consideração o fluxo e a pressão do sistema. Por exemplo, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode controlar essencialmente a um ponto de ajuste de fluxo durante o funcionamento normal, mas a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 também vai assegurar que a pressão se mantenha dentro de determinados limites superiores e/ou inferiores. Por outro lado, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode controlar essencialmente a um ponto de ajuste de pressão, mas a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 também assegurará que o fluxo se mantenha dentro de determinados limites superiores e/ou inferiores. Em algumas modalidades, a bomba hidráulica 10 e as válvulas de controle 2014, 2114 podem ter funções dedicadas. Por exemplo, a pressão do sistema pode ser controlada pela bomba hidráulica 10 e o fluxo no sistema pode ser controlado pelas válvulas de controle 2014, 2114, ou vice-versa, conforme desejado.

[0043] Nas modalidades exemplificativas acima, para garantir que há capacidade de reserva suficiente para fornecer uma resposta rápida de fluxo quando desejado, as válvulas de controle 2014, 2114 podem ser operadas em um intervalo que permita uma transição em qualquer

direção, a fim de permitir um rápido aumento ou redução no fluxo ou na pressão do controlador hidráulico 3. Por exemplo, a válvula de controle à jusante em relação à bomba hidráulica 10 pode ser operada a uma abertura percentual que é inferior a 100%, ou seja, em uma posição estrangulada. Isto é, a válvula de controle à jusante pode ser configurada para funcionar a, por exemplo, 85% de abertura completa da válvula. Essa posição estrangulada permite que 15% do deslocamento da válvula na direção aberta aumente rapidamente o fluxo para ou a pressão na porta apropriada do controlador hidráulico 3 quando necessário. Naturalmente, a configuração da válvula de controle não se limita a 85% e as válvulas de controle 2014, 2114 podem ser operadas em qualquer percentual desejado. Em algumas modalidades, o controle pode ser ajustado para operar a uma abertura percentual que corresponde a um percentual de fluxo ou pressão máximos, por exemplo: 85% de fluxo/pressão máximos, ou a algum outro valor desejado. Enquanto que o deslocamento na direção fechada pode reduzir a 0% a abertura da válvula a fim de reduzir o fluxo e a pressão do controlador hidráulico 3, para manter a estabilidade do sistema, o deslocamento da válvula em uma direção fechada pode ser limitado, por exemplo, a um percentual de abertura de válvula e/ou um percentual de pressão/fluxo máximos. Por exemplo, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode ser configurada para evitar um maior fechamento das válvulas de controle 2014, 2114 caso o limite inferior em relação à abertura ou se o percentual máximo de pressão/fluxo por atingido. Em algumas modalidades, a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode limitar as válvulas de controle 2014, 2114 a partir de abertura adicional se um limite superior da abertura da válvula de controle e/ou um percentual de pressão/fluxo máximos tiverem sido atingidos.

[0044] Em algumas modalidades, o sistema hidráulico 1 pode ser

um sistema hidráulico de circuito fechado. Por exemplo, o controlador hidráulico 3, a bomba hidráulica 10, os conjuntos de válvulas de controle proporcional 2010, 2110, o acumulador 170, a fonte de alimentação de 2020 e a unidade de controle 266/unidade de condução 2022 mostrados na Figura 1 podem formar um sistema hidráulico de circuito fechado. Em um sistema hidráulico de circuito fechado, o fluido descarregado a partir, por exemplo, da câmara de retração ou de extração do controlador hidráulico 3, é direcionado de volta para a bomba 10 e é recirculado imediatamente. Como discutido acima, o esquema de controle discutido na modalidade exemplificativa acima é particularmente vantajoso em um sistema de tipo de circuito fechado, uma vez que o controle mais rápido e mais preciso do fluxo de fluido e/ou da pressão do sistema pode acarretar em tamanhos menores de acumuladores e em um menor risco de cavitação da bomba do que nos sistemas convencionais. No entanto, o sistema hidráulico 1 da presente invenção não está limitado a sistemas hidráulicos de circuito fechado. Por exemplo, o sistema hidráulico 1 pode formar um sistema hidráulico em anel aberto. Em um sistema hidráulico de anel aberto, o fluido descarregado a partir, por exemplo, do controlador hidráulico 3, pode ser direcionado a um cárter e subsequentemente removido do cárter pela bomba 10. Assim, o sistema hidráulico 1 da presente invenção pode ser configurado para ser um sistema de circuito fechado, um sistema de circuito aberto ou uma combinação de ambos, sem se afastar do escopo da presente revelação.

[0045] No sistema mostrado na Figura 1, os conjuntos de válvulas de controle 2010, 2110 são mostrados externamente à bomba hidráulica 10 com um conjunto de válvulas de controle localizado em cada lado da bomba hidráulica 10 ao longo da direção do fluxo. Especificamente, o conjunto de válvulas de controle 2010 é disposto entre o canal B da bomba hidráulica 10 e o canal B do controlador hidráulico 3 e o conjunto

de válvulas de controle 2110 é disposto entre o canal A da bomba hidráulica 10 e o canal A do controlador hidráulico 3. No entanto, em outras modalidades, os conjuntos de válvulas de controle 2010, 2110 podem ser dispostos internamente à bomba hidráulica 10 (ou corpo da bomba). Por exemplo, o conjunto de válvulas de controle 2010 pode ser disposto no interior do corpo da bomba no lado da porta B da bomba hidráulica 10 e o conjunto de válvulas de controle 2110 pode ser disposto no interior do invólucro de bomba no lado A da porta da bomba hidráulica 10.

[0046] Embora o sistema hidráulico 1 mostrado na Figura 1 seja ilustrado como tendo uma única bomba 10, o sistema hidráulico 1 pode ter uma pluralidade de bombas hidráulicas em outras modalidades. Por exemplo, o sistema hidráulico 1 pode ter duas bombas hidráulicas. Além disso, a pluralidade de bombas pode ser conectada em série ou em paralelo (ou uma combinação de ambos) ao sistema hidráulico 1, dependendo, por exemplo, das necessidades operacionais do sistema hidráulico 1. Por exemplo, se o sistema hidráulico 1 demandar uma maior pressão do sistema, uma configuração de ligação em série pode ser usada na pluralidade de bombas. Se o sistema hidráulico 1 exigir um maior fluxo do sistema, uma configuração de ligação paralela pode ser usada na pluralidade de bombas. A unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode monitorar a pressão e/ou o fluxo de cada uma das bombas e controlar cada uma das bombas de pressão/fluxo desejada para a respectiva bomba, como discutido acima.

[0047] Como discutido acima, os conjuntos de válvulas de controle 2010, 2110 incluem as válvulas de controle 2014, 2114 que pode ser estrangulada entre 0% e 100% da abertura da válvula. A Figura 2 mostra uma modalidade exemplificativa das válvulas de controle 2014, 2114. Tal como ilustrado na Figura 2, cada uma das válvulas de controle 2014, 2114 pode incluir uma válvula de esfera 2032 e um controlador de

válvula 2030. O controlador de válvula 2030 pode ser um controlador totalmente elétrico, ou seja, não há sistema hidráulico, que abre e fecha a válvula de esfera 2032 com base nos sinais da unidade de controle 266/unidade de condução 2022 através de uma ligação de comunicação 2025, 2125. As modalidades da presente invenção, no entanto, não se limitam aos controladores totalmente elétricos, e outros tipos de controladores, como controladores eletro-hidráulicos, podem ser usados. A unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode incluir curvas características para a válvula de esfera 2032 que se correlacionam à rotação percentual da válvula de esfera 2032 para a abertura transversal real ou percentual da válvula de esfera 2032. As curvas características podem ser pré-determinadas e específicas para cada tipo e tamanho da válvula de esfera 2032 e armazenadas na unidade de controle 266 e/ou unidade de condução 2022. As curvas características, quer para as válvulas de controle ou para os motores principais, podem ser armazenadas na memória, por exemplo, RAM, ROM, EPROM, etc. sob a forma de tabelas de consulta, fórmulas, algoritmos, etc. A unidade de controle 266/unidade de condução 2022 utiliza as curvas características para controlar com precisão o principal motor 11 e as válvulas de controle 2014, 2114. Alternativamente, ou em adição, às curvas características armazenadas na unidade de controle 266/unidade de condução 2022, as válvulas de controle 2014, 2114 e/ou os motores principais também podem incluir memória, por exemplo, RAM, ROM, EPROM, etc., para armazenar as curvas características sob a forma de, por exemplo, tabelas de consulta, fórmulas, algoritmos, conjuntos de dados ou outros componentes de software ou hardware que armazenem uma relação adequada, por exemplo, no caso das válvulas de controle, uma relação exemplificativa pode ser uma correlação entre a rotação percentual da válvula de esfera e a abertura transversal real ou percentual da válvula de esfera e, no caso do motor

principal, uma relação exemplificativa pode ser uma correlação entre a entrada de energia para o motor principal e uma velocidade, fluxo, pressão, torque de saída real ou algum outro parâmetro de saída do motor principal.

[0048] A unidade de controle 266 pode ser fornecida para controlar unicamente o sistema hidráulico 1. Em alternativa, a unidade de controle 266 pode ser parte de e/ou estar em cooperação com um outro sistema de controle de uma máquina ou de uma aplicação industrial em que o sistema hidráulico 1 opera. A unidade de controle 266 pode incluir uma unidade de processamento central (CPU) que executa vários processos, tais como operações comandadas ou rotinas pré-programadas. Os dados e/ou rotinas do processo podem ser armazenados em uma memória. As rotinas também podem ser armazenadas em um meio de armazenamento em disco, tal como um disco rígido (HDD) ou meio de armazenamento portátil ou podem ser armazenados de maneira remota. No entanto, os meios de armazenamento não estão limitados aos meios listados acima. Por exemplo, as rotinas podem ser armazenadas em CDs, DVDs, em memória flash, RAM, ROM, PROM, EPROM, EEPROM, disco rígido ou em qualquer outro dispositivo de processamento de informação com o qual a estação de design assistido por computador se comunique, como um servidor ou um computador.

[0049] A CPU pode ser um processador Xenon ou Core da Intel da América ou um processador Opteron da AMD da América ou pode ser outros tipos de processadores que seriam reconhecidos por aqueles versados na técnica. Alternativamente, a CPU pode ser implementado em um FPGA, ASIC ou PLD ou pelo uso de circuitos de lógica, como reconheceria alguém versado na técnica. Além disso, o CPU pode ser implementado na forma de vários processadores funcionando em cooperação paralelamente à execução de operações comandadas ou

rotinas pré-programadas.

[0050] A unidade de controle 266 pode incluir um controlador de rede, tal como um cartão de interface de rede Ethernet Intel PRO, da Intel Corporation of America, para fazer a interface com uma rede. Como pode ser apreciado, a rede pode ser uma rede pública, como a Internet, ou uma rede privada, como uma rede LAN ou WAN, ou qualquer combinação delas, e também pode incluir sub-redes PSTN ou ISDN. A rede também pode ser por fio, como uma rede Ethernet, ou pode ser sem fio, como uma rede de celular, incluindo sistemas de celular sem fio EDGE, 3G e 4G. A rede sem fios também pode ser WiFi, Bluetooth ou qualquer outra forma de comunicação sem fios conhecida. A unidade de controle 266 pode receber um comando a partir de um operador através de um dispositivo de entrada do usuário, como um teclado e/ou mouse, através de um comando com ou sem fio.

[0051] A Figura 3 ilustra uma modalidade exemplificativa de uma bomba hidráulica que pode ser usada no sistema de fluido 1 descrito anteriormente. A bomba 10' representa um deslocamento positivo (ou deslocamento fixo) da bomba de engrenagem, que pode ser usado como bomba hidráulica 10 na Figura 1. A bomba de engrenagem 10' pode incluir um conjunto de engrenagens 2040 e um motor 2042. O conjunto de engrenagens 2040 pode compreender um invólucro (ou compartimento) com uma cavidade em que um par de engrenagens esteja disposto. O par de engrenagens do conjunto de engrenagens 2040 pode ter uma configuração de engrenagem controladora-controlada (não representado) usado tipicamente em bombas de engrenagens convencionais. Isto é, uma das engrenagens é conhecida como "engrenagem controladora" e é acionada por um eixo motor ligado a um controlador externo, tal como um motor ou um motor eléctrico. A outra engrenagem é conhecida como "engrenagem controlada" (ou engrenagem intermediária), que engrena com a engrenagem

controladora. A bomba de engrenagem pode ser uma "bomba de engrenagem interna", ou seja, uma das engrenagens é internamente dentada e a outra engrenagem é externamente dentada, ou uma "bomba de engrenagem externa", isto é, ambas as engrenagens são dentadas externamente. A bomba de engrenagem externa pode utilizar engrenagens retas, helicoidais ou engrenagens espinha de peixe, dependendo da aplicação pretendida. O motor 2042 pode conduzir o conjunto de engrenagens 2040 através de um eixo 2044. O motor 2042 pode ser um motor de velocidade e torque variáveis que pode ser controlado pela unidade de controle 266/unidade de condução 2022, como descreveu-se acima. Visto que as bombas de engrenagem interna e externa com configuração controladora-controlada são conhecidas por aqueles versados na técnica, por questão de concisão, elas não serão mais discutidas.

[0052] Em algumas modalidades, a bomba pode incluir dois controladores de fluido com cada controlador de fluido incluindo um motor primário e um conjunto de deslocamento de fluidos. Os motores principais controlam de forma independente o respectivo conjunto de deslocamento de fluidos. Isto é, como explicado em mais detalhes abaixo em relação à bomba 10", nas figuras 4-6A, essas bombas têm uma configuração controlador-controlador em vez de uma configuração controladora-controlada. A Figura 4 mostra uma vista explodida de uma modalidade exemplificativa de uma bomba 10" que pode ser usada no sistema de fluido 1 descrito acima. Mais uma vez, por questão de concisão, a modalidade exemplificativa será descrita em termos de uma bomba de engrenagem externa com motores como motores principais. No entanto, como explicado acima, a presente invenção não está limitada a uma concepção de bomba de engrenagem externa, para os motores elétricos como motores principais, ou para engrenagens como membros de deslocamento de fluidos.

[0053] A bomba 10'' inclui dois controladores de fluido 40, 60 que incluem respectivamente os motores 41, 61 (motores principais) e as engrenagens 50, 70 (membros de deslocamento de fluidos). Nessa modalidade, ambos os motores da bomba 41,61 são dispostos nos interiores das engrenagens da bomba 50, 70. Conforme visto na Figura 4, a bomba 10'' representa uma bomba de engrenagem de deslocamento positivo (ou deslocamento fixo). A bomba 10'' tem um invólucro 20 que inclui placas de extremidade 80, 82 e um corpo da bomba 83. Essas duas placas 80, 82 e o corpo da bomba 83 podem ser ligados por uma pluralidade de parafusos passantes 113 e porcas 115 e a superfície interna 26 define um volume interno 98. Para evitar vazamentos, anéis em O ou outros dispositivos semelhantes podem ser dispostos entre as placas de extremidade 80, 82 e o corpo da bomba 83. O invólucro 20 tem uma porta 22 e uma porta 24 (ver também a Figura 5), que estão em comunicação fluida com o volume interno 98. Durante a operação, com base na direção de fluxo, uma das portas 22, 24 representa a porta de entrada da bomba e a outra é a porta de saída da bomba. Em uma modalidade exemplificativa, as portas 22, 24 do invólucro 20 são orifícios de passagem redondos em paredes laterais opostas ao invólucro 20. No entanto, a forma não é limitativa e os orifícios de passagem podem ter outras formas. Além disso, uma ou ambas as portas 22, 24 podem estar localizadas em qualquer parte superior ou inferior do invólucro. Obviamente, as portas 22, 24, devem estar localizadas de tal modo que uma porta esteja no lado de entrada da bomba e uma porta esteja no lado da saída da bomba.

[0054] Como pode ser visto na Figura 4, um par de engrenagens 50, 70 é disposto no volume interno 98. Cada uma das engrenagens 50, 70 tem uma pluralidade de dentes de engrenagem 52, 72 que se estende radialmente para fora, a partir dos respectivos corpos de engrenagem. Os dentes de engrenagem 52, 72, quando girados, por

exemplo, por motores elétricos 41, 61, transferem fluido da entrada para a saída. Em algumas modalidades, a bomba 10" é bidirecional. Assim, a porta 22, 24 pode ser a porta de entrada, dependendo da direção da rotação das engrenagens 50, 70, e a outra porta será a porta de saída. As engrenagens 50, 70 têm aberturas cilíndricas 51, 71 ao longo de uma linha central axial dos respectivos corpos de engrenagem. As aberturas cilíndricas 51, 71 podem se estender parcialmente ou completamente por todos os corpos de engrenagem. As aberturas cilíndricas são dimensionadas para receber o par de motores 41, 61. Cada motor 41, 61 inclui, respectivamente, um eixo 42, 62, um estator 44, 64 e um rotor 46, 66.

[0055] A Figura 5 mostra uma vista em corte transversal de topo da bomba de engrenagem externa 10" da Figura 4. A Figura 5A mostra uma vista lateral em corte transversal tomada ao longo de uma linha A-A na Figura 5 da bomba de engrenagem externa 10 e a Figura 5B mostra uma vista lateral em corte transversal tomada ao longo da linha B-B na Figura 5A da bomba de engrenagem externa 10. Como pode ser visto nas Figuras 5-5B, os controladores de fluido 40, 60 estão dispostos no compartimento 20. Os eixos de suporte 42, 62 dos condutores de fluidos 40, 60 estão dispostos entre a porta 22 e a porta 24 do invólucro 20 e são suportados pela placa de equilíbrio de 80 em uma extremidade 84 e pela placa inferior 82 na outra extremidade 86. No entanto, os meios para suportar os eixos 42, 62 e, portanto, os condutores de fluidos 40, 60 não são limitados a este projeto e outros projetos para suportar o eixo podem ser utilizados. Por exemplo, os eixos 42, 62 podem ser suportados pelos blocos que são ligados ao invólucro 20 em vez de diretamente pelo invólucro 20. O eixo de suporte 42 do condutor de fluido 40 está disposto em paralelo com o eixo de suporte 62 do condutor de fluido 60 e os dois eixos são separados por uma distância apropriada, de modo que os dentes de engrenagem 52, 72 das respectivas

engrenagens 50, 70 entrem em contato uns com os outros quando girados.

[0056] Os estatores 44, 64 dos motores 41, 61 são dispostos radialmente entre os respectivos eixos de suporte 42, 62 e os rotores 46, 66. Os estatores 44, 64 são ligados de forma fixa aos respectivos eixos de suporte 42, 62, que são fixamente ligados ao invólucro 20. Os rotores 46, 66 estão dispostos radialmente para fora dos estatores 44, 64 e ao redor dos respectivos estatores 44, 64. Assim, os motores 41, 61, nessa modalidade, são de um projeto de motor de rotor exterior (ou um desenho do motor de rotor externo), o que significa que o exterior do motor roda e o centro do motor está estacionário. Em contraste, em um design do motor de rotor interno, o rotor está ligado a um eixo central que gira. Em uma modalidade exemplificativa, os motores elétricos 41, 61 são motores elétricos multidirecionais. Ou seja, ou motor pode funcionar para criar um movimento rotativo que é no sentido horário ou anti-horário, dependendo das necessidades operacionais. Além disso, numa modalidade exemplar, os motores 41, 61 são de velocidade variável, motores de torque variável em que a velocidade do rotor e, portanto, a engrenagem a ele ligada, pode variar para criar vários fluxos de volume e pressões da bomba.

[0057] Como discutido acima, os corpos de engrenagem podem incluir aberturas cilíndricas 51, 71 que recebem os motores 41, 61. Em uma modalidade exemplificativa, os controladores de fluido 40, 60 podem incluir, respectivamente, membros de suporte externo 48, 68 (ver Figura 5), que ajuda a acoplar os motores 41,61 nas engrenagens 50, 70 e no apoio das engrenagens 50, 70 sobre os motores 41,61. Cada um dos membros de suporte 48, 68 pode ser, por exemplo, uma manga que é inicialmente ligada a um invólucro externo dos motores 41,61 ou a uma superfície interna das aberturas cilíndricas 51, 71. As mangas podem ser ligadas por meio de um encaixe de interferência, um encaixe

por pressão, um adesivo, parafusos, cavilhas, um método de solda ou soldadura ou por outros meios que possam ligar os membros de suporte às aberturas cilíndricas. Da mesma forma, a ligação final entre os motores 41, 61 e as engrenagens 50, 70 através dos membros de suporte 48, 68 podem ser por meio de um encaixe de interferência, um encaixe por pressão, parafusos, cavilhas, adesivo, um método de solda ou soldadura ou qualquer outro meio para ligar os motores aos membros de suporte. As mangas podem ser de diferentes espessuras para, por exemplo, facilitar a fixação dos motores 41, 61 com diferentes tamanhos físicos nas engrenagens 50, 70 ou vice-versa. Além disso, se os invólucros do motor e as engrenagens são feitas de materiais que não são compatíveis, por exemplo, quimicamente ou de outra maneira, as mangas podem ser feitas de materiais que são compatíveis com a composição de engrenagem e composição do compartimento do motor. Em algumas modalidades, os membros de suporte 48, 68 podem ser concebidos como uma peça sacrificial. Ou seja, os membros de apoio 48, 68 são concebidos para ser o primeiro a falhar, por exemplo, devido a tensões excessivas, temperaturas ou outros motivos de falha em comparação às engrenagens 50, 70 e aos motores 41, 61. Isso permite um reparo mais econômico da bomba 10 no evento de falha. Em algumas modalidades, os membros de suporte externo 48, 68 não é uma peça separada, mas uma parte integral do compartimento dos motores 41, 61 ou uma parte da superfície interna das aberturas cilíndricas 51, 71 das engrenagens 50, 70. Em outras modalidades, os motores 41, 61 podem suportar as engrenagens 50, 70 (e a pluralidade dos primeiros dentes de engrenagem 52, 72) sobre as suas superfícies externas, sem a necessidade dos membros de suporte externos 48, 68. Por exemplo, os invólucros do motor podem ser ligados diretamente à superfície interna da abertura cilíndrica 51, 71 das engrenagens 50, 70 por meio de um encaixe de interferência, um encaixe por pressão,

parafusos, cavilhas, um adesivo, um método de solda ou soldadura ou outros meios para ligar o compartimento do motor à abertura cilíndrica. Em algumas modalidades, os compartimentos externos dos motores 41, 61 podem ser, por exemplo, usinados, fundidos ou outros meios para moldar o compartimento externo para formar uma forma dos dentes de engrenagem 52, 72. Em outras modalidades, ainda, a pluralidade de dentes de engrenagem 52, 72 pode ser integrada aos respectivos rotores 46, 66 de tal modo que cada engrenagem de combinação/rotor forme um corpo rotativo.

[0058] Nas modalidades exemplificativas discutidas acima, ambos os controladores de fluidos 40, 60, incluindo motores elétricos 41, 61 e engrenagens 50, 70, são integrados em um tubo de revestimento de bomba monofásica 20. Esta nova configuração da bomba da engrenagem externa 10 da presente divulgação permite uma concepção compacta que fornece várias vantagens. Em primeiro lugar, o espaço ou pegada ocupados pelas modalidades da bomba de engrenagem discutida acima é significativamente reduzida através da integração de componentes necessários para uma única caixa da bomba, quando em comparação com as bombas de engrenagens convencionais. Além disso, o peso total de um sistema de bomba também é reduzido através da remoção de partes desnecessárias, tais como um eixo que liga um motor de uma bomba, e instalações separadas por um controlador de motor/engrenagem. Além disso, uma vez que a bomba 10 da presente divulgação tem uma concepção compacta e modular, que pode ser facilmente instalada, mesmo em locais onde as bombas convencionais não podem ser instaladas, e pode ser facilmente substituída. Descrição detalhada do funcionamento da bomba é fornecida a seguir.

[0059] A Figura 6 ilustra um caminho de fluxo de fluido exemplificativo de uma modalidade exemplificativa da bomba de

engrenagem externa 10. As portas 22, 24 e uma zona de contato 78 entre a primeira pluralidade de dentes de engrenagem 52 e a segunda pluralidade de dentes de engrenagem 72 estão substancialmente alinhadas ao longo de um único percurso linear. No entanto, o alinhamento das portas não está limitado a esta modalidade exemplar e outros alinhamentos são permissíveis. Para fins de explicação, a engrenagem 50 é conduzida de forma rotativa no sentido horário 74 pelo motor 41 e a engrenagem 70 é acionada rotativamente no sentido anti-horário 76 pelo motor 61. Com esta configuração de rotação, a porta 22 é o lado de entrada da porta 24 da bomba de engrenagem 10 e é o lado de saída da bomba de engrenagem 10. Em algumas modalidades exemplificativas, ambas as engrenagens 50, 70 são, respectivamente, acionadas independentemente pelos motores fornecidos separadamente 41, 61.

[0060] Como pode ser visto na Figura 6, o fluido a ser bombeado é puxado para dentro do invólucro 20 na porta 22, tal como mostrado por uma seta 92 e sai da bomba 10 através da porta 24, como mostrado pela seta 96. O bombeamento do fluido é realizado por os dentes de engrenagem 52, 72. Na medida em que os dentes de engrenagem 52, 72 giram, os dentes da engrenagem girando para fora da zona de contato 78 formam volumes inter-dentários que se expandem entre os dentes adjacentes em cada engrenagem. Na medida em que estes volumes inter-dentários se expandem, os espaços entre dentes adjacentes em cada engrenagem são preenchidos com fluido a partir da porta de entrada, que é a porta 22, nesta modalidade exemplar. O fluido é depois forçado a mover-se com cada uma das engrenagens ao longo da parede interior 90 do invólucro 20, como mostrado pelas setas 94 e 94'. Isto é, os dentes 52 da engrenagem 50 forçam o fluido a fluir ao longo do caminho 94 e os dentes 72 da engrenagem 70 forçam o fluido a fluir ao longo do caminho 94'. Folgas muito pequenas entre as pontas

dos dentes da engrenagem 52, 72 em cada uma das engrenagens e a correspondente parede interior 90 da caixa 20 mantém o fluido nos volumes inter-dentários preso, o que impede o fluido de vazar de volta para a abertura de entrada. Conforme os dentes de engrenagem 52, 72 giram em torno e para trás para a área de contato 78, uma redução do volume inter-dentário se forma entre os dentes adjacentes em cada engrenagem porque um dente correspondente da outra engrenagem entra no espaço entre dentes adjacentes. Os volumes inter-dentários que se encolhem forçam o fluido a sair do espaço entre os dentes adjacentes e flui para fora da bomba 10 através da porta 24, como mostrado pela seta 96. Em algumas modalidades, os motores 41, 61 são bidirecionais e a rotação dos motores 41, 61 pode ser invertida para inverter a direção de fluxo de fluido através da bomba 10, isto é, os fluxos de fluido a partir da porta 24 para a porta 22.

[0061] Para evitar o refluxo, isto é, a vazamento de fluido a partir do lado da saída para o lado de entrada através da área de contato 78, o contato entre um dente da primeira engrenagem 50 e um dente da segunda engrenagem 70 na área de contato 78 proporciona vedação contra o refluxo. A força de contato é grande o suficiente para proporcionar uma vedação substancial, mas, ao contrário dos sistemas de técnica relacionados, a força de contato não tão grande ao ponto de acionar de forma significativa a outra engrenagem. Em sistemas de controladora-controlada da técnica, a força aplicada pela engrenagem controladora gira a engrenagem controlada. Ou seja, a engrenagem controladora engrena com (ou se engata à) engrenagem controlada para acionar mecanicamente a engrenagem controlada. Enquanto a força da engrenagem controladora fornecer vedação no ponto de interface entre os dois dentes, esta força é muito maior do que a necessária para a selagem, porque esta força deve ser suficiente para conduzir mecanicamente a engrenagem acionada para transferir o

fluido no fluxo e pressão desejados. Essa ampla força faz com que material cisalhe a partir dos dentes em bombas de técnicas relacionadas. Esses materiais cisalhados podem se dispersar no fluido, viajar através do sistema hidráulico e danificar componentes operativos cruciais, tal como anéis em O e rolamentos. Como resultado, um sistema de bomba inteira pode falhar e pode interromper o funcionamento da bomba. Essa falha e a interrupção do funcionamento da bomba pode levar a interrupções significativa para reparar a bomba.

[0062] Em modalidades exemplificativas da bomba 10", no entanto, as engrenagens 50, 70 da bomba 10 não acionam mecanicamente a outra engrenagem em qualquer grau significativo quando os dentes 52, 72 formam uma vedação na zona de contato 78. Em vez disso, as engrenagens 50, 70 são rotativamente acionadas independentemente, de tal modo que os dentes de engrenagem 52, 72 não friccionem uns contra os outros. Isto é, as engrenagens 50, 70 são acionadas em sincronia para proporcionar o contato, mas não raspar uma contra a outra. Especificamente, a rotação das engrenagens 50, 70 está sincronizada com taxas de rotação adequados, de modo que um dente da engrenagem 50 entre em contato com um dente da segunda engrenagem 70 na área de contato 78 com força suficiente para proporcionar uma vedação substancial, isto é, vazamento de fluido a partir de lado da porta de saída para o lado da abertura de entrada através da área de contato 78 é substancialmente eliminado. No entanto, ao contrário das configurações controlador-acionado discutidas acima, a força de contato entre as duas engrenagens é insuficiente para que uma engrenagem mecanicamente conduza a outra a qualquer grau significativo. Controle da precisão dos motores 41, 61, irá garantir que as posições das engrenagens permaneçam sincronizadas em relação uma à outra durante a operação.

[0063] Em algumas modalidades, a rotação das engrenagens 50,

70 é, pelo menos, 99% sincronizado, onde 100% sincronizada significa que ambas as engrenagens 50, 70 são rodadas à mesma rpm. No entanto, a percentagem de sincronização pode ser variada, desde que vedação substancial seja fornecida através do contato entre os dentes de engrenagem das duas engrenagens 50, 70. Em modalidades exemplificativas, a taxa de sincronização pode estar num intervalo de 95,0% a 100% com base numa relação de compensação entre os dentes de engrenagem 52 e os dentes de engrenagem 72. Em outras modalidades exemplificativas, a taxa de sincronização está no intervalo de 99,0% a 100% com base numa relação de compensação entre os dentes de engrenagem 52 e os dentes de engrenagem 72, e em ainda outras modalidades exemplificativas, a taxa de sincronização está num intervalo de 99,5% a 100% com base numa relação de compensação entre os dentes de engrenagem 52 e os dentes de engrenagem 72. Novamente, o controle da precisão dos motores 41, 61, irá garantir que as posições das engrenagens permaneçam sincronizadas em relação uma à outra durante a operação. Ao sincronizar de forma adequada as engrenagens 50, 70, os dentes de engrenagem 52, 72 podem proporcionar uma vedação substancial, por exemplo, uma taxa de vazamento ou de retorno de fluxo com um coeficiente de deslizamento na gama de 5% ou menos. Por exemplo, para o fluido hidráulico típico a cerca de 120 graus. F, o coeficiente de deslizamento pode ser pelo menos um dentre 5% ou menos para pressões de bomba em um intervalo de 3000 psi a 5000 psi, 3% ou menos para pressões de bomba em um intervalo de 2000 psi a 3000 psi, 2% ou menos para pressões de bomba em um intervalo de 1000 psi a 2000 psi, e 1% ou menos para pressões de bomba em um intervalo de até 1000 psi. É claro que, dependendo do tipo de bomba, o contato sincronizado pode ajudar no bombeamento do fluido. Por exemplo, em certas concepções de gerotor de engrenagem interna, o contato sincronizado entre os controladores

de dois fluidos ajuda no bombeamento do fluido, que fica preso entre os dentes das engrenagens opostas. Em algumas modalidades exemplificativas, as engrenagens 50, 70 são sincronizadas por meio da sincronização adequada dos motores 41, 61. A sincronização de múltiplos motores é conhecida na técnica relevante, de modo que uma explicação detalhada é omitida aqui.

[0064] Em uma modalidade exemplificativa, a sincronização das engrenagens 50, 70 fornece um contato unilateral entre um dente de engrenagem 50 e um dente da engrenagem 70. A Figura 6A mostra uma vista em corte transversal que ilustra este contato unilateral entre as duas engrenagens 50, 70 na zona de contato 78. Para fins ilustrativos, a engrenagem 50 é acionada rotativamente no sentido horário 74 e a engrenagem 70 é acionada rotativamente no sentido anti-horário 76 independentemente da engrenagem 50. Além disso, a engrenagem 70 é acionada em rotação mais rápida do que a engrenagem 50 por uma fração de segundo, 0,01 seg./volta, por exemplo. Esta diferença de velocidade de rotação na demanda entre a engrenagem 50 e a engrenagem 70 possibilita o contato de um lado entre as duas engrenagens 50, 70, o que fornece vedação substancial entre os dentes de engrenagem das duas engrenagens 50, 70 para vedar entre o orifício de entrada e o orifício de saída, como descrito acima. Assim, como mostrado na Figura 6A, um dente 142 na engrenagem 70 contata um dente 144 na engrenagem 50 em um ponto de contato 152. Se uma face de um dente de engrenagem que está virada para a frente na direção de rotação 74, 76 é definida como uma parte da frente (F), do lado da frente (F) do dente 142 em contato com o lado de trás (R) do dente 144 no ponto de contato 152. No entanto, as dimensões do dente de engrenagem são de tal modo que o lado frontal (F) do dente 144 não está em contato com (ou seja, afastado) do lado de trás (R) do dente 146, o qual é um dente adjacente ao dente 142 na engrenagem 70.

Assim, os dentes de engrenagem 52, 72 são concebidos de tal modo que existe um contato de um lado na zona de contato 78 conforme as engrenagens 50, 70 são acionadas. Conforme o dente 142 e o dente 144 se afastam da área de contato 78 conforme as engrenagens 50, 70 giram, o contato unilateral formado entre os dentes 142 e 144 se desfaz. Enquanto há uma diferença de velocidade de rotação na demanda entre as duas engrenagens 50, 70, este contato unilateral é formado de forma intermitente entre um dente na engrenagem 50 e um dente na engrenagem 70. No entanto, visto que na medida em que as engrenagens 50, 70 giram, os próximos dois dentes seguintes nas respectivas engrenagens formam o próximo contato unilateral tal que não é sempre contato e o caminho de refluxo na área de contato 78 permanece substancialmente selado. Ou seja, o contato por um lado fornece a vedação entre as portas 22 e 24 de tal modo que o fluido transportado a partir da entrada da bomba para a saída da bomba é impedido (ou substancialmente impedido) de fluir de volta para a entrada da bomba através da área de contato 78.

[0065] Na Figura 6A, o contato de um lado entre o dente 142 e o dente 144 é mostrado como estando em um determinado ponto, isto é, ponto de contato 152. No entanto, um contato de um lado entre dentes de engrenagem nas modalidades exemplificativas não está limitado a contatar em um ponto particular. Por exemplo, o contato de um lado pode ocorrer numa pluralidade de pontos ou ao longo de uma linha de contato entre o dente 142 e o dente 144. Em outro exemplo, o contato de um lado pode ocorrer entre as superfícies dos dois dentes da engrenagem. Assim, uma área de vedação pode ser formada quando uma área na superfície do dente 142 está em contato com uma área na superfície do dente 144 durante o contato unilateral. Os dentes de engrenagem 52, 72 de cada uma das engrenagens 50, 70 pode ser configurado para ter um perfil de dente (ou curvatura) para alcançar o

contato de um lado entre os dois dentes da engrenagem. Nesse caminho, o contato unilateral na presente divulgação pode ocorrer em um ponto ou pontos, ao longo de uma linha, ou sobre as áreas de superfície. Por conseguinte, o ponto de contato 152 discutido acima pode ser fornecido como parte de uma posição (ou locais) de contato, e não limitado a um único ponto de contato.

[0066] Em algumas modalidades exemplificativas, os dentes das respectivas engrenagens 50, 70 são concebidos de modo a não reter pressão excessiva do fluido entre os dentes na área de contato 78. Tal como ilustrado na Figura 6A, o fluido 160 pode ser retido entre os dentes 142, 144, 146. Enquanto o fluido 160 retido fornece um efeito de vedação entre a entrada da bomba e saída da bomba, a pressão excessiva pode acumular conforme as engrenagens 50, 70 rotacionam. Em uma modalidade preferida, o perfil de dentes de engrenagem é de tal modo que uma pequena folga (ou fenda) 154 é fornecida entre os dentes de engrenagem 144, 146 para liberar o fluido pressurizado. Uma concepção assim mantém o efeito de vedação assegurando ao mesmo tempo que a pressão excessiva não acumule. Naturalmente, o ponto, linha ou área de contato não estão limitados a uma parte lateral da face do dente contatando o lado da outra face do dente. Dependendo do tipo de elemento de deslocamento de fluido, o contato sincronizado pode situar-se entre toda a superfície de pelo menos uma projeção (por exemplo, relevo, extensão, protuberância, saliência, outra estrutura semelhante ou combinações dos mesmos) sobre o primeiro elemento de deslocamento de fluido e qualquer superfície de pelo menos, uma projeção (por exemplo, relevo, extensão, protuberância, saliência, de outra estrutura semelhante, ou combinações das mesmas) ou um entalhe (por exemplo, cavidade, depressão, vazio ou estrutura semelhante) no segundo elemento de deslocamento de fluido. Em algumas modalidades, pelo menos um dos elementos de deslocamento

de fluido pode ser feito de ou incluir um material resiliente, por exemplo, borracha, um material elastomérico, ou outro material resiliente, de modo que a força de contato oferece uma superfície de vedação mais positiva. Mais detalhes da bomba hidráulica 10" e outras configurações de bomba controlador-controlador podem ser encontrados no Pedido Internacional No. PCT/US2015/018342, depositado em 2 de março de 2015 e no Pedido de Patente U.S. No. 14/637.064, depositado em 3 de março de 2015 pelo presente autor e são incorporados aqui por referência em sua totalidade.

[0067] Reportando-nos novamente à Figura 1, em algumas modalidades, a bomba 10 pode ser substituída pela bomba 10' (ver Figura 3) ou pela bomba 10" (ver Figura 4) no sistema hidráulico 1. Além disso, em outras modalidades, em vez de uma única bomba 10, 10', 10", uma pluralidade de bombas 10, 10', 10" (ou qualquer combinação) pode ser utilizada, dependendo das necessidades de funcionamento do sistema hidráulico 1. Como discutido acima, a pluralidade de bombas pode ter, por exemplo, uma ligação em série um ou uma ligação paralela.

[0068] Em outras modalidades, uma ou mais bombas 10" podem ter um conjunto de válvulas de controle 2010, 2110 disposto internamente em relação à bomba 10" (ou o compartimento 20 da bomba 10"). Por exemplo, referindo-se às Figuras 1 e 5, o conjunto de válvulas de controle 2010 pode ser disposto no interior da caixa 20 e na proximidade da porta 22 e o conjunto de válvulas de controle 2110 pode ser disposto no interior do compartimento 20 e nas proximidades da porta 24. Nessa configuração, na medida em que os conjuntos de válvulas de controle 2010, 2110 estão dispostos na proximidade da bomba 10", a capacidade de resposta de controle dos conjuntos de válvulas de controle 2010, 2110 pode ser melhorada. Além disso, os conjuntos de válvulas 2010, 2110 estão incluídos no compartimento 20 da bomba 10",

e a concepção compacta do sistema hidráulico 1 pode ser obtida. A unidade de controle 266/unidade de condução 2022 pode monitorar a pressão e/ou o fluxo de cada uma das bombas ou conjunto de bombas/válvulas e controlar cada bomba ou conjunto de bombas/válvulas à pressão/ao fluxo desejados para a respectiva bomba ou conjunto de bombas/válvulas, como discutiu-se acima.

[0069] Ademais, embora as modalidades em que o motor principal foi posicionado no interior do membro de deslocamento de fluidos tenham sido descritas em uma configuração de controlador de dois fluidos, aqueles versados na técnica entenderão que o motor principal pode ser colocado no interior do membro de deslocamento de fluidos em uma configuração de controlador de fluido único. Por exemplo, no sistema da Figura 1, o motor principal 11 pode ser uma parte integrante do conjunto de deslocamento de fluidos 12, isto é: o motor principal 11 pode ser, por exemplo, um motor elétrico que é disposto em um membro de deslocamento de fluidos do conjunto de deslocamento de fluidos 12. Por exemplo, na bomba de engrenagem da Figura 3, o motor 2042 pode ser uma parte integrante do conjunto de engrenagens 2040.

[0070] Embora as modalidades controlador-controlador e controladora-controlada acima tenham sido descritas em relação a uma disposição da bomba de engrenagem externa com engrenagens de dentes retos tendo dentes de engrenagem e motores elétricos como motores principais, deve ser entendido que aqueles versados na técnica reconhecerão facilmente que os conceitos, funções e características descritas abaixo podem ser prontamente adaptados a bombas de engrenagem externa com outras configurações de engrenagens (engrenagens helicoidais, engrenagens de espinha e outras configurações de dentes de engrenagens que podem ser adaptadas para controlar os fluidos), bombas de engrenagem interna com várias configurações de engrenagem, para bombas com mais de dois motores

principais, para motores principais que não motores elétricos, por exemplo: motores hidráulicos ou outros motores controlados por fluidos, inter-combustão, gás ou outros tipos de motores ou outros dispositivos similares que podem controlar um membro de deslocamento de fluidos e para membros de deslocamento de fluidos que não engrenagens externar com dentes de engrenagem, por exemplo: engrenagem interna com dentes de engrenagem, um cubo (por exemplo, um disco, um cilindro ou outros componentes afins) com projeções (por exemplo, saliências, extensões, bojos, protrusões, outras estruturas afins ou combinações suas) com entralhes (por exemplo, cavidades, depressões, espaços vazios ou outras estruturas similares), um corpo de engrenagem com lobos o outras estruturas afins que possam deslocar fluidos quando controladas. Assim, por questões de brevidade, a descrição pormenorizada das várias configurações de bombas é omitida. Além disso, aqueles versados na técnica identificarão que, dependendo do tipo de bomba, o contato em sincronia (controlador-controlador) ou por encaixe (controlador-controlado) pode ajudar no bombeamento do fluido em vez de ou em adição a uma vedação de um caminho de fluxo inverso. Por exemplo, em certas configurações de georotor de engrenagem interna, o contato sincronizado ou de encaixe entre os dois membros de deslocamento de fluidos também ajuda no bombeamento do fluido, que é retiro entre os dentes das engrenagens opostas. Além disso, embora as modalidades acima tenham elementos de deslocamento de fluidos com uma configuração de engrenagem externa, os versados na técnica reconhecerão que, dependendo do tipo de elemento de deslocamento de fluido, o contato sincronizado não está limitado a um contato ou engate de face lateral a face lateral e pode estar entre toda a superfície de pelo menos uma projeção (por exemplo, relevo, extensão, protuberância, saliência, outra estrutura semelhante, ou combinações dos mesmos) em um elemento de deslocamento de

fluido e qualquer superfície de, pelo menos, uma projeção (por exemplo relevo, extensão, protuberância, saliência, outra estrutura semelhante, ou combinações dos mesmos) ou entalhe (por exemplo, cavidade, depressão, vazio ou outra estrutura semelhante) em outro elemento de deslocamento de fluidos.

[0071] Os elementos de deslocamento de fluidos, por exemplo, engrenagens em modalidades acima, podem ser inteiramente feitos de qualquer um de um material metálico ou um material não metálico. O material metálico pode incluir, mas não está limitado a, aço, aço inoxidável, alumínio anodizado, alumínio, titânio, magnésio, bronze, e as suas respectivas ligas. O material não-metálico pode incluir, mas não está limitado a cerâmica, plástico, compósito, fibra de carbono e material de nano-compósito. O material metálico pode ser utilizado para uma bomba que requer robustez para suportar a alta pressão, por exemplo. No entanto, para uma bomba ser utilizada em uma aplicação de baixa pressão, o material não metálico pode ser utilizado. Em algumas modalidades, os elementos de deslocamento de fluido podem ser feitos de um material resiliente, por exemplo, borracha, material elastomérico, para, por exemplo, aumentar ainda mais a área de vedação.

[0072] Em alternativa, o elemento de deslocamento de fluidos, por exemplo, engrenagens nas modalidades acima, pode ser feito de uma combinação de materiais diferentes. Por exemplo, o corpo pode ser feito de alumínio e a porção que entra em contato com outro elemento de deslocamento de fluidos, por exemplo, dentes de engrenagem nas modalidades exemplificativas acima, pode ser feita de aço para uma bomba que requer robustez para suportar a alta pressão, um plástico por uma bomba para uma aplicação de baixa pressão, um material elastomérico, ou outro material adequado com base no tipo de aplicação.

[0073] As modalidades exemplificativas do sistema de

administração de fluido podem deslocar uma variedade de fluidos. Por exemplo, as bombas podem ser configuradas para bombear fluido hidráulico, óleo de motor, óleo em bruto, sangue, medicamento líquido (xarope), tintas, tintas, resinas, colas, os termoplásticos fundidos, betume, pez, melaço, de chocolate derretido, água, acetona, benzeno, metanol ou outro fluido. Como pode ser visto pelo tipo de líquido que pode ser bombeado, modalidades exemplificativas da bomba podem ser utilizadas em uma variedade de aplicações, tais como máquinas pesadas e industriais, indústria química, indústria alimentar, indústria médica, aplicações comerciais, aplicações residenciais, ou outra indústria que utiliza bombas. Fatores como a viscosidade do fluido, pressões desejadas e fluxo para a aplicação, a configuração do elemento de deslocamento de fluidos, o tamanho e a potência dos motores, as considerações de espaço físico, o peso da bomba, ou outros fatores que afetam a configuração da bomba vão desempenhar um papel na configuração da bomba. Está contemplado que, dependendo do tipo de aplicação, as modalidades exemplificativas do sistema de administração de fluidos discutido acima possam ter variações operacionais que sigam uma variação geral de, por exemplo, 1 a 5000 rpm. Naturalmente, essa variação não é limitativa e outras variações são possíveis.

[0074] A velocidade de funcionamento da bomba pode ser determinada tendo em conta fatores como a viscosidade do fluido, a capacidade do motor principal (por exemplo, a capacidade de motor elétrico, motor hidráulico ou outro motor acionado por um fluido, combustão interna, gás ou outro tipo de motor ou outro dispositivo semelhante que pode acionar um membro do deslocamento de fluidos), dimensões do elemento de deslocamento de fluidos (por exemplo, dimensões da engrenagem, hub com projeções, hub com entalhes, ou outras estruturas semelhantes que podem deslocar fluido quando

acionadas), taxa de fluxo desejada, pressão de operação desejada e carga do rolamento da bomba. Em modalidades exemplificativas, por exemplo, aplicações dirigidas para aplicações industriais típicas do sistema hidráulico, a velocidade de funcionamento da bomba pode estar, por exemplo, em uma gama de 300 rpm a 900 rpm. Além disso, a gama de funcionamento também pode ser selecionada dependendo da finalidade pretendida da bomba. Por exemplo, no exemplo de bomba hidráulica acima, uma bomba configurada para operar dentro de uma gama de 1-300 rpm pode ser selecionada como um modo de espera, a bomba que fornece fluxo suplementar, conforme necessário no sistema hidráulico. Uma bomba configurada para funcionar na gama de 300-600 rpm, pode ser selecionada para uma operação contínua do sistema hidráulico, enquanto que a bomba configurada para funcionar na gama de 600-900 rpm, pode ser selecionada para a operação de fluxo de pico. Naturalmente, uma única bomba, em geral pode ser configurada para fornecer todos os três tipos de funcionamento.

[0075] As aplicações das modalidades exemplificativas podem incluir, mas não estão limitadas a, reach stackers, pás carregadeiras, empilhadeiras, mineração, plataformas de trabalho aéreo, manejo de resíduos, agricultura, caminhão guindaste, construção, silvicultura e indústria das oficinas mecânicas. Para aplicações que são categorizadas como indústrias de tamanho leve, modalidades exemplificativas da bomba discutidas acima podem deslocar a partir de 2 cm^3/rev (centímetros cúbicos por revolução) até 150 cm^3/rev com pressões de uma gama de 1500 psi a 3000 psi, por exemplo. A diferença de fluido, isto é, de tolerância entre os dentes de engrenagem e a caixa de engrenagem que define o coeficiente de eficiência e de deslizamento, em estas bombas podem estar numa gama de +0,00 -0,05mm, por exemplo. Para aplicações que são categorizadas como indústrias de médio porte, modalidades exemplificativas da bomba

discutidas acima podem deslocar a partir de 150 cm^3/rev a 300 cm^3/rev com pressões de uma gama de 3000 psi a 5000 psi e uma abertura de fluido numa gama de +0,00 -0,07mm, por exemplo. Para aplicações que são categorizadas como indústrias de grande porte, modalidades exemplificativas da bomba discutidas acima podem deslocar a partir de 300 cm^3/rev a 600 cm^3/rev com pressões de uma gama de 3000 psi a 12000 psi e uma abertura de fluido numa gama de +0,00 -0,0125 mm, por exemplo.

[0076] Além disso, as dimensões dos elementos de deslocamento de fluido podem variar, dependendo da aplicação da bomba. Por exemplo, quando as engrenagens são utilizadas como os elementos de deslocamento de fluido, passo circular das engrenagens pode variar de menos de 1 mm (por exemplo, um material de nano-compósito de nylon) a alguns metros de largura em aplicações industriais. A espessura das engrenagens dependerá das pressões desejadas e os fluxos para a aplicação.

[0077] Embora a presente invenção tenha sido descrita com referência a certas modalidades, numerosas modificações, alterações e modificações às modalidades descritas são possíveis sem se afastarem do escopo e alcance da presente invenção, tal como definido nas reivindicações anexas. Por conseguinte, pretende-se que a presente invenção não seja limitada às modalidades descritas, mas que tem o escopo completo definido pela linguagem das reivindicações que se seguem e equivalentes dos mesmos.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema hidráulico (1) compreendendo:

uma bomba hidráulica (10) para fornecer fluido hidráulico a um acionador hidráulico (3) com uma primeira e segunda portas (22, 24), a bomba hidráulica (10) incluindo,

pelo menos um motor (2042), o pelo menos um motor sendo pelo menos um dentre um motor de velocidade variável e de torque variável, e

um conjunto de engrenagem (2040) a ser acionada pelo dito pelo menos um motor (2042) de tal forma que o fluido seja transferido de uma porta de entrada (22) da bomba hidráulica (10) para uma porta de saída (24) da bomba hidráulica (10);

um primeiro conjunto de válvula de controle (2110), incluindo

uma primeira válvula de controle (2114) disposta sobre um lado da porta de entrada (A), a primeira válvula (2114) em comunicação fluídica com a primeira porta (22) e com a porta de entrada (A), e

um primeiro acionador de válvula de controle para operar a primeira válvula de controle (2114);

um segundo conjunto de válvula de controle (2010), incluindo

uma segunda válvula de controle (2014) disposta em um lado da porta de saída (B), a segunda válvula (2014) em comunicação fluídica com a segunda porta (24) e com a porta de saída (B), e

um segundo acionador de válvula de controle para operar a segunda válvula de controle (2014);

caracterizado por

um controlador que estabelece simultaneamente pelo menos um dentre uma velocidade e um torque do pelo menos um motor (2042) e uma abertura da primeira e segunda válvulas de controle (2114, 2014) de modo a manter pelo menos um dentre um fluxo e uma pressão no sistema hidráulico (1) em um ponto de ajuste operacional.

2. Sistema hidráulico (1), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o acionador hidráulico (3) é um dentre um cilindro hidráulico e um motor hidráulico.

3. Sistema hidráulico (1), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de que** a primeira válvula de controle (2114) é disposta a montante da bomba (10) em relação a um fluxo de fluido e a segunda válvula de controle é disposta a jusante da bomba (10) em relação ao fluxo de fluido, e

em que o controlador estabelece uma abertura da primeira válvula de controle (2114) e da segunda válvula de controle (2014), respectivamente, para manter o sistema hidráulico (1) no ponto de ajuste operacional.

4. Sistema hidráulico (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado pelo fato de que** a primeira válvula de controle (2114) é disposta a montante da bomba (10) em relação a um fluxo do fluido e a segunda válvula de controle (2014) é disposta a jusante da bomba (10) em relação ao fluxo do fluido, e

em que o controlador mantém uma abertura constante na primeira válvula de controle (2114) e estabelece uma abertura da segunda válvula de controle (2014) para manter o sistema hidráulico (1) no ponto de ajuste operacional.

5. Sistema hidráulico (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo fato de que** o pelo menos um motor (2042) inclui um primeiro motor (41) e um segundo motor (61), e o conjunto de engrenagem (2040) inclui uma primeira engrenagem (50) com uma pluralidade de dentes de primeira engrenagem (52) e uma segunda engrenagem (70) com uma pluralidade de dentes de segunda engrenagem (72),

em que o primeiro motor (41) gira a primeira engrenagem (50) sobre uma primeira linha central axial da primeira engrenagem (50)

em um primeiro sentido para transferir o fluido, e o segundo motor (61) gira a segunda engrenagem (70), independentemente do primeiro motor (41), sobre uma segunda linha central axial da segunda engrenagem (70) em um segundo sentido para transferir o fluido, e

em que o primeiro motor (41) e o segundo motor (61) são controlados de modo a sincronizar o contato entre uma face de pelo menos um dente da pluralidade de dentes da segunda engrenagem (72) e uma face de pelo menos um dente da pluralidade de dentes da primeira engrenagem (52).

6. Método de controle de um fluxo de fluido em um sistema hidráulico (1), em que o sistema hidráulico (1) inclui uma bomba hidráulica (10) e pelo menos uma válvula de controle (2014, 2114) passível de regulação entre uma posição fechada e uma posição aberta, a bomba hidráulica (10) para fornecer fluido hidráulico a um acionador hidráulico (3) que controla uma carga, a bomba hidráulica (10) incluindo pelo menos um impulsionador primário e um conjunto de deslocamento de fluido para ser acionado pelo menos um impulsionador primário, o método compreendendo:

iniciar pelo menos um dentre uma operação de velocidade variável e de torque variável da bomba hidráulica (10); e

caracterizado pelo fato de

estabelecer simultaneamente, em resposta a uma alteração na demanda de pelo menos um dentre um fluxo de fluido e pressão no sistema hidráulico (1), pelo menos um dentre uma velocidade e um torque do pelo menos um impulsionador primário e uma abertura da pelo menos uma válvula de controle.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado pelo fato de que** a operação da bomba hidráulica (10) é iniciada em um sistema de ciclo fechado.

8. Método, de acordo com a reivindicação 6 ou 7,

caracterizado pelo fato de que compreende ainda:

sincronizar o contato entre uma primeira engrenagem (50) e uma segunda engrenagem (70) do conjunto de deslocamento de fluido, estabelecendo uma diferença em um primeiro sinal de demanda para um primeiro impulsionador primário do pelo menos um impulsionador primário que aciona a primeira engrenagem (50) e um segundo sinal de demanda para um segundo impulsionador primário do pelo menos um impulsionador primário que aciona a segunda engrenagem (70) de tal forma que um coeficiente de deslizamento seja de 5% ou menor.

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 8, **caracterizado pelo fato de que** a pelo menos uma válvula de controle inclui uma primeira válvula de controle (2114) disposta a montante da bomba hidráulica (10) em relação a um fluxo de fluido e uma segunda válvula de controle (2014) disposta a jusante da bomba hidráulica (10) em relação ao fluxo de fluido, e

em que o estabelecimento da abertura da pelo menos uma válvula de controle inclui o estabelecimento de uma abertura da segunda válvula de controle (2014) ao mesmo tempo em que mantém uma abertura da primeira válvula de controle (2114) em um valor constante.

10. Sistema de bombeamento de fluido compreendendo:

uma bomba (10) para fornecer fluido a um acionador (3) que é operado pelo fluido, a bomba (10) incluindo

pelo menos um condutor de fluido, cada condutor de fluido incluindo

pelo menos um dentre um impulsionador primário de velocidade variável e de torque variável, e

um conjunto de deslocamento de fluido para ser acionado pelo impulsionador primário de tal forma que o fluido seja transferido de uma porta de entrada (A) da bomba (10) para uma porta de saída (B)

da bomba (10);

pelo menos um conjunto de válvula de controle proporcional (2010, 2110), cada conjunto de válvula de controle proporcional incluindo,

uma válvula de controle proporcional (2014, 2114) disposta no sistema de bombeamento de fluido, tal que a válvula de controle proporcional (2014, 2114) esteja em comunicação fluídica com a bomba (10), e

um acionador de válvula para operar a válvula de controle proporcional; e **caracterizado pelo fato de que**

um controlador que estabelece simultaneamente pelo menos um dentre uma velocidade e um torque de cada impulsionador primário do pelo menos um condutor de fluido e uma abertura de cada válvula de controle proporcional (2014, 2114) do pelo menos um conjunto de válvula de controle proporcional (2010, 2110) de modo a manter pelo menos um dentre um fluxo e uma pressão no sistema de bombeamento de fluido para um ponto de ajuste operacional.

11. Sistema de bombeamento de fluido, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado pelo fato de que** o primeiro condutor de fluido inclui um primeiro impulsionador primário e um primeiro conjunto de deslocamento de fluido com um primeiro membro de deslocamento de fluido, e o segundo condutor de fluido inclui um segundo impulsionador primário e um segundo conjunto de deslocamento de fluido com um segundo membro de deslocamento de fluido, e

em que o primeiro impulsionador primário é disposto dentro do primeiro membro de deslocamento de fluido e o segundo impulsionador primário é disposto dentro do segundo membro de deslocamento de fluido.

12. Sistema de bombeamento de fluido, de acordo com a reivindicação 10 ou 11, **caracterizado pelo fato de que** o acionador (3) é um dentre um cilindro acionado por fluido e um motor acionado por fluido.

13. Sistema de bombeamento de fluido, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 12, **caracterizado pelo fato de que** o pelo menos um conjunto de válvula de controle proporcional inclui um primeiro conjunto de válvula de controle (2010, 2110) proporcional disposto a montante da bomba (10) em relação a um fluxo de fluido e um segundo conjunto de válvula de controle proporcional (2110) disposto a jusante da bomba (10) em relação ao fluxo do fluido, e

em que o controlador estabelece uma abertura de cada válvula de controle proporcional (2014, 2114) no primeiro e segundo conjuntos de válvula de controle proporcional (2010, 2110) para manter o sistema de bombeamento de fluido no ponto de ajuste operacional.

14. Sistema de bombeamento de fluido, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 13, **caracterizado pelo fato de que** o pelo menos um conjunto de válvula de controle proporcional (2010, 2110) inclui um primeiro conjunto de válvula de controle proporcional (2114) disposto a montante da bomba (10) em relação a um fluxo do fluido e um segundo conjunto de válvula de controle proporcional (2010) disposto a jusante da bomba (10) em relação ao fluxo do fluido, e

em que o controlador mantém uma abertura constante na válvula de controle proporcional (2114) no primeiro conjunto de válvula de controle (2110) proporcional e estabelece uma abertura da válvula de controle proporcional (2014) no segundo conjunto de válvula de controle proporcional (2010) para manter o sistema de bombeamento de fluido no ponto de ajuste operacional.

15. Sistema de bombeamento de fluido, de acordo com

qualquer uma das reivindicações 10 a 14, **caracterizado pelo fato de que** o pelo menos um condutor de fluido inclui um primeiro condutor de fluido e um segundo condutor de fluido,

em que o conjunto de deslocamento de fluido do primeiro condutor de fluido inclui um primeiro membro de deslocamento de fluido com pelo menos uma primeira superfície correspondente a uma projeção no primeiro membro de deslocamento de fluido,

em que o conjunto de deslocamento de fluido do segundo condutor de fluido inclui um segundo membro de deslocamento de fluido com pelo menos uma segunda superfície correspondente a pelo menos um dentre uma projeção e um entalhe no segundo membro de deslocamento de fluido,

em que o impulsionador primário do primeiro condutor de fluido conduz o primeiro membro de deslocamento de fluido em um primeiro sentido,

em que o impulsionador primário do segundo condutor de fluido conduz o segundo membro de deslocamento de fluido em um segundo sentido para transferir o fluido, e

em que o controlador estabelece uma diferença nos sinais de demanda para cada um dos impulsionadores primários de modo a sincronizar o contato entre a pelo menos primeira superfície e a pelo menos segunda superfície.

16. Sistema, de acordo com a reivindicação 5 ou 15, **caracterizado pelo fato de que** o contato sincronizado é tal que um coeficiente de deslizamento seja de 5% ou menos.

17. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5 e 10 a 16, **caracterizado pelo fato de que** o ponto de ajuste operacional é um ponto de ajuste de pressão.

18. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5 e 10 a 17, **caracterizado pelo fato de que** o ponto

de ajuste operacional é um ponto de ajuste de fluxo.

19. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5 e 10 a 18, **caracterizado pelo fato de que** o ponto de ajuste operacional é um ponto de ajuste de fluxo e um ponto de ajuste de pressão, e

em que pelo menos um motor ou as primeira e segunda válvulas de controle são controlados para um dentre o ponto de ajuste de fluxo ou o ponto de ajuste de pressão e o outro do pelo menos um motor ou as primeira e segunda válvulas de controle são controlados para o outro ponto de ajuste de fluxo ou ponto de ajuste de pressão.

20. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5 e 10 a 19, **caracterizado pelo fato de que** o ponto de ajuste operacional é um ponto de ajuste de fluxo e um ponto de ajuste de pressão, e

em que pelo menos um condutor de fluido ou a válvula de controle proporcional são controlados para um dentre o ponto de ajuste de fluxo ou o ponto de ajuste de pressão, e o outro do pelo menos um condutor de fluido ou a válvula de controle proporcional é controlado para o outro dentro o ponto de ajuste de fluxo ou o ponto de ajuste de pressão.

21. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5 e 10 a 20, **caracterizado pelo fato de que** o sistema inclui um acumulador.

22. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5 e 10 a 21, **caracterizado pelo fato de que** o controlador inclui uma pluralidade de modos de operação incluindo pelo menos um dentre modo de fluxo, um modo de pressão e um modo balanceado.

23. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5 e 10 a 22, **caracterizado pelo fato de que** o sistema é um sistema de ciclo fechado.

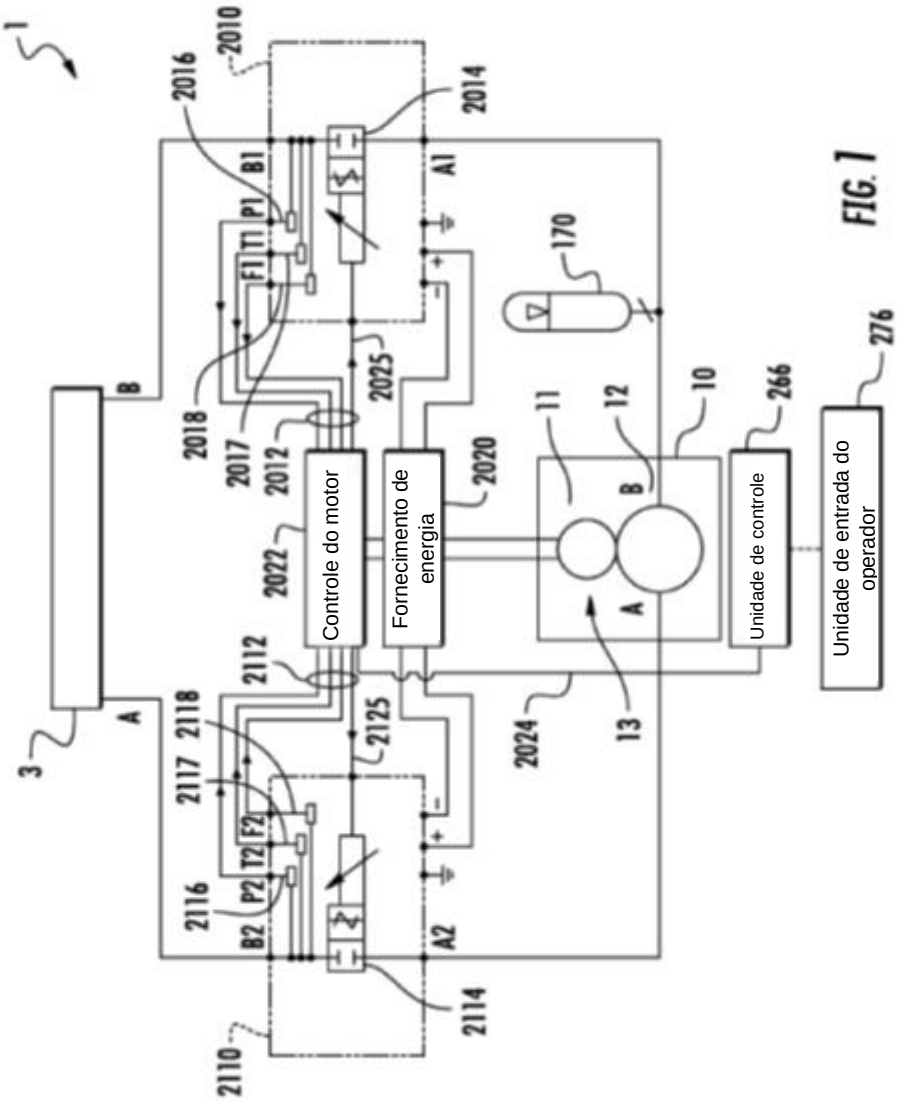

1
2010
2016
2014
B1
A1
P1
T1
F1
170
2025
2018
2017
2012
2020
11
12
10
266
276
B
Controle do motor
Fornecimento de energia
Unidade de controle
Unidade de entrada do operador
2022
A
2112
2118
2117
2125
2024
13
3
F2
T2
P2
2116
B2
A2
2114
2110

FIG. 1

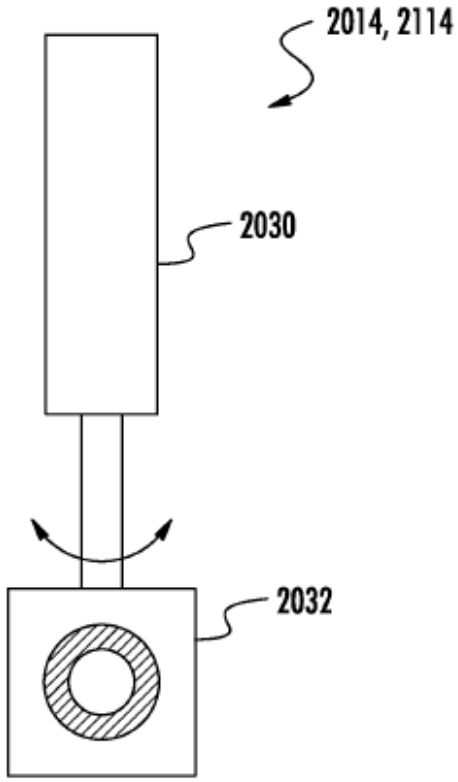


FIG. 2

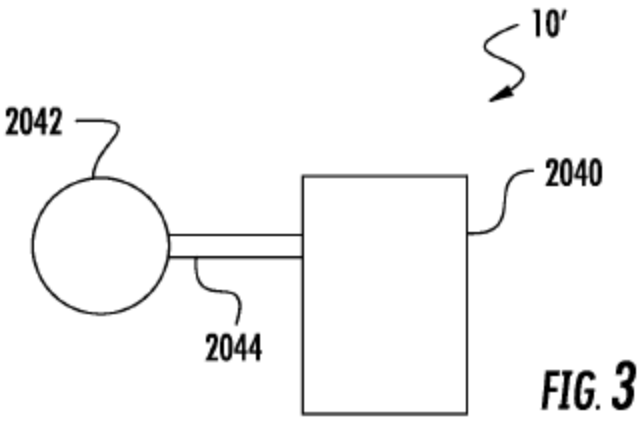


FIG. 3

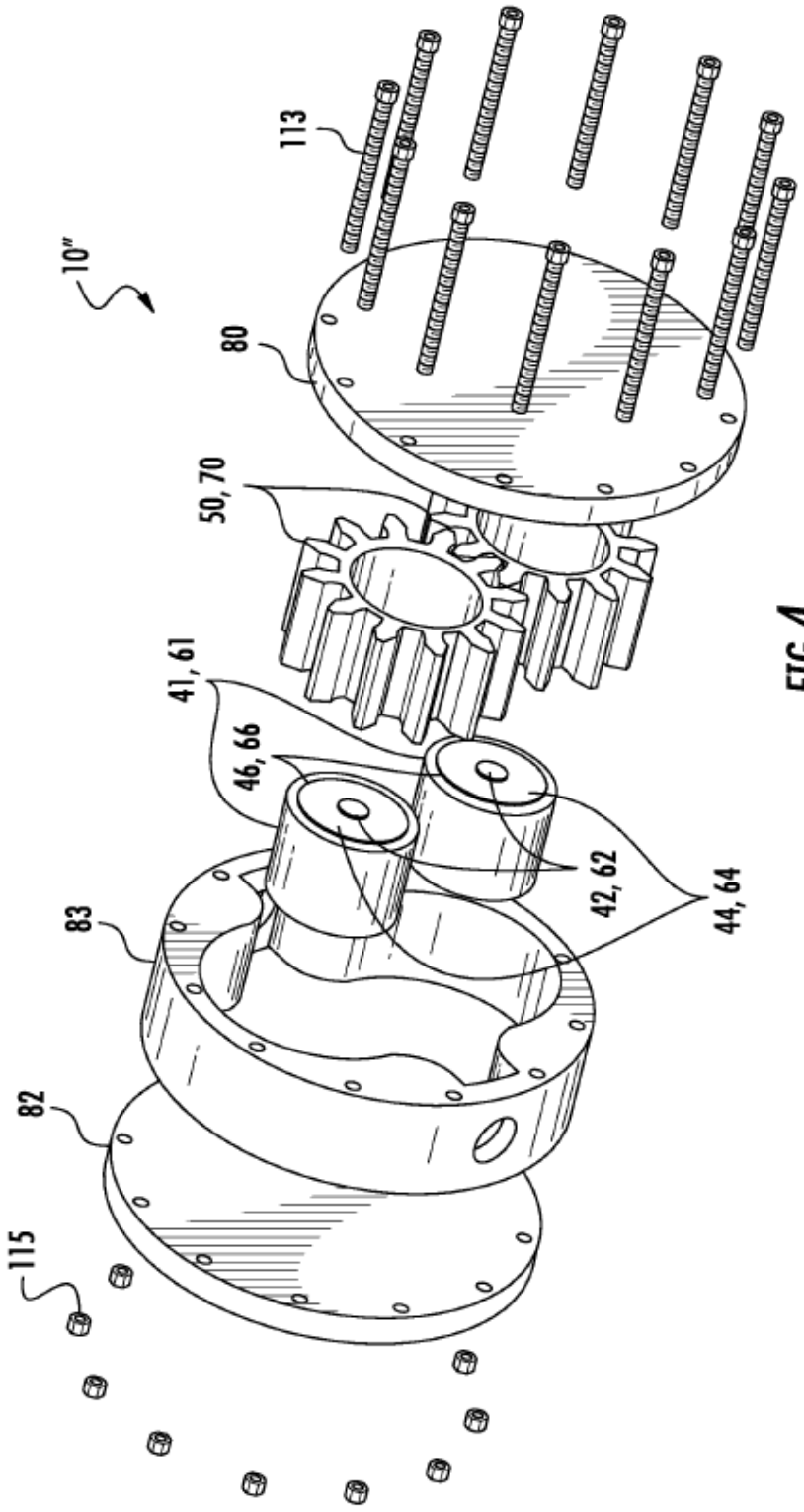


FIG. 4

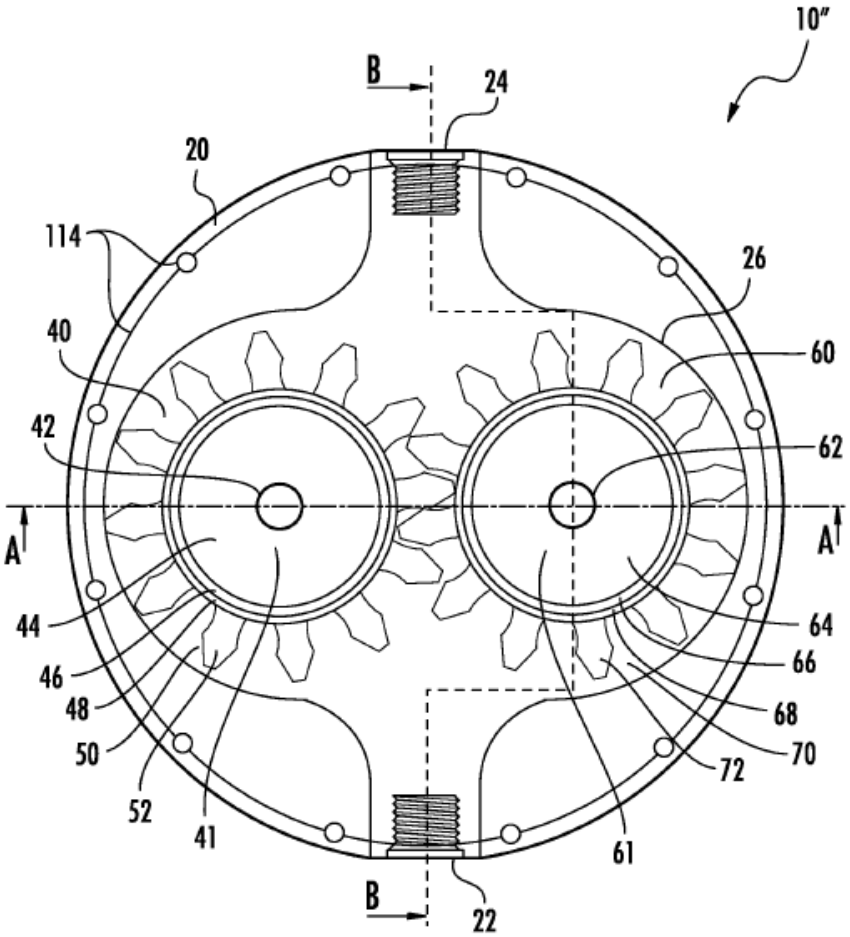


FIG. 5

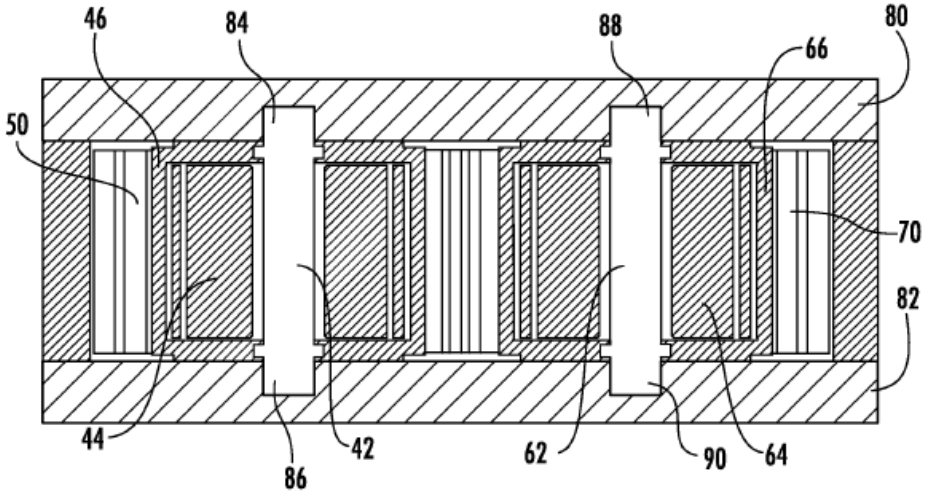


FIG. 5A

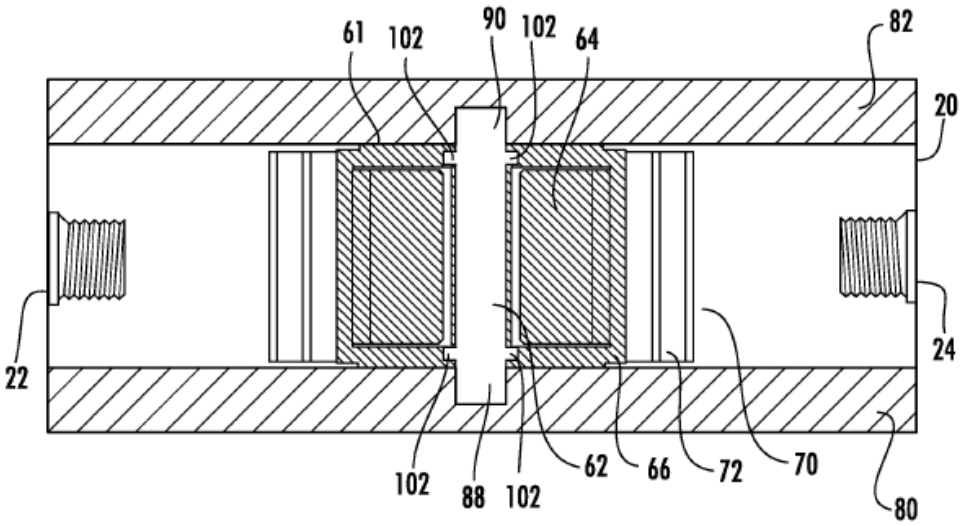


FIG. 5B

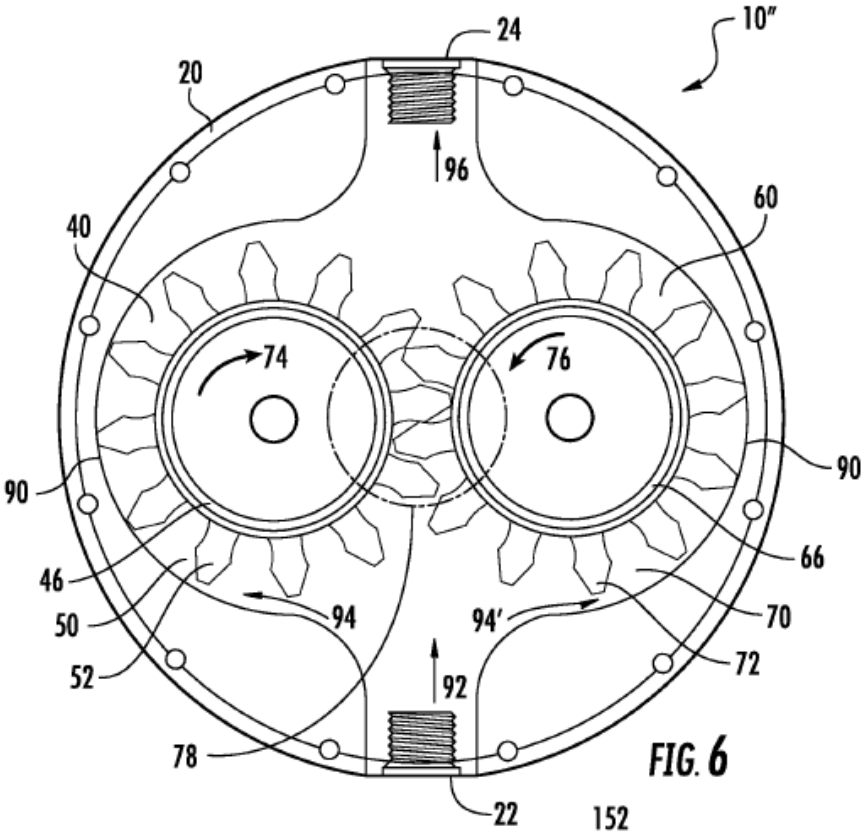

10″
24
20
96
60
40
74
76
90
90
66
46
50
94
94′
70
52
72
92
78
22

FIG. 6

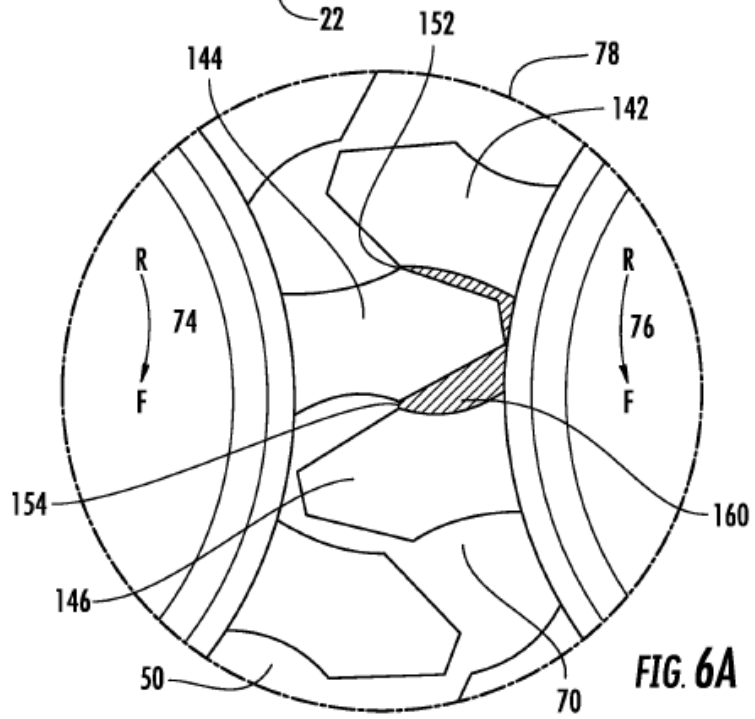

152
144
78
142
R
74
F
R
76
F
154
160
146
50
70

FIG. 6A