



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

(11) PI 1102244-2 B1



(22) Data do Depósito: 06/05/2011

(45) Data de Concessão: 22/12/2020

(54) Título: DISPOSITIVO ELETROMECHANICO

(51) Int.Cl.: F16K 31/44; F03D 1/00.

(30) Prioridade Unionista: 06/05/2010 EP 10162074.8.

(73) Titular(es): THE SWITCH DRIVE SYSTEMS OY; MOVENTAS WIND OY.

(72) Inventor(es): VUOLLE-APIALA; LIUKKONEN, OLLI; JORMA MUSTALAHTI; TIRKKONEN, JORMA; PAKARINEN, VILLE; TOIKKANEN, JARI; MARTIKAINEN, IIKKA.

(57) Resumo: UM DISPOSITIVO ELETROMECHANICO Um dispositivo eletromecânico compreende uma estrutura de interface mecânica (101) para se conectar a um elemento externo rotativo, por exemplo, uma turbina eólica. O dispositivo compreende uma máquina elétrica (102-104), e um ou mais estágios de engrenagem (105-112) em um trajeto de transmissão de energia entre a estrutura de interface mecânica e um rotor de máquina elétrica. O dispositivo inclui ainda estruturas mecânicas (113-115), constituindo um alojamento de óleo lubrificante comum para os estágios de engrenagem e a máquina elétrica. O dispositivo eletromecânico composto por canais de óleo (116) para conduzir óleo lubrificante circulado no dispositivo para fluir através dos estágios de engrenagem e através de mancais (118, 119) da máquina elétrica. Portanto, um sistema de lubrificação comum pode ser usado para os estágios de engrenagem e a máquina elétrica.

"DISPOSITIVO ELETROMECHANICO"**Campo da invenção**

[001]A invenção se refere a um dispositivo eletromecânico que é uma combinação de um ou mais estágios de engrenagem e uma máquina elétrica rotativa.

Fundamentos da invenção

[002]Em muitos sistemas de geração de energia pode ser vantajoso, do ponto de vista de design e de vários aspectos de construção, ligar um gerador a um motor primário, por exemplo, uma turbina eólica, através de uma caixa de engrenagem disposta para converter a velocidade de rotação do motor primário em uma faixa de velocidade adequada para o gerador. Correspondentemente, em muitas aplicações em motores, pode ser vantajoso ligar um motor elétrico a um atuador através de uma caixa de engrenagens disposta para converter a velocidade de rotação do motor elétrico em uma faixa de velocidade adequada para o atuador. A caixa de engrenagem pode incluir um ou mais estágios de engrenagem ligados em série com a ajuda dos quais pode ser alcançada uma relação de transmissão desejada. Cada estágio de engrenagem único pode ser, por exemplo, um estágio de engrenagem planetária ou um estágio de engrenagem cilíndrica.

[003]Aspectos desafiadores da concepção relacionada a uma combinação de uma caixa de engrenagem e uma máquina elétrica que pode ser um gerador e / ou um motor são, entre outros, o tamanho e o peso do conjunto. Além disso, o equipamento necessário para a lubrificação, arrefecimento e monitoramento da combinação de caixa de engrenagem e máquina elétrica pode ser complexo comparado com aqueles de, por exemplo, um sistema sem engrenagens. A confiabilidade, por exemplo, dos sistemas de lubrificação pode exigir atenção especial, pois, como fica evidente, tanto o sistema de lubrificação da caixa de engrenagem quanto o sistema de lubrificação da máquina elétrica têm que trabalhar

simultaneamente corretamente, de modo que a combinação funcione corretamente. Portanto, para obtenção de uma confiabilidade suficiente, efetiva ou combinada, as confiabilidades de sistemas de lubrificação da caixa de engrenagem e da máquina elétrica, respectivamente, devem ser significativamente maiores do que a confiabilidade que seria necessária para um sistema de lubrificação de um único sistema sem engrenagens. No entanto, a caixa de engrenagem, especialmente em muitas aplicações de energia eólica, torna possível a utilização de uma máquina elétrica que é significativamente menor em dimensões e peso do que uma máquina elétrica de um sistema correspondente sem engrenagem. Portanto, a escolha de quando se deseja usar um caixa de engrenagem ou um sistema sem engrenagem depende de muitos aspectos diferentes, muitos dos quais são mais ou menos inter-relacionados. A caixa de engrenagem oferece muitas vantagens e, portanto, há uma necessidade de fornecer soluções técnicas para reduzir ou mesmo eliminar os inconvenientes relacionados com a utilização da caixa de engrenagem.

[004] A publicação US2010052442 divulga um sistema gerador que compreende um gerador, um trem de engrenagens e uma embreagem, no qual a embreagem está exposta ao trem de engrenagens. A estrutura é integrada, para que uma parede do alojamento do trem de engrenagem e embreagem também constitua uma parede da carcaça do gerador, e em uma abertura da parede há um elemento de vedação de passagem em torno do eixo entre o trem de engrenagem e do gerador. Assim, a construção é mais compacta do que a de um sistema que compreende gerador e caixa de engrenagem separados e que são interligados, por exemplo, com flanges de seus eixos. Por exemplo, há uma necessidade de apenas um elemento de vedação de passagem entre o trem de engrenagens e o gerador em vez de um no gerador e outro na caixa de engrenagem.

Breve descrição da invenção

[005] De acordo com a presente invenção, é fornecido um novo dispositivo eletromecânico que compreende:

- uma estrutura de interface mecânica para conectar a um elemento externo rotativo,
- uma máquina elétrica,
- um ou mais estágios engrenagens em um caminho de transmissão de energia mecânica entre a estrutura de interface mecânica e um rotor de máquina elétrica,
- estruturas mecânicas que constituem um alojamento de óleo lubrificante comum, tanto para um ou mais estágios de engrenagem e a máquina elétrica, e
- canais de óleo para direcionar pelo menos uma parte do óleo lubrificante circulado no dispositivo eletromecânico para fluir através de um ou mais estágios de engrenagem e pelo menos uma parte do óleo lubrificante para fluir através de rolamentos da máquina elétrica.

[006] O dispositivo eletromecânico acima descrito é uma combinação da máquina elétrica e um ou mais estágios de engrenagem que são integrados em uma única unidade e utilizam um sistema de lubrificação comum. Portanto, o sistema de lubrificação pode ser mais simples e mais confiável do que um sistema tradicional em que há uma caixa de engrenagem e uma máquina elétrica separadas. Além disso, o tamanho e o peso do dispositivo eletromecânico de acordo com a invenção podem ser menores do que os de uma combinação tradicional de uma máquina elétrica e uma caixa de engrenagem.

[007] Um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade vantajosa da invenção compreende ainda uma bomba de óleo disposta para circular, pelo menos, parte do óleo lubrificante através de um ou mais estágios de engrenagem e pelo menos uma parte do óleo lubrificante através dos rolamentos da máquina elétrica. A forma, como o óleo

lubrificante é dividido na parte que flui através dos estágios de engrenagem e na parte que flui através dos rolamentos da máquina elétrica, depende do arranjo dos canais de óleo. Os canais de óleo podem ser organizados, por exemplo, de tal modo que o óleo lubrificante flui através do primeiro estágio de engrenagem e, em seguida, através dos rolamentos da máquina elétrica, ou de tal forma que existam rotas paralelas fluindo para os estágios de engrenagem e para a máquina elétrica, ou pode haver um híbrido disto.

[008]Um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade vantajosa da invenção compreende ainda um elemento refrigerador de óleo para refrigerar a parte do óleo lubrificante que circula através de um ou mais estágios de engrenagem e a parte do óleo lubrificante que circula através dos rolamentos da máquina elétrica. O refrigerador pode ser usado para fornecer uma temperatura ótima ao óleo lubrificante.

[009]Um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade vantajosa da invenção compreende ainda um elemento de pré-aquecimento para aquecimento da parte do óleo lubrificante que circula através de um ou mais estágios de engrenagem e da parte do óleo lubrificante que circula através dos rolamentos da máquina elétrica. O pré-aquecedor é usado de preferência em situações de partida a frio. Do ponto de vista da vida útil das engrenagens e rolamentos, é vantajoso ter uma temperatura ideal no óleo lubrificante também desde o início de um processo de partida a frio.

[010]Um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade vantajosa da invenção compreende ainda um elemento de filtro para remover as impurezas da parte do óleo lubrificante que circula através de um ou mais estágios de engrenagem e de parte do óleo lubrificante que circula através dos rolamentos da máquina elétrica.

[011] Um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade vantajosa da invenção compreende ainda um elemento sensor para o monitoramento da parte do óleo lubrificante que circula através de um ou mais estágios de engrenagem e da parte do óleo lubrificante que circula através dos rolamentos da máquina elétrica. O elemento sensor pode ser responsivo a pelo menos um dos seguintes fatores: temperatura do óleo lubrificante, grau de pureza do óleo lubrificante, teor de água do óleo lubrificante.

[012] Uma série de outras concretizações exemplificativas da invenção é descrita em reivindicações dependentes anexas.

[013] Várias concretizações exemplificativas da invenção em relação às construções e aos métodos de funcionamento, juntamente com outros objetivos e vantagens da mesma, serão mais bem entendidas a partir da descrição específica das concretizações exemplificativas a seguir quando lidas em conexão com os desenhos que acompanham o pedido.

[014] O verbo "compreender" é usado neste documento como uma limitação aberta que não exclui, nem exige a existência de recursos não especificados. As características especificadas em reivindicações dependentes são combináveis livremente entre si, salvo expressamente indicado.

Breve descrição dos desenhos

[015] As concretizações exemplificativas da invenção e suas vantagens são explicadas em maiores detalhes abaixo, no contexto de exemplos e com referência a desenhos anexos, em que:

A Figura 1 mostra uma vista esquemática em corte de um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade da invenção,

A Figura 2 mostra uma vista esquemática em corte de um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade da invenção, e

A Figura 3 mostra uma vista esquemática em corte de um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade da invenção.

Descrição das concretizações

[016] A Figura 1 mostra uma vista esquemática em corte de um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade, exemplificativa vantajosa da invenção. O dispositivo eletromecânico compreende uma estrutura de interface mecânica (101) para conexão a um elemento externo giratório que pode ser, por exemplo, mas não necessariamente, uma turbina eólica. O dispositivo eletromecânico compreende uma máquina elétrica para a conversão de energia mecânica em energia elétrica ou vice-versa. A máquina elétrica compreende um núcleo estator laminado (102) que é fornecido com enrolamentos de estator. A máquina elétrica compreende um rotor que inclui uma parte central (117), um quadro (103), e ímãs permanentes (104) montados sobre a superfície externa do quadro (103). Naturalmente, também é possível que a parte central (117) e o quadro (103) sejam uma peça única e monolítica. O dispositivo eletromecânico possui um ou mais estágios de engrenagem em um caminho de transmissão de energia entre a estrutura de interface mecânica e o rotor da máquina elétrica. Os estágios da engrenagem estão dispostos

para converter a velocidade de rotação de um elemento externo rotativo, por exemplo, uma turbina eólica, em uma faixa de velocidade adequada para a máquina elétrica. O dispositivo eletromecânico compreende primeira, segunda e terceira estruturas mecânicas (113), (114) e (115) que estão dispostas para apoiar os elementos dos estágios de engrenagem e os elementos da máquina elétrica. As estruturas mecânicas constituem um alojamento de óleo lubrificante comum para ambos os estágios de engrenagem e a máquina elétrica. No dispositivo eletromecânico, existem canais (116) de óleo para dirigir pelo menos uma parte de óleo lubrificante circulado no dispositivo eletromecânico para fluir através dos estágios de engrenagem e pelo menos uma parte do óleo lubrificante para fluir através dos mancais (118) e (119) da máquina elétrica. Canais (116b) de óleo são dispostos para remover o óleo lubrificante do próprio dispositivo eletromecânico, de modo a tornar possível a circulação do óleo lubrificante. Os rolamentos mostrados na Figura 1 são rolamentos rotativos. Convém, no entanto, observar que qualquer dos rolamentos também poderia ser um rolamento deslizante. A forma, como o óleo lubrificante é dividido na parte que flui através dos estágios de engrenagem e a parte que flui através dos rolamentos da máquina elétrica, depende do arranjo dos canais de óleo. Os canais de óleo podem ser organizados, por exemplo, de tal modo que o óleo lubrificante flui através do primeiro estágio de engrenagem e, em seguida, através dos rolamentos da máquina elétrica, ou de tal forma que existam rotas paralelas fluindo para os estágios de engrenagem e para a máquina elétrica, ou pode haver um híbrido destes. O dispositivo eletromecânico acima descrito e ilustrado na Figura 1 é na verdade uma combinação de um ou mais estágios de engrenagem e uma máquina elétrica integrada em uma única unidade, utilizando um sistema de lubrificação comum. Portanto, o sistema de lubrificação pode ser mais simples e

mais confiável do que um arranjo tradicional em que há uma unidade de caixa de engrenagem distinta e uma unidade de máquina elétrica separada conectadas uma à outra. Além disso, o tamanho e o peso do dispositivo eletromecânico acima descrito podem ser menores do que o tamanho e o peso dos dispositivos tradicionais acima mencionados.

[017]No dispositivo eletromecânico de acordo com a modalidade exemplificativa da invenção ilustrada na Figura 1, os estágios de engrenagem consistem em um primeiro estágio de engrenagem planetária, e um segundo estágio de engrenagem planetária. O primeiro estágio de engrenagem planetária compreende um portador de roda planetária (105), um anel de engrenagens (106), rodas planetárias (107), e um eixo de engrenagem solar (108). O segundo estágio de engrenagem planetária compreende um portador de roda planetária (109), um anel de engrenagens (110), rodas planetárias (111), e um eixo de engrenagem solar (112). O portador de roda planetária (105) do primeiro estágio de engrenagem planetária constitui uma parte da estrutura de interface mecânica (101) arranjado para receber a energia mecânica do motor primário. Portanto, o portador de roda planetária (105) do primeiro estágio de engrenagem planetária é girado pelo motor primário. O anel de engrenagem (106) está parado. O eixo de engrenagem solar (108) do primeiro estágio de engrenagem planetária está ligado ao portador de roda planetária (109) do segundo estágio de engrenagem planetária. Portanto, o portador de roda planetária (109) do segundo estágio de engrenagem planetária é girado pela engrenagem de eixo solar (108) do primeiro estágio de engrenagem planetária. O anel da engrenagem (110) é estacionário. O eixo de engrenagem solar (112) do segundo estágio de engrenagem planetária está conectado com um acoplamento (130) à parte central (117) do rotor da máquina elétrica. O acoplamento (130) é vantajosamente curvo de modo a permitir certo desalinhamento

entre os eixos de rotação do eixo de engrenagem solar (112) e a parte central (117) do rotor da máquina elétrica. Assim, o acoplamento (130) pode ser arranjado para remover a carga adicional que seria de outra forma causada pelo possível desalinhamento dos mancais (118) e (119). Além disso, o acoplamento (130) permite mudanças no alinhamento durante a operação. A parte central (117) do rotor compreende um canal de óleo (116d) para entrega de óleo lubrificante para o acoplamento (130). Portanto, o rotor da máquina elétrica é girado pelo eixo de engrenagem solar (112) do segundo estágio de engrenagem planetária. Os estágios de engrenagem planetária têm, de preferência, mas não necessariamente, eixos de engrenagem solar flutuantes (108) e (112) e acoplamentos curvados entre o eixo de engrenagem solar (108) e o portador de roda planetária (109) e do eixo engrenagem solar (112) e a parte central (117), a fim de proporcionar tolerância contra possíveis desvios mútuos entre as direções dos eixos de rotação dos eixos das engrenagens solares (108) e (112), e do rotor da máquina elétrica, ou seja, para fornecer tolerância contra possíveis não-idealidades de alinhamento. No dispositivo eletromecânico mostrado na Figura 1, o eixo de engrenagem solar (112) do segundo estágio de engrenagem planetária está flutuando sobre o apoio das rodas planetárias (111) do segundo estágio de engrenagem planetária e no apoio da parte central (117) do rotor da máquina elétrica. O eixo de engrenagem solar (108) do primeiro estágio de engrenagem planetária está flutuando sobre o apoio das rodas planetárias (107) do primeiro estágio de engrenagem planetária e no apoio do portador de roda planetária (109) do segundo estágio de engrenagem planetária. No entanto, também é possível que um ou ambos os eixos de engrenagem solar sejam montado(s) mancalizado(s). Além dos mancais e dos estágios de velocidades, o sistema de lubrificação lubrifica o acoplamento entre os estágios de

engrenagem e a máquina elétrica, ou seja, o acoplamento entre o eixo da engrenagem solar (112) e a parte central (117).

[018] Como pode ser visto na Figura 1, os mancais (118) e (119) da máquina elétrica suportam não apenas o rotor da máquina elétrica, mas também o eixo de engrenagem solar (112) do segundo estágio de engrenagem planetária. O acoplamento (130) é vantajosamente arranjado para transmitir as forças axiais dos estágios de engrenagem, para os mancais (118) e (119) que são comuns aos estágios de engrenagem e à máquina elétrica. Assim, os mancais (118) e (119) são usados para apoiar não só o rotor da máquina elétrica, mas também, pelo menos em parte, o segundo estágio de engrenagem. Portanto, o número de mancais pode ser menor do que em um arranjo tradicional, em que há uma unidade de máquina elétrica separada e uma unidade de caixa de engrenagem distinta que estão ligadas uma à outra. Além disso, o número de passagens seladas para os eixos de rotação é reduzido em comparação com as disposições tradicionais acima mencionadas. Um retentor (135) é disposto para selar o alojamento que constitui o alojamento de óleo lubrificante comum aos estágios de engrenagem e à máquina elétrica.

[019] Um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade da invenção compreende elementos de conexão (120) na superfície externa do dispositivo eletromecânico para fixação a uma estrutura mecânica externa. A estrutura mecânica externa pode ser, por exemplo, uma plataforma de montagem de um alojamento de máquina no topo de uma torre de uma instalação de energia eólica. A estrutura mecânica do dispositivo eletromecânico compreende uma primeira estrutura mecânica (113) que apóia o estator (102) da máquina elétrica com relação aos elementos de conexão, uma segunda estrutura mecânica (114) apoiando o anel de engrenagem (110) do segundo estágio de engrenagem planetária com respeito aos elementos de conexão, e uma terceira estrutura mecânica (115) apoiando

o rotor da máquina elétrica com relação ao anel da engrenagem do segundo estágio de engrenagem planetária. Como pode ser observado na Figura 1, a primeira estrutura mecânica (113) é disposta para transmitir as tensões causadas por forças eletromagnéticas que atuam sobre o estator (102) da máquina elétrica para os elementos de conexão (120) de modo que as tensões estão dispostas para desviar das estruturas de apoio mecânico do segundo estágio de engrenagem e do rotor. Portanto, as tensões provocadas pelas forças que atuam sobre o estator, devido, por exemplo, transientes elétricos, são conduzidos diretamente do estator (102) para os elementos de conexão (120) e, assim, as estruturas mecânicas externas. O rotor da máquina elétrica pode ser conectado ao eixo de engrenagem solar (112) do segundo estágio de engrenagem planetária, com um acoplamento de segurança disposto para soltar o acoplamento em resposta a uma situação em que o torque que age sobre o acoplamento de segurança seja superior a um valor limite pré-determinado. Com este tipo de arranjo é possível proteger os elementos dos estágios de engrenagem, dos picos de torque causados por transientes elétricos que podem ocorrer, por exemplo, durante uma situação de curto-circuito. O acoplamento de segurança pode compreender, por exemplo, pinos de ruptura dispostos para romper em resposta à situação em que o torque que age sobre o acoplamento de segurança excede um valor limite pré-determinado. A Figura 1 mostra um sistema em que existem parafusos (121), que podem ser tão finos ou fracos que estes parafusos são quebrados quando o torque ultrapassa o valor limite pré-determinado. Assim, os parafusos (121) representam os referidos pinos de ruptura. Alternativamente, o acoplamento de segurança pode incluir superfícies de fricção comprimidas, por exemplo, através de molas, umas contra as outras e dispostas para escorregar uma em relação à outra, como uma resposta à

situação em que o torque que age sobre o acoplamento de segurança excede o valor limite pré-determinado.

[020] Como pode ser visto na Figura 1, o quadro (103) do rotor tem uma abertura em forma de copo para os estágios de engrenagem. A estrutura mecânica (115) de apoio do rotor da máquina elétrica é arranjada para se estender para o alojamento semi-fechado definido pela abertura em forma de copo e os mancais (118) e (119) da máquina elétrica estão localizados no alojamento semi-fechado definido pela forma de copo. Isso permite que os mancais (118) e (119) sejam localizados próximos ao centro de massa do rotor e também diminui o comprimento axial do dispositivo eletromecânico. Portanto, o comprimento axial do dispositivo eletromecânico mostrado na Figura 1 pode ser menor do que o comprimento axial total de um arranjo tradicional, em que há uma unidade de máquina elétrica separada e uma unidade de caixa de engrenagem distinta que estão ligadas uma à outra.

[021] Um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade da invenção compreende um freio conectado ao rotor da máquina elétrica, ver Figura 2. O freio pode ser, por exemplo, um disco de freio, no qual um disco de freio (128) é fixado ao quadro (103) do rotor e uma pinça de freio (129) está ligada à estrutura mecânica (113). Com este tipo de arranjo, a força de frenagem é conduzida diretamente para os elementos de conexão (120) e, assim, para as estruturas mecânicas externas e nenhuma força de frenagem é direcionada para as estruturas mecânicas (114) e (115) que apóiam o rotor e o segundo estágio de engrenagem.

[022] Em muitas aplicações, um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade da invenção é organizado para funcionar em uma posição inclinada, como ilustrado na Figura 3. O ângulo de inclinação α que é um ângulo entre a direção axial da máquina elétrica e uma linha horizontal pode estar, por exemplo, mas não necessariamente,

na faixa 4 a 6 graus. O eixo da engrenagem solar (112) do segundo estágio de engrenagem planetária está relacionado com um acoplamento (130) à parte central (117) do rotor da máquina elétrica. O acoplamento (130) é vantajosamente curvo de modo a permitir certo desalinhamento entre os eixos de rotação do eixo de engrenagem solar (112) e a parte central (117) do rotor da máquina elétrica. Assim, o acoplamento (130) pode ser arranjado para remover a carga adicional que seria de outra forma causada pelo possível desalinhamento dos mancais (118) e (119). Além disso, o acoplamento (130) permite mudanças no alinhamento durante a operação. A parte central (117) do rotor compreende um canal (116d) de óleo para transferência de óleo lubrificante para o acoplamento (130). O acoplamento (130) é vantajosamente arranjado para transmitir forças axiais dos estágios de engrenagem para os mancais (118) e (119) que são comuns aos estágios de engrenagem e à máquina elétrica. A estrutura mecânica (115) dispõe de um canal de retorno de óleo (116c) que é disposto para garantir que o nível superficial do óleo lubrificante dentro da estrutura mecânica (115) não atinja o selo compressor (135) da vedação rotativa de passagem quando o dispositivo eletromecânico está na posição inclinada.

[023] Um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade da invenção compreende uma bomba de óleo (122) disposta para fazer circular o óleo lubrificante através dos estágios de engrenagem e através dos rolamentos da máquina elétrica. O dispositivo eletromecânico pode ainda compreender um tanque de óleo (127).

[024] Um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade da invenção compreende um elemento refrigerador de óleo (123) para o arrefecimento do óleo lubrificante que circula através dos estágios de engrenagem e dos rolamentos da máquina elétrica.

[025]Um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade da invenção compreende um elemento pré-aquecedor (124) para o aquecimento do óleo lubrificante que circula através dos estágios de engrenagem e através dos rolamentos da máquina elétrica.

[026]Um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade da invenção compreende um elemento de filtro (125) para remoção de impurezas do óleo lubrificante.

[027]Um dispositivo eletromecânico de acordo com uma modalidade da invenção compreende um elemento sensor (126) para monitorar o estado do óleo lubrificante. O elemento sensor pode ser sensível, por exemplo, à temperatura do óleo lubrificante, ao grau de pureza do óleo lubrificante e / ou ao conteúdo de água do óleo lubrificante.

[028]As Figuras 1 e 2 ilustram dispositivos eletromecânicos em que há dois estágios de engrenagem. Note-se que o número de estágios de engrenagens não é necessariamente igual a dois nos dispositivos eletromecânicos de acordo com modalidades diferentes da invenção. É possível que, em um dispositivo eletromecânico de acordo com uma certa modalidade da invenção, só haja um estágio de engrenagem, por exemplo, um estágio de engrenagem planetária ou um estágio de engrenagem cilíndrica, ou que haja mais de dois estágios, cada um dos quais podendo ser um estágio de engrenagem planetária ou um estágio de engrenagem cilíndrica. Além disso, a respeito dos estágios de engrenagem planetária, não é necessário que o portador de roda planetária gire e o anel de engrenagem esteja estacionário, como nas construções exemplificativas ilustradas nas Figuras 1 e 2. Também é possível que o anel de engrenagem seja rotativo. Convém igualmente notar que a presente invenção não se limita ao uso de máquinas elétricas de ímãs permanentes. A máquina elétrica que é integrada com o sistema

de engrenagens também pode ser uma máquina elétrica magnetizada eletricamente.

[029] Os exemplos específicos previstos na descrição acima não devem ser interpretados como uma restrição. Portanto, a invenção não se limita apenas às concretizações acima descritas.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo eletromecânico compreendendo:

- uma estrutura de interface mecânica (101) para conectar a um elemento externo rotativo,
- uma máquina elétrica (102-104, 117),
- um ou mais estágios de engrenagem (105-112) em um trajeto de transmissão de energia mecânica entre a estrutura de interface mecânica e um rotor de máquina elétrica, e

- canais de óleo (116a) para conduzir pelo menos uma parte de óleo lubrificante circulado no dispositivo eletromecânico para fluir através de um ou mais estágios de engrenagem e pelo menos uma parte do óleo lubrificante para fluir através de mancais (118, 119) da máquina elétrica,

caracterizado pelo fato de que o dispositivo eletromecânico compreende adicionalmente estruturas mecânicas (114-115), constituindo um alojamento de óleo lubrificante comum ao um ou mais estágios de engrenagem e à máquina elétrica, e o um ou mais estágios de engrenagem compreende um primeiro estágio de engrenagem planetária (105-108) e um segundo estágio de engrenagem planetária (109-112), um portador de roda planetária (105) do primeiro estágio de engrenagem planetária constituindo uma parte da estrutura de interface mecânica, um eixo de engrenagem solar (108) do primeiro estágio de engrenagem planetária sendo conectado a um portador de roda planetária (109) do segundo estágio de engrenagem planetária, e um eixo de engrenagem solar (112) do segundo estágio de engrenagem planetária sendo conectado ao rotor da máquina elétrica (103, 104, 117), e em que o dispositivo eletromecânico compreende adicionalmente elementos de conexão (120) na superfície externa do dispositivo eletromecânico para conexão a uma estrutura mecânica externa, uma primeira estrutura mecânica (113) suportando um estator (102) da máquina elétrica em relação

aos elementos de conexão, uma segunda estrutura mecânica (114) suportando uma engrenagem de anel (110) do segundo estágio de engrenagem planetária em relação aos elementos de conexão, e uma terceira estrutura mecânica (115) que suporta o rotor da máquina elétrica com relação ao anel da engrenagem do segundo estágio de engrenagem planetária, a primeira estrutura mecânica (113) sendo disposta para conduzir as tensões causadas por forças eletromagnéticas que atuam sobre o estator da máquina elétrica para os elementos de conexão de modo que as tensões sejam dispostas a contornar a terceira estrutura mecânica, em que um quadro (103) do rotor tem uma abertura em forma de copo em direção a um ou mais estágios de engrenagem e a terceira estrutura mecânica (115) que suporta o rotor da máquina elétrica é disposta se para estender para o alojamento semi-fechado definido pela forma de copo e os mancais (118, 119) da máquina elétrica estão localizados no alojamento semi-fechado definido pela forma de copo.

2. Dispositivo eletromecânico, de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo eletromecânico compreende ainda uma bomba de óleo (122) disposta para circular pelo menos parte do óleo lubrificante através de um ou mais estágios de engrenagem e pelo menos uma parte do óleo lubrificante através dos mancais da máquina elétrica.

3. Dispositivo eletromecânico, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o dispositivo eletromecânico compreende ainda um elemento refrigerador de óleo (123) para o arrefecimento da parte do óleo lubrificante que circula através de um ou mais estágios de engrenagem e da parte do óleo lubrificante que circula através dos mancais da máquina elétrica.

4. Dispositivo eletromecânico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo

fato de que o dispositivo eletromecânico compreende ainda um elemento pré-aquecedor (124) para o aquecimento da parte do óleo lubrificante que circula através de um ou mais estágios de engrenagem e da parte do óleo lubrificante que circula através dos mancais da máquina elétrica.

5. Dispositivo eletromecânico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o dispositivo eletromecânico compreende ainda um elemento de filtro (125) para remover as impurezas da parte do óleo lubrificante que circula através de um ou mais estágios de engrenagem e da parte do óleo lubrificante que circula através dos mancais da máquina elétrica.

6. Dispositivo eletromecânico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o dispositivo eletromecânico compreende ainda um elemento sensor (126) para o monitoramento da parte do óleo lubrificante que circula através de um ou mais estágios de engrenagem e da parte do óleo lubrificante que circula através dos mancais da máquina elétrica, o elemento sensor sendo sensível a pelo menos um dos seguintes: temperatura do óleo lubrificante, grau de pureza do óleo lubrificante, teor de água do óleo lubrificante.

7. Dispositivo eletromecânico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o rotor da máquina elétrica é conectado ao eixo de engrenagem solar do segundo estágio de engrenagem planetária, com um acoplamento disposto para perder sua conexão como uma resposta a uma situação em que o torque que age sobre o acoplamento excede um valor limite pré-determinado.

8. Dispositivo eletromecânico, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o acoplamento inclui pinos de ruptura (121) dispostos para quebrar como resposta à situação em que o torque que age sobre o acoplamento excede um valor limite pré-determinado.

9. Dispositivo eletromecânico, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o acoplamento inclui superfícies de fricção comprimidas uma contra as outras e dispostas a escorregar uma em relação à outra, como uma resposta à situação em que o torque que age sobre o acoplamento excede um valor limite pré-determinado.

10. Dispositivo eletromecânico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o eixo da engrenagem solar (112) do segundo estágio de engrenagem planetária está flutuando sobre o apoio das rodas planetárias do segundo estágio de engrenagem planetária e sobre o apoio do rotor da máquina elétrica.

11. Dispositivo eletromecânico, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o eixo de engrenagem solar (108) do primeiro estágio de engrenagem planetária está flutuando sobre o apoio das rodas planetárias do primeiro estágio de engrenagem planetária e sobre o apoio do portador de roda planetária do segundo estágio de engrenagem planetária.

12. Dispositivo eletromecânico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo eletromecânico compreende um freio a disco compreendendo um disco de freio (128) ligado ao rotor da máquina elétrica e uma pinça de freio (129) fixada à primeira estrutura de suporte mecânica (113).

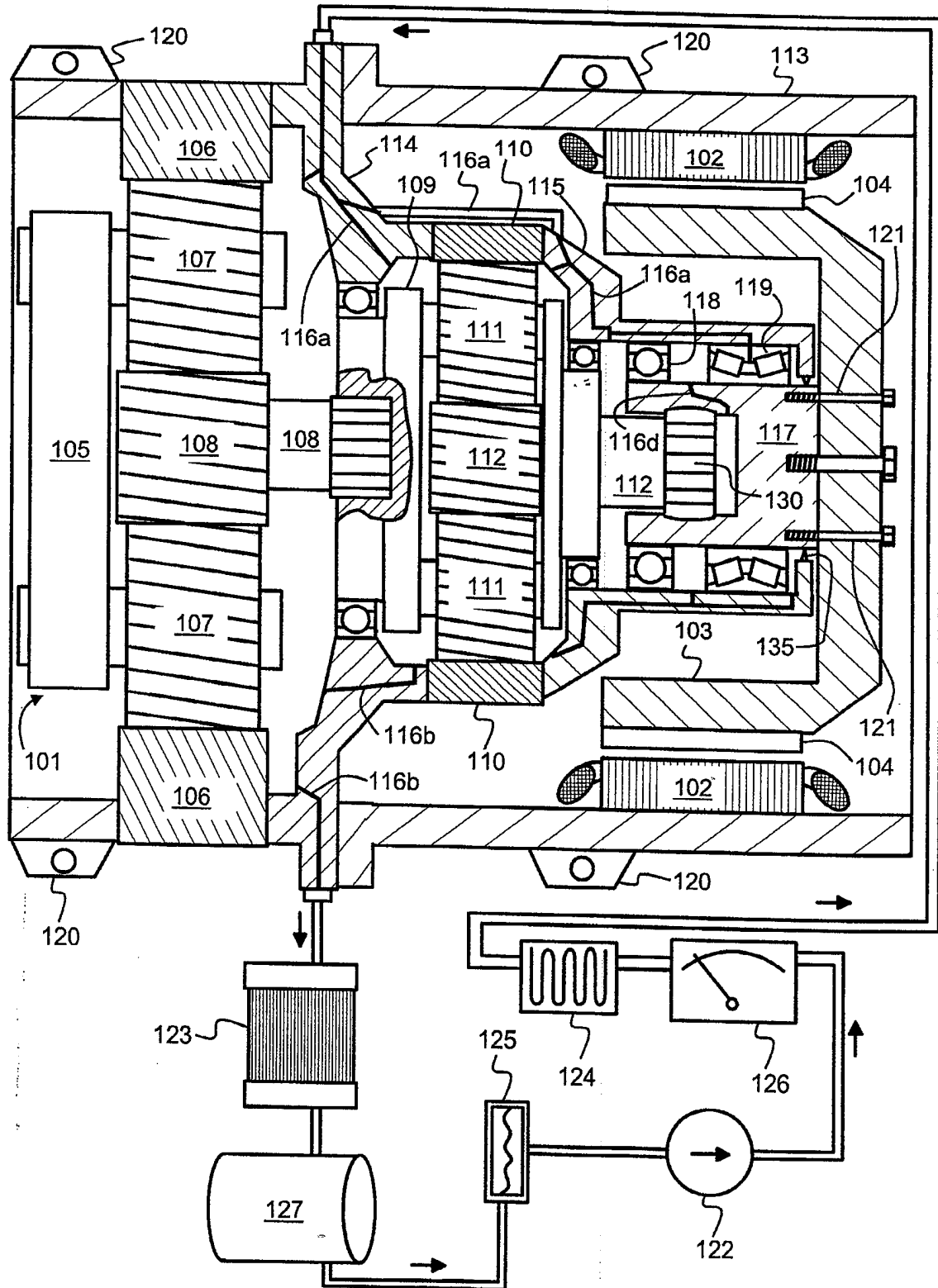


Figure 1

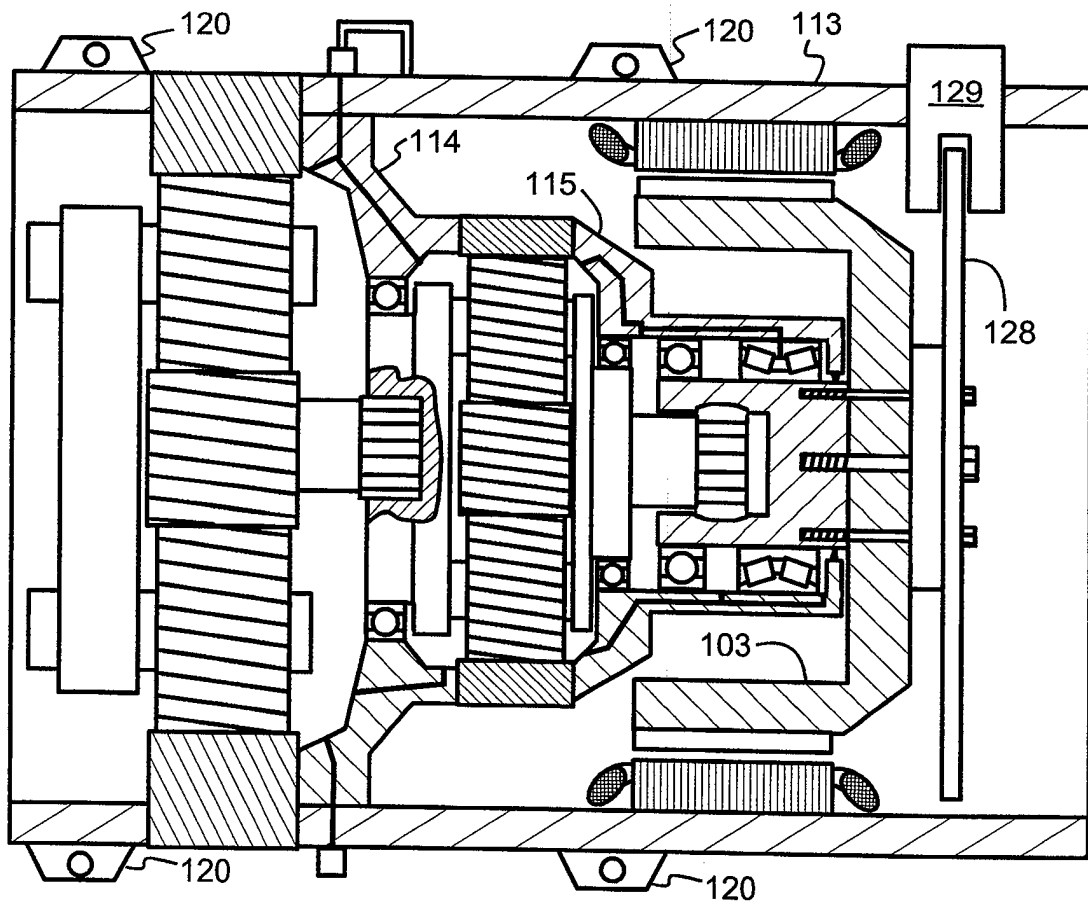


Figura 2

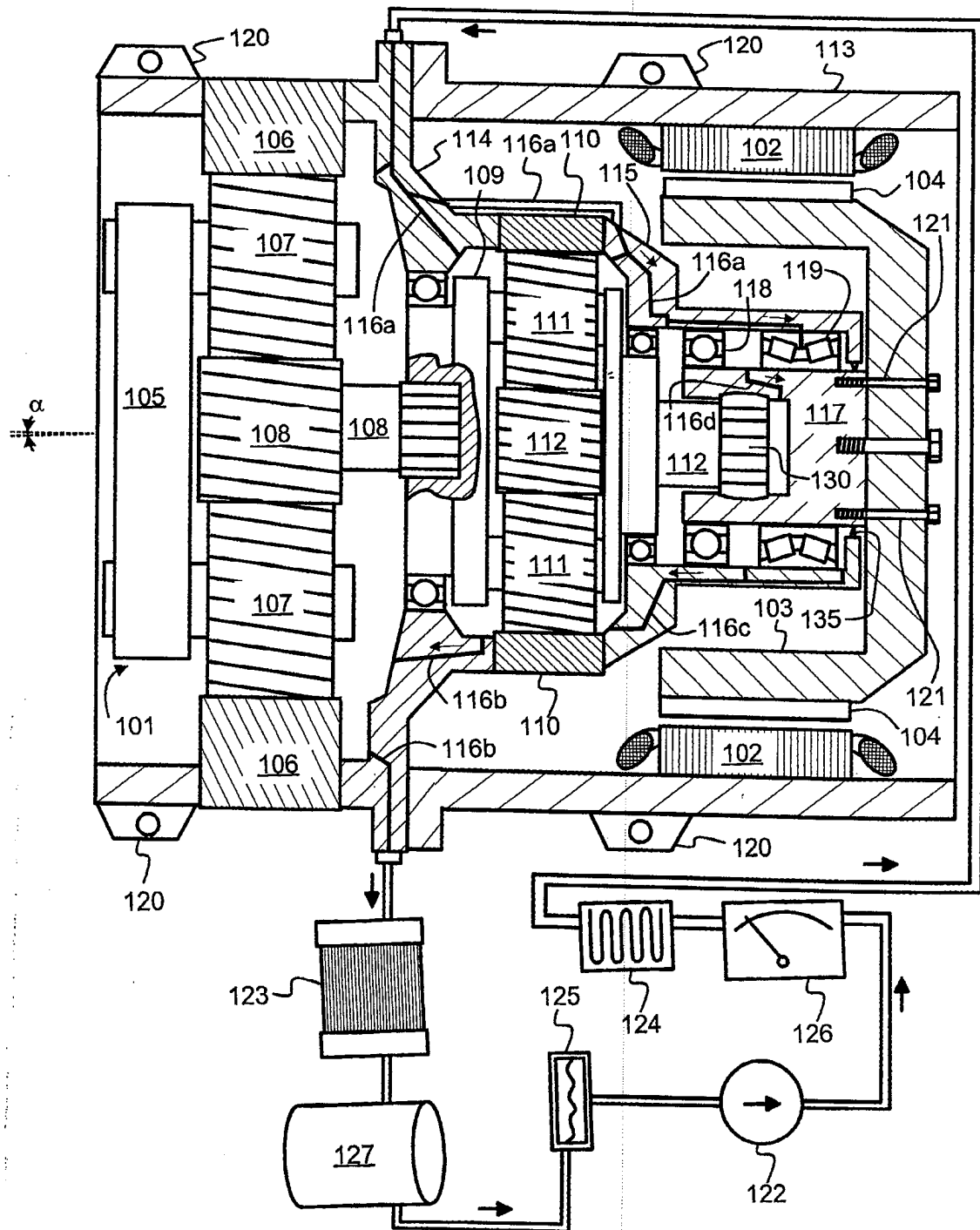


Figure 3