



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

(11) PI 0818896-3 B1



(22) Data do Depósito: 23/10/2008

(45) Data de Concessão: 13/10/2020

(54) Título: PROCESSO PARA OPERAR UM FREIO DE ESTACIONAMENTO E FREIO DE ESTACIONAMENTO

(51) Int.Cl.: B60T 13/74; B60T 17/22.

(30) Prioridade Unionista: 23/10/2008 DE 10 2008 052 847.1; 24/10/2007 DE 10 2007 051 078.2.

(73) Titular(es): CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG.

(72) Inventor(es): CHRISTOF MARON; MARCUS SCHUMANN; FAOUZI ATTALLAH; HEINZ-ANTON SCHNEIDER.

(86) Pedido PCT: PCT EP2008064358 de 23/10/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/053430 de 30/04/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 26/04/2010

(57) Resumo: FREIO DE ESTACIONAMENTO E PROCESSO PARA SUA OPERAÇÃO. A presente invenção refere-se a um frio de estacionamento com um atuador (5) onde o atuador (5) é acionado por um motor de corrente contínua (28) operável em duas direções, que através de uma transmissão (24) de bloqueio automático do atuador (5) movimenta pelo menos uma sapata de frio para ativar ou soltar o frio de estacionamento na direção de um elemento rotativo ou a afasta ou mesmo. Também é previsto uma unidade de controle (10) para controlar ou regular o movimento do motor de corrente contínua (28), sendo que o frio de estacionamento é executado de tal modo que ao ativar ou soltar o frio de estacionamento, via de regra, é excedido uma ponto de contato das sapatas do frio no elemento rotativo. A fim de aumentar a precisão e a confiabilidade do ajuste da força de ativação na ativação ou da folga de ventilação ao soltar o frio de estacionamento, a unidade de controle (10) determina o ponto de contato através da formação da primeira derivação sobre o tempo da corrente elétrica absorvida pelo motor de corrente contínua (28) durante ativação. Além disso, é descrito um processo correspondente para operar tal frio de estacionamento.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO PARA OPERAR UM FREIO DE ESTACIONAMENTO E FREIO DE ESTACIONAMENTO**".

[0001] A presente invenção refere-se a um freio de estacionamento com um atuador, onde o atuador é acionado por um motor de corrente contínua operável em duas direções, que através de uma transmissão de bloqueio automático do atuador movimenta pelo menos uma sapata do freio para aplicar ou soltar o freio de estacionamento na direção de um elemento rotativo ou a afasta do mesmo, sendo que é prevista uma unidade de controle para controlar ou regular o movimento do motor de corrente contínua, onde o freio de estacionamento é executado de tal modo que ao aplicar ou soltar o freio de estacionamento, via de regra, um ponto de contato das sapatas do freio no elemento rotativo é ultrapassado, e a um processo para operar tal freio de estacionamento.

[0002] Um freio de estacionamento de acionamento elétrico é conhecido, por exemplo, do documento DE 102 61 969 A1. Este apresenta um motor elétrico que é ativado por meio de uma unidade de comando eletrônico (ECU). O freio do veículo possui um pistão de freio que age sobre pelo menos um revestimento de fricção e que pode ser deslocado a partir de uma posição de repouso para uma posição de operação, onde o pistão de freio coloca o revestimento de fricção em contato com um elemento rotativo do freio de veículo que pode ser unido à roda do veículo de modo resistente à rotação. O pistão do freio pode ser acionado por meio de um elemento de uma unidade de transmissão acionado pelo motor elétrico que age sobre o pistão do freio. O pistão do freio pode ser deslocado de tal modo que os revestimentos de fricção se encostam de modo reto ao elemento rotativo executado como disco do freio. A partir do número dos passos do motor até essa posição, depois de uma comparação com um valor de re-

ferência, pode ser verificado o desgaste das sapatas do freio. Quando for alcançado um desgaste crítico das sapatas do freio, o motorista do veículo é alertado. Além disso, o desgaste medido das sapatas do freio entra no caminho de deslocamento do elemento que age sobre o pistão do freio na posição de repouso.

[0003] Um freio de estacionamento elétrico na forma de um freio de disco ou freio de tambor tem a tarefa básica de estacionar com segurança um automóvel por meio de freios de fricção com acionamento elétrico de acordo com as exigências legais e/ou específicas dos clientes. O motorista de um automóvel com esse freio de estacionamento elétrico precisa poder contar com a confiabilidade funcional desse sistema de freio "*brake by wire*".

[0004] Uma exigência de cliente central prescreve, regular em cada aplicação pelo menos uma força de aplicação predefinida (por exemplo, 18,5 kN), independentemente das influências do meio ambiente e demais condições gerais. Esta exigência já leva em consideração todos os atuadores específicos do veículo e da fabricação, em particular ao passo máximo a ser esperado, o diâmetro do disco do freio, os valores de fricção dos revestimentos etc.. Também precisa ser garantido que em uma soltura do freio de estacionamento elétrico seja ajustada uma folga de ventilação suficientemente grande, de modo que na continuação da operação do automóvel não ocorra nenhum aquecimento excessivo do freio.

[0005] Um problema básico de controles / regulagens atuais de freios de estacionamento consiste no fato de que a força de aplicação não é medida diretamente, como descreve o documento DE 102 28 115 B4, mas, por motivos de custos, é determinada individualmente a partir de outros parâmetros.

[0006] A fim de conseguir um ajuste preciso e seguro da força de aplicação necessária, é necessário conhecer precisamente a posição

do pistão ou das sapatas do freio. Como será explicado mais detalhadamente mais adiante, a determinação da posição frequentemente é executada por meio de um modelo do motor, cujas constantes não são exatamente conhecidas e que inclui aproximações, de modo que na determinação da posição integra esses erros, surgem erros, que podem influenciar negativamente a precisão e a confiabilidade do ajuste do freio de estacionamento.

[0007] Um ponto fixo na movimentação do atuador é o chamado ponto de contato, isto é, o ponto onde as sapatas do freio encostam-se ao disco do freio. Este ponto, via de regra, é ultrapassado ao aplicar ou soltar o freio de estacionamento. Portanto, este ponto pode ser aproveitado para uma determinação da posição, pois, a partir desse ponto, tanto a folga de ventilação necessária bem como a força de aplicação desejada podem ser reguladas de maneira definida. Os processos acima descritos de acordo com o estado da técnica não são apropriados para uma determinação exata do ponto de contato ou não podem ser usados quando a medição de força estiver ausente no sistema do freio de estacionamento.

[0008] Portanto, a presente invenção tem a tarefa de fornecer um freio de estacionamento e um processo para operar de tal freio de estacionamento que possibilitem um ajuste mais preciso da força de aplicação ao aplicar ou um ajuste mais precisa da folga de ventilação ao soltar o freio de estacionamento.

[0009] A presente tarefa é solucionada por um processo onde através da unidade de controle para a determinação do ponto de contato é feita a primeira derivação da corrente elétrica absorvida pelo motor de corrente contínua ao aplicar o freio de estacionamento sobre o tempo.

[00010] O processo de acordo com a presente invenção parte do fato de que no ponto de contato a derivação da força de aplicação de-

pois do caminho de aplicação se torna superior a zero. Além disso é levado em consideração que a derivação do tempo da força sobre o número de rotações do motor é ligada à derivação depois do caminho. Além disso, é aproveitado o conhecimento de que a força é aproximadamente proporcional à corrente absorvida pelo motor de corrente contínua. Disso resulta que a consideração da derivação de acordo com a presente invenção permite uma informação sobre o ponto de contato.

[00011] Em particular pode ser concluído das suposições e simplificações acima que o ponto de contato pode ser determinado como o ponto do ajuste das sapatas do freio, onde a derivação da corrente elétrica absorvida pelo motor de corrente contínua sobre o tempo a superior a zero. Preferencialmente, este valor da primeira derivação somente é identificado como ponto de contato quando a derivação da corrente elétrica antes era negativa. Esta condição possibilita uma delimitação do decurso da corrente considerado na proximidade do ponto de contato do decurso da corrente na partida do movimento do motor de corrente contínua.

[00012] Um reconhecimento seguro e robusto do ponto de contato através da unidade de controle pode ser realizado com um processo preferido que também pode ser aplicado com perfis de corrente incomuns e que apresenta os seguintes passos:

- Determinação de um valor limite de derivação positivo para a primeira derivação;
- Verificação em intervalos predefinidos, de preferência regulares, do movimento de aplicação do motor de corrente contínua se a primeira derivação da corrente absorvida pelo motor de corrente contínua é superior a ou igual ao valor limite da derivação;
- Caso a primeira derivação seja maior do que ou igual ao valor limite de derivação, memorizar a posição atual das sapatas do

freio como ponto de contato em potencial e partida do contador e incrementação do contador na continuação do movimento de aplicação do motor de corrente contínua por um valor de incrementação anteriormente definido tanto tempo que a primeira derivação for superior a ou igual ao valor limite da derivação, ou recolocação do contador para zero, tão logo que na continuação do movimento de aplicação do motor de corrente contínua a primeira derivação não alcança mais o valor limite da derivação;

- Verificação se o contador ultrapassa um valor limite de contador predefinido;

- Caso o contador ultrapassa o valor limite do contador predefinido, determinar o respectivo ponto de contato em potencial memorizado como ponto de contato de fato para a respectiva aplicação do freio de estacionamento.

[00013] Em um exemplo de execução preferido, a unidade de controle para controlar ou regular o movimento do motor de corrente contínua para a aplicação do freio de estacionamento com uma força de aplicação desejada, predeterminado, determina um valor de corrente máximo absorvido pelo motor de corrente contínua, a aplicação é efetivada através de um movimento correspondente do motor de corrente contínua, e depois de alcançado o valor de corrente máxima, o movimento do motor de corrente contínua que providencia a aplicação do freio de estacionamento é terminado.

[00014] Além disso é vantajoso se no controle ou na regulagem do movimento do motor de corrente contínua para a aplicação e/ou soltura do freio de estacionamento por meio da unidade de controle, é levada em consideração uma pressão prévia hidráulica que em caso de aplicação existe de fato no pistão ou no caso da soltura depois da aplicação anterior tinha existido no pistão.

[00015] Este processo de acordo com a presente invenção é vanta-

joso pela razão de que a pressão prévia hidráulica reinante no sistema sobrepõe-se aditivamente com a força de aplicação ajustada de modo que a soma das forças de pressão prévia hidráulica e força de aplicação ajustada produz uma força de aplicação resultante que leva a um desgaste maior dos componentes mecânicos do que a força de aplicação ajustada. Quanto à soltura, a pressão prévia hidráulica deve ser considerada, em especial no reconhecimento do ponto de contato. Em virtude disso, a precisão do ajuste da força de aplicação ou da folga de ventilação pode ser aumentada ainda mais pelo fato de que, de acordo com a presente invenção, a pressão prévia hidráulica reinante no sistema é levada em consideração na aplicação ou soltura do freio de estacionamento.

[00016] Também é preferido que a unidade de controle determina, na aplicação e/ou na soltura, por meio de um modelo de motor, continuamente um caminho de ativação percorrido pelo motor de corrente contínua. Nisso, o caminho de ativação do motor de corrente contínua corresponde também ao caminho percorrido pela porca no fuso que é acionado pelo motor, ou pelo pistão. Em virtude desse modo de proceder vantajoso, é muito simples, conforme será descrito a seguir, realizar a consideração da pressão prévia hidráulica, por exemplo, na calibragem da posição do pistão quanto ao ponto de contato.

[00017] Em um exemplo de execução preferido, a unidade de controle determina em primeiro lugar o ponto de contato ultrapassado durante a aplicação ou a posição ao alcançar do valor de corrente máximo, e calibra uma posição do pistão obtida por meio de um modelo de motor, levando em consideração a pressão prévia hidráulica sobre o ponto de contato determinado ou a posição verificada ao alcançar o valor máximo de corrente predefinido. Nisso, a calibração referente ao ponto de contato é a preferida, sendo que a calibração referente à posição ao alcançar a corrente máxima é feita, por exemplo, quando o

ponto de contato não pôde ser obtido.

[00018] Conforme já foi apresentado, na força de aplicação realizada também precisa ser levada em consideração a pressão prévia hidráulica reinante no pistão, que se sobrepõe com a força de aplicação ajustada. Como será mostrado mais adiante, com a ajuda da pressão prévia hidráulica pode ser calibrada a posição do pistão somente obtida com a ajuda de um modelo de motor (veja o exemplo mais adiante) referente ao ponto de contato ou ao ponto no final do processo de aplicação. Isto é uma possibilidade especialmente simples da calibragem da posição que possibilita controle ou regulagem exata do movimento do atuador na aplicação ou soltura.

[00019] Em um outro exemplo de execução preferido, a unidade de controle obtém do caminho de ativação entre o ponto de contato verificado e a posição de ativação ao alcançar o valor de corrente máxima predefinido, um caminho de aplicação percorrido, e em seguida, compara o caminho de aplicação percorrido com um caminho de aplicação padrão que corresponde à força de aplicação desejada, sendo que em caso de uma divergência significativa do caminho de aplicação percorrido do caminho de aplicação padrão, precisamente quando o caminho de aplicação percorrido é claramente menor do que o caminho de aplicação padrão, é ativada uma função de aplicação de reforço da unidade de controle. Por exemplo, em uma divergência do caminho de aplicação percorrido do caminho de aplicação padrão de mais de 50 %, isto é, quando o caminho de aplicação percorrido for claramente inferior a 50 % do caminho de aplicação padrão, pode ser disparada uma aplicação de reforço.

[00020] Este exemplo de execução parte do fato de que também depois de alcançar o valor de corrente de desligar / máximo e do término do processo de aplicação, nenhuma informação sobre a força de aplicação realmente alcançada é disponível. Sob a condição de que o

ponto de contato, isto é, o ponto onde as sapatas do freio encostam-se ao disco do freio, seja conhecido, pode ser verificado, com a ajuda da comparação do caminho percorrido (caminho de aplicação percorrido) do ponto de contato até alcançar o valor de corrente máxima, e do caminho de aplicação padrão obtido com a ajuda de uma linha característica do estribo padrão, se a força de aplicação necessária realmente foi ajustada de acordo com toda a probabilidade. Nisso, o caminho de aplicação padrão resulta da linha característica do estribo padrão do freio de estacionamento para a força de aplicação desejada. A linha característica do estribo padrão, no caso, é o contexto entre a força de aplicação e a deformação dos elementos do freio de estacionamento (ou caminho do pistão) que resulta da rigidez dos elementos.

[00021] Em um exemplo de execução especialmente preferido, a função de aplicação de reforço contém uma regulação do caminho, sendo que a aplicação de reforço preferencialmente é feita diretamente depois do término do processo de aplicação. Este procedimento é vantajoso, pois se sabe de testes que para a nova partida do atuador é necessária uma corrente claramente mais forte do que a corrente que foi usada na última aplicação. Por esta razão é realizado um conceito de aplicação de reforço que consegue funcionar sem o valor de corrente de desligamento ou máximo.

[00022] Em um outro exemplo de execução, a unidade de controle usa para a aplicação de reforço uma "função *knock*", onde também nesse exemplo de execução a aplicação de reforço preferencialmente é feita diretamente após o término do processo de aplicação de reforço. A "função *knock*" é uma medida vantajosa na aplicação de reforço, onde de preferência em dependência da temperatura do atuador, da tensão disponível e da corrente de desligamento obtida no final de um processo de aplicação de reforço, um número de impulsos de torque é dado sobre o atuador, de modo que surge uma força de aplicação

maior. Um exemplo para tal "função *knock*" será explicado mais adiante.

[00023] Em um outro exemplo de execução vantajoso do processo de acordo com a presente invenção, a unidade de controle executa para a soltura do freio de estacionamento um controle para o movimento da porca em direção de soltura, sendo que no cálculo do caminho de deslocamento teórico usado para o controle do movimento da porca é levado em consideração o ponto de contato determinado na última aplicação sob consideração da pressão prévia hidráulica e uma folga de ventilação predefinida. A determinação de caminho de deslocamento teórico é simplificada assim, e também é comparavelmente preciso em virtude do uso do ponto de contato verificado, uma vez que uma integração de erros é evitada desse modo.

[00024] A tarefa acima também é solucionada com um freio de estacionamento, onde a unidade de controle determina o ponto de contato pela formação da primeira derivação da corrente elétrica absorvida pelo motor de corrente contínua na aplicação sobre o tempo. O freio de estacionamento de acordo com a presente invenção apresenta as vantagens mencionadas acima referente ao processo de acordo com a presente invenção. Os exemplos de execução preferidos do freio de estacionamento de acordo com a presente invenção correspondem aos exemplos de execução apresentados acima no contexto do processo de acordo com a presente invenção.

[00025] Outras características, vantagens e possibilidades de aplicação da presente invenção também são evidentes da descrição seguinte de exemplos de execução de um freio de estacionamento de acordo com a presente invenção ou de um processo de acordo com a presente invenção para operar tal freio de estacionamento, com a ajuda de figuras. Nisso, todas as características descritas e/ou mostradas em figuras por si ou em qualquer combinação constituem o objeto da

presente invenção, também independentemente do seu resumo.

[00026] Eles mostram de modo esquematizado:

[00027] A figura 1 mostra uma primeira parte dos componentes de um freio de estacionamento de acordo com a presente invenção na forma de um diagrama de mudança.

[00028] A figura 2 mostra uma segunda parte dos componentes do freio de estacionamento de acordo com a presente invenção de acordo com a figura 1 em uma vista em perspectiva, do lado.

[00029] A figura 3 mostra o motor e os estágios de engrenagem do freio de estacionamento de acordo com a presente invenção de acordo com a figura 1 em uma vista em perspectiva, do lado (em parte com as partes separadas).

[00030] A figura 4 mostra um campo característico do valo máximo de corrente a ser realizado na aplicação do freio (corrente a ser ajustada em A), para obter uma força de aplicação de 16 kN, em dependência de temperatura ambiente (em C°) e da tensão de entrada do motor de corrente contínua (em V) sem levar em consideração a pressão prévia hidráulica.

[00031] A figura 5 mostra um diagrama que apresenta a dependência quadrada da força de aplicação $F_{calibre}$ do caminho do pistão $X_{pistão}$ para $F_{calibre} \geq 0$.

[00032] A figura 6 mostra um diagrama de onde é evidente o decurso de derivação da corrente do motor i depois do tempo t (di/dt) em dependência do tempo t durante a aplicação.

1. Descrição do freio de estacionamento de acordo com a presente invenção.

[00033] O freio de estacionamento de acordo com a presente invenção mostrado na figura 1 para um automóvel possui um atuador 5 para cada roda o qual é ligado a uma unidade de controle 10 através de cada vez uma linha de controle / regulagem 7. A figura 1 mostra

também a ligação da unidade de controle 10 através de uma linha de controle / regulagem 12 (eventualmente múltipla) com o interruptor de ativação 14 do freio de estacionamento, com o qual a aplicação ou soltura do freio de estacionamento pode ser iniciada pelo motorista do automóvel. A unidade de controle 10 possui um abastecimento de tensão 15 e é ligada aos atuadores 5 também cada vez por meio de uma linha 16 que transmite a temperatura do respectivo atuador 5 para a unidade de controle 10.

[00034] Das figuras 2 e 3 fica evidente que cada atuador 5 é equipado com um fuso que se encontra no pistão do freio que pode ser operado hidraulicamente, fuso este sobre o qual a porca protegida contra rotação movimenta-se com o movimento de rotação do fuso em direção axial e em caso de contato com o pistão do freio durante a aplicação gera uma força tensora sobre as sapatas do freio 22 e o disco do freio não mostrado. A rigidez do sistema é gerada pelo estribo do freio 23.

[00035] O fuso é acionado por um motor de corrente contínua 28 com escovas que pode ser acionado em duas direções por meio de uma engrenagem helicoidal 24 de dois estágios com um primeiro estágio de engrenagem 25 e um segundo estágio de engrenagem 26. A força de aplicação gerada é apoiada pelo mancal axial. Através do segundo estágio de engrenagem 26 da engrenagem helicoidal é realizado o bloqueio automático necessário para a função de freio de estacionamento. O bloqueio automático significa que uma força tensora uma vez gerada pelo motor de corrente contínua 28 pode ser mantida também sem corrente elétrica.

[00036] Para o ajuste da força de aplicação necessária mede-se a corrente do motor, e a tensão aplicada é fixada para a direção necessária através da unidade de controle 10 que é ligada a uma ponte H não mostrada. A força de aplicação propriamente dito não é medida

por motivo de custos. O mesmo vale também para a posição do motor ou o número de rotações do motor 28.

[00037] Como opção, o movimento de rotação do motor pode ser medido com a ajuda de um sensor do número de rotações da roda modificado. Isto ocorre através da geração de impulsos de número de rotações que o sensor capta. Porém, não é previsto nenhum reconhecimento da direção de rotação, antes pelo contrário, a determinação do movimento do motor deve detectar automaticamente a direção de rotação em virtude da ativação do motor. Uma vez que em virtude disso nem todos os casos podem ser levados em consideração, por exemplo, quando o motor se movimenta em direção negativa embora seja aplicada uma tensão positiva e flui uma corrente positiva, a determinação da posição também nesse exemplo de execução não é possível sem erros.

[00038] Nos exemplos de execução do processo de acordo com a presente invenção explicados a seguir, os seguintes símbolos são usados para os elementos e grandezas físicas listados a seguir do freio de estacionamento:

Motor 28

Constante de motor:	k_L
Resistência de enrolamento do motor (inclusive linhas de alimentação):	R_{mot}
Indutância do motor (inclusive linha de alimentação):	L_{mot}
Dependência de temperatura constante de motor:	C_{kt}
Momentos de inércia de massa (estimado):	Θ
Corrente nominal:	i_{nom}
Tensão nominal:	U_{nom}
Número de rotações nominal:	n_{nom}
Torque nominal:	M_{nom}

Engrenagem 24

Multiplicação primeiro estágio 25:	\ddot{u}_1
Multiplicação segundo estágio 26:	\ddot{u}_2
Passo / rendimento:	p
<u>Atuador 5</u>	
Multiplicação total de engrenagem:	\ddot{u}
Rendimento total:	η
Momento de fricção constante:	M_{RO}
<u>Rigidez do estribo c</u>	

Pistão

Diâmetro efetivo:	d
Superfície efetiva:	A_{eff}

[00039] A parte essencial da ativação do atuador da unidade de controle 10 é um regulador de caminho que cumpre as seguintes funções:

- Regulagem da posição no escopo das possibilidades;
- Desligamento ao alcançar o limite de corrente predefinido (valor máximo de corrente);
- Desligamento ao alcançar o estado estacionário.

[00040] O regulador de caminho, em um exemplo de execução da presente invenção, define as seguintes grandezas para a ativação da ponte H ligada ao motor de corrente contínua 28:

- Modulação das larguras dos pulsos (-1 = direção de soltura, 0 = operação de frenagem, +1 = direção de aplicação);
- Ponte H *enable*.

[00041] Em um exemplo de execução preferido, o regulador de caminho da unidade de controle 10 é executado de tal modo que apenas pode ligar ou desligar a tensão, o ajuste de valores intermediários de tensão não é possível. Por esta razão há um chamado regulador de três pontos. O ajuste a posição desejada do pistão ou das sapatas do freio ocorre pelo fato de que ao ultrapassar da posição desejada é

mudado para a operação de frenagem. A diferença de regulagem que então resulta, pode ser tolerada. Esta forma da regulagem de três pontos genuína é usada na soldura e na aplicação de reforço do freio de estacionamento.

[00042] Além disso, o regular deve desligar também ao alcançar o limite da grandeza de ajuste (isto é, ao alcançar o valor de corrente máximo e mínimo). Para tal, a corrente é monitorada quanto a ultrapassar os limites de corrente determinados anteriormente. Porém, é preciso garantir que a corrente de partida alta do motor de corrente contínua 28 seja ignorada no que se refere à condição de desligamento, pois a princípio fica acima dos limites máximos previstos. Para esta finalidade, o monitoramento quanto ao alcançar os limites de corrente somente é iniciado depois de um tempo predefinido (por exemplo, 50 a 150 ms) depois de ligar o regulador de caminho. O desligamento ao alcançar o valor de corrente máximo predefinido é obtido na aplicação pelo fato de que como valor teórico de posição é predeterminado um valor teórico que não deve ser alcançado pelo atuador 5.

[00043] O regulador de caminho da unidade de controle 10 também precisa ser desligado ao alcançar um estado estacionário (parada de movimento). No caso, o objetivo da regulagem ou a limitação da grandeza de ajuste não é alcançada. Esta situação surge durante a aplicação, por exemplo, sempre quando a tensão disponível não é suficiente para alcançar o valor de corrente máximo predefinido. No caso, em particular o reconhecimento da parada é crítico, já que a existência de um movimento apenas é estimada e não monitorada. Surgir situações quando uma parada do atuador 5 não é reconhecida. A fim de evitar tal caso pode ser usado como critério de desligamento, por exemplo, a potência dissipada. Esta pode ser obtida, por exemplo, do quadrado da corrente aplicado para o respectivo acontecimento, uma vez que ela não é medida diretamente. Como alternativa é possível o monito-

ramento do integral de corrente simples (integral do valor de corrente) que oferece a vantagem de que também podem ser reconhecidos e desligados acontecimentos longos que trabalham com correntes pequenas.

2. Descrição do modelo do motor.

[00044] Para as considerações seguintes, parte-se da suposição de que o movimento do motor de corrente contínua pode ser descrito por meio do modelo conhecido "máquina de corrente contínua". Nisso, surge a particularidade de que o modelo de motor a ser realizado por meio de software trabalha com valores explorados e é de valores discretos. Nos tempos de exploração usados no exemplo de execução de $T_0 = 10$ ms, a corrente já não é explorada de maneira suficientemente rápida para captar a influência da indutância do motor sobre o comportamento. Por essa razão, a indutância é ignorada no modelo de valores discretos. Por conseguinte, o modelo do motor simplifica-se para a seguinte apresentação:

$$u(k \cdot T_0) = R_{mot} \cdot i(k \cdot T_0) + \omega(k \cdot T_0) \cdot k, \quad (\text{Equação 1})$$

onde $u \dots$ indica a tensão, $\omega \dots$ é o número de rotações do motor de corrente contínua, e $k \cdot T_0$ indica o valor de exploração atual.

[00045] A partir dessa equação, por meio de simples modificação pode ser obtido tanto o número de rotações do motor atual como também continuamente a posição do motor (posição de manipulação) ou o caminho de manipulação através de integração do número de rotações:

$$\omega(k \cdot T_0) = \frac{u(k \cdot T_0) - R_{mot} \cdot i(k \cdot T_0)}{k_t} \quad (\text{Equações 1a e 1b})$$

$$\varphi(k \cdot T_0) = \varphi((k-1) \cdot T_0) + \omega(k \cdot T_0) \cdot T_0$$

3. Modo de funcionar do freio de estacionamento de acordo com a presente invenção.

[00046] Na aplicação do freio de estacionamento de acordo com a presente invenção, o motor é acionado em direção de aplicar, isto é, por exemplo, com uma tensão positiva aplicada, através da ponte H. Depois da partida do motor, a corrente baixa rapidamente pára um valor mínimo, a chamada corrente de marcha vazia, ao passo que surge o número de rotações máximo. Depois de as sapatas do freio tenham se acostados no disco do freio, isto é, depois de superar a folga de ventilação, é gerada uma força, e a corrente aumenta. Agora o atuador é acionado durante tanto tempo pelo motor de corrente contínua, até que surge um valor máximo de corrente ou é ultrapassado. Então é alcançada a força de aplicação conjugada à corrente correspondente.

[00047] Na soltura do freio de estacionamento, o motor de corrente contínua é acionado na direção oposta, por exemplo, pela aplicação de uma tensão negativa. Como será explicado mais adiante, a unidade de controle, ao soltar o freio de estacionamento, executa um controle para ajustar o caminho de soltura.

4. Aplicação do freio de estacionamento de acordo com a presente invenção.

[00048] Para o procedimento descrito na aplicação é necessário, obter antes o valor de corrente máximo para a força de aplicação desejada. Esse valor de corrente depende, entre outros, da temperatura e da tensão disponível. A temperatura influência a resistência do motor, a constante do motor e as propriedades da lubrificação e com isso, a eficiência. A resistência do motor aumenta com a temperatura crescente, porém, a constante do motor diminui. As propriedades do lubrificante (graxa) pioram com a temperatura baixando, pois se torna mais espesso. Em temperaturas muito altas, em contrapartida, a graxa se torna líquida demais, de modo que suas propriedades também pioram. Para tal, as propriedades das graxas são essencialmente constantes na faixa de temperatura relevante para o freio de estacionamento.

[00049] O valor de corrente máximo pode ser obtido de maneira mais simples pelo fato de que as propriedades do atuador são medidas por meio de experimentos, e os valores de corrente máximos correspondentes são armazenados em um campo característico. Um campo característico do gênero é mostrado na figura 4. Ele mostra o valor de corrente máximo necessário para uma força de aplicação de 16 kN em dependência da temperatura ambiente e da tensão de entrada do motor. Porém, o campo característico captado por técnica de medição foi respectivamente registrado sem levar em consideração a pressão prévia hidráulica.

[00050] Em um primeiro exemplo de execução da presente invenção, para determinadas pressões prévias hidráulicas que são aplicadas no pistão do atuador, é obtido cada vez um campo característico mostrado na figura 4, e os campos característicos assim gerados são colocados à disposição para a determinação do valor de corrente máximo em dependência da pressão prévia hidráulica e da temperatura ambiente e tensão de entrada na unidade de controle do freio de estacionamento de acordo com a presente invenção. Para pressões prévias hidráulicas que se encontram entre os valores para os quais existem campos característicos, o valor correspondente para a corrente máximo pode ser interpolado.

[00051] Para que não haja a necessidade de registrar de novo para cada situação de construção do atuador campos característicos levando em consideração a pressão prévia hidráulica, fato este que consome muito tempo, a seguir é apresentado um processo com o qual o valor de corrente máximo / de desligamento pode ser determinado de modo algorítmico.

[00052] A força de aplicação F_{epb} desejada em dependência do valor de corrente máximo i_{max} resulta em eficiências tomadas como constantes essencialmente do contexto seguinte entre a força de aplicação

alcançada e a corrente que aparece no final do movimento:

$$F_{epb} = \frac{(i_{\max} \cdot k_t - M_{RO}) \cdot \eta \cdot \ddot{u} \cdot 2 \cdot \pi}{p} \quad (\text{Equação 2}).$$

[00053] A força de aplicação desejada ajustada depende, portanto, de dados geométricos (passo do fuso e relação de multiplicação \ddot{u}) do atuador, da constante do motor k_t , do rendimento total η e da fricção constante M_{RO} que deve ser levada em consideração. O contexto entre a força máxima ajustada e o valor de corrente máximo é linear, portanto.

[00054] Ao passo que os dados geométricos do atuador são conhecidos e podem ser considerados como sendo constantes, A constante do motor depende da temperatura. O rendimento do atuador e a fricção constante não apenas se modificam em dependência da temperatura (lubrificante), mas sim, também dependem do desgaste, isto é, dependem, por exemplo, do número das manipulações do freio de estacionamento.

[00055] Se no sistema reinar uma pressão prévia hidráulica P_{hyd} no pistão com a superfície efetiva A_{eff} então esta está em sobreposição com a força de aplicação regulada de acordo com a equação 2. Isto pode ser apresentado como segue:

$$F_{epb} = \frac{(i_{\max} \cdot k_t - M_R) \cdot \eta \cdot \ddot{u} \cdot 2 \cdot \pi}{p} + P_{hyd} \cdot A_{eff} \quad (\text{Equação 3})$$

[00056] De uma modificação da equação 3 de acordo com i_{\max} resulta o contexto de acordo com a presente invenção que leva em consideração a pressão prévia hidráulica:

$$i_{\max} = \frac{(F_{epb} - p_v \cdot A_{eff}) \cdot p_{sp}}{\eta \cdot \ddot{u} \cdot \pi \cdot k_t} + \frac{M_R}{k_t} = (F_{epb} - p_v \cdot A_{eff}) \cdot m(\eta) + b(\eta) \quad (\text{Equação 4})$$

[00057] O valor de corrente máximo na equação 4 é composto de

dois componentes. O primeiro componente gera a força propriamente dito sob a condição geral de que a fricção constante é igual a zero. O segundo componente leva em consideração a percentagem da corrente que é necessária para gerar se quer uma rotação do motor. Ambos os componentes não dependem somente do desgaste e sim, também da temperatura através da constante do motor.

[00058] No cálculo do valor de corrente máximo precisa ser levado em consideração que o primeiro componente nunca pode ser inferior a zero. Isto significa que sempre deve valer

$$F_{epb} \geq p_v \cdot A_{eff} \quad (\text{Equação 5}).$$

[00059] Dessa forma, as exigências de força que são menores do que a pressão prévia hidráulica momentaneamente reinante (pressão do pedal) precisam ser respectivamente elevadas e ser disponibilizadas em campos característicos correspondentes para o cálculo de i_{max}

[00060] Os parâmetros inicialmente desconhecidos $m(\eta)$ e $b(\eta)$ da equação 4, em um exemplo de execução da presente invenção, podem ser determinados com antecedência por meio de experiências correspondentes.

[00061] Em um outro exemplo de execução, $b(\eta)$ que representa a percentagem de corrente que é necessária para o movimento do motor em si, pode ser substituído pela corrente de marcha em vazio $i_{marcha \text{ em vazio}}$ obtida em um processo de aplicação como um bom valor estimado. Disso resulta:

$$i_{max} = (F_{epb} - p_v \cdot A_{eff}) \cdot m(\eta) + i_{marcha \text{ em vazio}} \quad (\text{Equação 6}).$$

[00062] Em um outro exemplo de execução, também o parâmetro $m(\eta)$ do componente que gera força pode ser expresso em dependência de $i_{marcha \text{ em vazio}}$ ($m(\eta) = m(i_{marcha \text{ em vazio}})$).

[00063] Para levar em consideração a dependência da temperatura do valor de corrente máximo é levado em consideração um componente de correção $i_{korr}(T)$ que apresenta, por exemplo, os valores indica-

dos na tabela abaixo (em A) para as faixas de temperatura indicadas T1 a T4 (temperatura do atuador):

	T1	T2	T3	T4
i_{korr} (A)	4	2	0	2

[00064] No caso, o campo característico é dividido nos seguintes campos:

- T1: $-40\text{ °C} < T < -20\text{ °C}$
- T2: $-20\text{ °C} < T < 0\text{ °C}$
- T3: $0\text{ °C} < T < 80\text{ °C}$
- T4: $80\text{ °C} < T < 100\text{ °C}$

[00065] Como alternativa também pode ser realizada uma correção que **adicionalmente** à dependência da temperatura leva em consideração a tensão aplicada no motor de corrente contínua (faixas de tensão U1 a U4):

i_{korr} (A)	T1	T2	T3	T4
U1	6	3	2	4
U2	5	2	1	3
U3	4,5	1	0	2
U4	3,5	0	-1	1

[00066] Nisso, o campo característico é dividido nos seguintes campos:

- T1: $-40\text{ °C} < T < -20\text{ °C}$ U1: $8\text{ V} < u < 10\text{ V}$
- T2: $-20\text{ °C} < T < 0\text{ °C}$ U2: $10\text{ V} < u < 12\text{ V}$
- T3: $0\text{ °C} < T < 80\text{ °C}$ U3: $12\text{ V} < u < 14\text{ V}$
- T4: $80\text{ °C} < T < 100\text{ °C}$ U4: $14\text{ V} < u < 16\text{ V}$

[00067] Do modelo acima se conclui que o valor de correção zero vale para o caso **nominal**, isto é, $u = 13\text{ V}$ e temperatura ambiente.

[00068] Ambas as tabelas também podem conter consideravelmente mais pontos de **apoio**. Entre os pontos de apoio indicados é feita uma interpolação linear.

[00069] Para determinar o valor de correção correto é preciso conhecer a temperatura do atuador. Se a medição da temperatura diretamente no atuador não for possível por motivos de custos, pode ser usada a temperatura ambiente no lugar da temperatura do atuador, em particular para as faixas T1 a T3. Caso a temperatura do atuador for maior do que as temperaturas ambientes medidas, isso somente tem uma influência sobre a força de aplicação ajustada que a mesma se torna grande demais. Mas com relação à segurança do veículo, isto é tolerável.

[00070] A faixa T4 não pode ser determinada através de uma medição da **temperatura** ambiente. Mas as temperaturas da faixa T4 resultam apenas quando o atuador se aquece muito fortemente (*crazy-driver*) ou em virtude de um sistema de freio quente é aquecido a partir do lado de fora. Porém, estes casos podem ser cobertos por modelos de temperatura. De acordo com isso, a faixa T4 é realizada por meio de uma combinação de uma medição da temperatura ambiente e dois modelos de temperatura (autoaquecimento do atuador e aquecimento através do sistema de freio).

[00071] Das considerações acima para a correção da temperatura e eventualmente correção da tensão, resulta a seguinte equação para determinar a corrente de desligamento:

$$i_{\max} = (F_{\text{epb}} - p_v \cdot A_{\text{eff}}) \cdot m(\eta) + i_{\text{marcha em vazio}} + i_{\text{korr}}(T, \text{eventualmente } u)$$

(Equação 7).

[00072] Em um outro exemplo de execução, o desgaste pode ser feito dependente através de uma dependência dos parâmetros $m(\eta)$ ou i_{korr} do número das manipulações n até agora executadas do atuador. Isso significa:

$$m(\eta) = g(n) ; i_{\text{korr}} = f(T, \text{eventualmente } u, n) \quad (\text{Equação 9}).$$

[00073] Uma vez que também no final ou depois do término do processo de aplicação a força de fato consumada não é explicitamente

conhecida, em um exemplo de execução preferido, para verificar se a força de aplicação alcançada é suficiente e corresponde ao valor pre-determinado, pode ser determinado o caminho de aplicação x_{clamp} percorrido na aplicação, isto é, caminho de ativação, a partir do ponto de contato. Se a linha característica do estribo do freio de estacionamento corresponde justamente à "linha característica de estribo padrão", pode ser obtido desta um caminho de aplicação padrão com a ajuda de força de aplicação desejada. Em uma comparação do caminho de aplicação de fato percorrido com o caminho da aplicação padrão pode ser estimado, se a força de aplicação alcançada também corresponde à força de aplicação desejada. Se o caminho de aplicação ajustado for claramente menor do que a diferença do caminho padrão, então em um exemplo de execução especialmente preferido, a unidade de controle ativa uma função de aplicação de reforço.

[00074] De preferência, a aplicação de reforço é executada sem o desligamento explícito da ponte H em seguida ao processo de aplicação, uma vez que se sabe de testes que para a nova partida do atuador é necessária uma corrente claramente maior do que na última aplicação. O seguimento direto da função de aplicação de reforço ao processo de aplicação tem a vantagem de que uma corrente de ligamento muito forte não ocorre outra vez.

[00075] Uma possibilidade da execução da aplicação de reforço consiste em executar por meio de uma regulagem do caminho uma outra aplicação de reforço. Nisso parte-se da posição que existe no final do processo de aplicação de reforço. A regulagem do caminho usa, partindo disso um valor teórico de posição que apresenta um valor maior por dx do que a posição no final do processo de aplicação de reforço. Na posição que é maior por dx parte-se do fato de que as sapatas do freio são aplicadas com uma força respectivamente maior. O regulador do caminho procura na aplicação de reforço, ajustar o va-

lor maior por dx em direção de aplicação. Nisso, o limite usado para o processo de aplicação propriamente dito (valor de corrente máximo) não é aplicado, porém, é predefinido um outro valor limite de corrente ("amolecido") que é monitorado. O outro valor limite de corrente é característico para o estado onde o atuador está no limite das suas possibilidades físicas, isto é, o atuador não ultrapassa um valor de corrente máximo absoluto. A aplicação de reforço é terminada pela unidade de controle ou ao alcançar do caminho maior por dx ou, quando este não é alcançado, ao alcançar o outro valor limite de corrente.

[00076] Uma outra possibilidade para realizar uma função de aplicação de reforço é a chamada função "*knock*". Esta variação específica da aplicação de reforço pode ser executada em dependência da temperatura do atuador, da tensão disponível e da corrente de desligamento obtida no final do processo de aplicação. Nisso, um número de impulsos de torque é enviado para o atuador, de modo que surge uma força de aplicação maior. Para a geração dos impulsos de torque, a ponte H é ligada para um tempo determinado. Depois se espera um tempo predefinido (por exemplo, 150 ms). Se durante esta fase de ligar depois do decurso de um tempo mínimo (por exemplo, 50 ms) a corrente máxima predefinida (outro valor limite de corrente ou valor de corrente máximo) for ultrapassado, então este impulso de torque é interrompido e novamente espera-se o tempo predefinido. Por exemplo, pode ser aplicado o número seguinte de impulsos de torque (também denominados de "*knocks*") :

$$n_{Knocks} = trunc \left(\frac{|T|}{10^{\circ}C} + 1 \right) \quad (\text{Equação 10}) .$$

[00077] Os impulsos n_{knocks} têm respectivamente uma duração de 150 ms e ocorrem a cada 300 ms.

[00078] A função "*knock*" também pode ser executada analogamente durante o processo de aplicação "normal", em particular no seu final.

Portanto, sua aplicação não se restringe à aplicação de reforço.

[00079] Para determinar o valor de corrente máximo é levado em consideração a corrente de marcha em vazio atual, como explicado acima. A corrente de marcha em vazio é medida na ultrapassagem da folga de ventilação. Para realizar a medição da corrente da marcha em vazio pode ser usado como valor de corrente de marcha em vazio o mínimo em valor da corrente durante a aplicação. Dessa forma, a corrente de partida não precisa ser levada em consideração separadamente, e também se consegue um resultado quando não há nenhuma folga de ventilação. O mínimo da corrente, neste caso, também pode ser usado como valor de substituição, sendo que o valor assim encontrado para a corrente de marcha em vazio deve ser limitado para um valor máximo.

[00080] Para a determinação da temperatura usada para o cálculo do valor de corrente máximo precisa ser selecionada ou calculada a partir das temperaturas de atuador medidas aquela temperatura que por fim é usada para o cálculo do valor de corrente máximo. Em particular existem no uso de freios de estacionamento em ambos os lados do automóvel dois atuadores, onde são realizadas medições de temperatura. Se as medições em ambos os atuadores não são reconhecidamente falsas, então com vantagem, para o cálculo da corrente de desligamento é escolhida aquela temperatura que de ambas geraria uma corrente de desligamento maior. Se uma das duas medições de temperatura for reconhecidamente errada, então o valor de medição da medição correta é usado para determinar o valor de corrente máximo. Caso ambas as medições da temperatura sejam reconhecidamente erradas, pode ser usada uma temperatura de pior caso, por exemplo, de -40 °C para o cálculo do valor de corrente máximo.

[00081] Como alternativa, para o uso de um limite de corrente, para regular a força de aplicação desejada, a força de aplicação desejada

pode ser ajustada através de um caminho de aplicação anteriormente determinado. Nisso será usada a relação da soltura do freio de estacionamento discutida mais adiante entre a força de aplicação e o caminho do pistão ou da deformação do estribo do freio e das sapatas. Essa relação resulta da rigidez do sistema e em essência ser compõe da rigidez do punho do freio (depende de material e geometria) e das sapatas do freio. Porém, essa rigidez somente desempenha um papel quando o ponto de contato for alcançado. De acordo com isso, o pré-requisito para o uso desse exemplo de execução é o reconhecimento seguro do ponto de contato que ocorre analogamente ao reconhecimento do ponto de contato explicado mais adiante no capítulo "soltura do freio de estacionamento" levando em consideração a pressão prévia hidráulica. Analogamente ao processo explicado mais adiante pode ser realizada também a calibragem de posição que serve para a calibração da relação de linhas características entre a força de aplicação e o caminho do pistão.

[00082] Na determinação do caminho a ser percorrido pelo atuador para uma determinada força de aplicação desejada, também precisa ser levado em consideração que a rigidez do atuador é sujeita a alterações que se originam, por exemplo, do estado das sapatas do freio (desgaste, temperatura, temperatura do disco do freio). A fim de levar em consideração estas alterações, ou se trabalha com uma "linha característica de *worst case*" que cobre as alterações mencionadas na base de questões de segurança. Porém, tal "linha característica de *worst case*" produz um esforço mecânico maior para o atuador. Como alternativa, diferentes linhas características para os diversos casos de alterações podem ser obtidas e ser armazenadas na unidade de controle (por exemplo, modelo para a temperatura do disco com alteração rápida, modelo para desgaste ou número das ativações do freio com alteração lenta com medições ocasionais). Dependendo da respectiva

alteração, pode então ser escolhida a respectiva linha característica válida e ser aplicada na determinação do caminho a ser percorrido do atuador.

[00083] A princípio, os conceitos de aplicação do freio "limitação do valor de corrente máximo" e "limitação do caminho de aplicação" também podem ser combinados. Por exemplo, pode ser selecionado um conceito como conceito máster e ser verificado com o respectivo outro conceito. Dessa forma é apropriado verificar depois de uma aplicação de acordo com "limitação do valor de corrente máximo" se o caminho percorrido se movimenta no escopo dos conceitos "limitação do caminho de aplicação". Eventualmente pode ser ativada uma função de aplicação de reforço da unidade de controle (veja acima).

[00084] Também pode tornar-se necessário, devido a falha de sensores, usar o respectivo outro conceito de aplicação. Se, por exemplo, o sensor de temperatura falhar, então pode ser usado, como alternativa, o conceito "limitação do caminho de aplicação" ou o conceito "limitação do valor de corrente máximo" com uma "temperatura de *worst case*" até o conserto do sensor.

5. Soltura do freio de estacionamento de acordo com a presente invenção.

[00085] Para soltar o freio de estacionamento, o atuador percorre de modo puramente controlado um determinado caminho de deslocamento ou de soltura $\varphi_{total_release}$ em direção de soltura. Nisso, o caminho de deslocamento teórico é determinado partindo da atual distância para a posição de contato (sem pressão prévia) φ_{clamp} e uma folga de ventilação a ser predefinida φ_{airgap_set} (nesse caso, trata-se da folga de ventilação máxima do pistão que é definida pela posição da porca de acionamento no pistão).

[00086] Portanto, o seguinte caminho total é percorrido:

$$\varphi_{total_release} = \varphi_{clamp} + \varphi_{airgap_set} \quad \varphi_{airgap_set} > 0 \quad (\text{Equação})$$

11)

[00087] Em um exemplo de execução preferido, a unidade de controle apresenta ainda uma chamada "função *desengate* / função *engate*". Por meio dessa função *disengate*, adicionalmente à folga de ventilação acima definida é predeterminada uma folga de ventilação ampliada $\varphi_{total_release} = \varphi_{erw}$ é acessada pelo regulador de caminho. Por meio da função *engate* a unidade de controle comanda um retorno para a folga de ventilação originariamente ajustada $\varphi_{total_release}$. Por meio das funções de *engate* / *desengate*, pode ser realizada, por exemplo, em caso de um aquecimento reconhecível do freio sem a intenção de frear, uma ventilação segura do freio de estacionamento. Nisso, a unidade de controle apresenta uma função de emergência que prevê também uma aplicação a partir da "posição de *desengate*" com folga de ventilação ampliada, de modo que o ponto de contato pode ser reconhecido com segurança.

[00088] A posição das sapatas do freio ou a posição do pistão do atuador, via de regra, não é exatamente conhecida, por exemplo, no uso do modelo de motor acima (Equação 1) para a determinação da posição, já que o modelo contém simplificações e que também os parâmetros do motor não são precisamente conhecidos. Os erros que surgem devido às imprecisões e simplificações são integrados na determinação da posição, e sob circunstâncias desfavoráveis rapidamente causam desvios ao longo de vários processos de aplicação do freio, de modo que o ajuste seguro da folga de ventilação que se baseia em uma mera regulação de posição, não é mais garantido. Por essa razão, em um exemplo de execução preferido da presente invenção a posição do pistão ou das sapatas do freio determinada através do modelo é calibrada em cada aplicação do freio. Calibrar significa, no caso, que o valor de posição atualmente obtido com a ajuda de um modelo de motor é corrigido.

[00089] Para a calibração da posição é usado um modelo de rigidez do estribo do freio que pode estar disponível na base de linhas características ou como parâmetro. Sob a suposição de que a força de aplicação depende ao quadrado do caminho percorrido contanto que o caminho é maior ou igual a zero e nenhuma força precisa ser usada quando o caminho é inferior a zero, e sob a outra suposição de que no ponto de contato somente reina uma força causada pela pressão prévia hidráulica, a seguinte relação paramétrica pode ser deduzida que pode ser usado para a calibração de posição (P_{piston} . . . pressão no pistão):

$$x_{cp} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot P_{piston}}{c}} \quad \text{Equação 12)}$$

[00090] De acordo com isso, com o ponto de contato conhecido, pode ser realizada uma calibração da posição para o ponto de contato com a relação indicada na Equação 12, sendo que o ponto de contato conhecido é comparado com o valor de posição x_{cp} calculado.

[00091] A concatenação entre força de aplicação e caminho percorrido pelo atuador é ilustrada mais uma vez com a ajuda dos diagramas mostrados na figura 5. A linha pontilhada simboliza a situação no ponto de contato, onde o caminho percorrido x_{cp} corresponde à pressão prévia hidráulica F_{hydr} . Através dessa concatenação as posições restantes podem ser calibradas de acordo com a linha característica.

[00092] Como alternativa, também pode ser calibrado no ponto do caminho percorrido onde surge o valor de corrente máximo, isto é, a força de aplicação desejada. Este ponto também é acessível devido à força de aplicação desejada através do modelo do motor.

[00093] Se a pressão prévia não for disponível, uma calibragem da

posição é necessária assim mesmo. Neste caso, em um outro exemplo de execução, pode ser usado um valor firmemente predefinido para a pressão prévia (por exemplo, 4 MPa (40 bar)). Eventualmente, na predefinição do caminho da folga de ventilação $\varphi_{\text{airgap_set}}$ precisa ser ajustado um valor um pouco maior, de modo que não nenhuma patinação do freio nem quando a pressão prévia de fato foi claramente maior do que o valor suposto.

[00094] Em um outro exemplo de execução preferido, a pressão prévia usada pode ser escolhida em dependência de uma inclinação de subida eventualmente existente. Como alternativa, o valor da pressão prévia usado pode ser determinado em dependência da linha característica do estribo. Em caso de uma linha característica de decurso quadrado pode ser usado, por exemplo, a pressão prévia que corresponde à metade do caminho de deslocamento. Portanto, em caso de uma pressão máxima de 20 MPa (200 bar) poderia ser usada, por exemplo, uma pressão prévia de cerca de 5 MPa (50 bar).

[00095] O pré-requisito para a calibração da posição é o conhecimento do ponto de contato de fato que vai deslocando-se no decorrer da operação do freio de estacionamento e que com o freio de estacionamento de acordo com a presente invenção não pode ser medido diretamente sem medição da força.

[00096] Devido a considerações teóricas a partir do reconhecimento de que no ponto de contato a derivação da força de aplicação depois do caminho de aplicação será superior a zero, resulta como critério para a determinação do ponto de contato a relação:

$$\frac{di}{dt} > 0$$

[00097] Uma realização técnica robusta para o reconhecimento do ponto de contato de acordo com a relação acima leva em consideração as seguintes condições de compatibilidade adversas:

- sinais ruidosos (corrente i e tensão u)
- dependência da temperatura de todas as grandezas (R_{mot} , k_t , M_{RO})
- efeitos dinâmicos sobrepostos (comportamento de partida)
- comportamento de aplicação qualitativamente alterado devido a desgaste
- influências do sistema (por exemplo, devido a ligar e desligar do "atuador vizinho").

[00098] Para realização técnica do reconhecimento do ponto de contato, a tensão e a corrente são captadas ciclicamente com o tempo de exploração T_c (veja o modelo de motor (equação 1)). Os valores captados em seguida são diferenciados de acordo com o tempo. Como processo robusto consagrou-se para tal a aproximação quadrada, sendo que especialmente vantajoso é o uso de um filtro de aproximação da terceira ordem onde são usados três valores de medição para a formação de uma parábola.

[00099] A derivação temporal da corrente é ilustrada no diagrama da figura 6. Nessa ilustração torna-se claro que o ponto de contato é caracterizado por uma passagem por zero da derivação da corrente sobre o tempo. Em caso de uma folga de ventilação maior, porém, poder também haver uma fase estendida da primeira derivação da corrente, onde a derivação fica perto de zero. A fim de alcançar uma delimitação clara em relação ao comportamento de partida, o reconhecimento do ponto de contato através da observação de di/dt somente acontece quando houver uma derivação negativa.

[000100] Para o reconhecimento seguro e robusto do ponto de contato foi desenvolvido o processo apresentado a seguir. Primeiro é fixada uma barreira i_{p0} (positiva) (valor limite da derivação) para a grandeza contemplada (di/dt). Esta barreira é um pequeno valor positivo perto de zero (em comparação com os demais valores di/dt). Se esta barrei-

ra for ultrapassada por di/dt , então a posição atual é armazenada como ponto de contato em potencial e um contador é iniciado. O contador conta com cada novo valor de medição tanto tempo para cima, isto é, o contador é incrementado por um valor de incrementação enquanto a grandeza contemplada for maior do que barreira i_{p0} . Se a grandeza cair abaixo da barreira, então o contador é novamente colocado em zero. O ponto de contato em potencial é considerado o ponto de contato real quando o contador alcançou um valor predefinido $n_{Vorgabe}$ (valor limite do contador). Dessa forma é garantido que como ponto de contato é selecionada a posição de acordo com a qual a grandeza a ser contemplada foi pelo menos $n_{Vorgabe}$ vezes sucessivamente maior do que barreira predefinida. Este processo consagrou-se na prática e fornece valores razoáveis também com perfis de corrente extraordinários.

[000101] Um exame do ponto de contato encontrado quanto à plausibilidade não acontece uma vez que a posição deverá ser calibrada justamente para o ponto de contato encontrado e, portanto, não há nenhuma (apropriada) grandeza para uma comparação.

[000102] Na presença de uma pressão prévia hidráulica é usado um processo análogo. Porém, pode ser necessário, em dependência da rigidez do estribo real, baixar o valor limite $n_{Vorgabe}$, pois o movimento em pressões prévias altas já é terminado antes do término dos valores de medição $n_{Vorgabe}$ contemplados em pressão prévia zero. Por essa razão é sugerida a seguinte dependência de $n_{Vorgabe}$ da pressão prévia p_0 :

$$n_{Vorgabe}(p_0) = 10 - \text{trunc}\left(\frac{p_0}{40 \text{ bar}}\right)$$

[000103] O algoritmo acima descrito para o reconhecimento do ponto de contato também é apropriado para determinar outros pontos de calibração. Isso se dá pelo fato de que a barreira i_{p0} para um outro ponto

de calibração é selecionada de modo diferente. Desse modo pode-se tentar, para o exame de plausibilidade da força de aplicação regulada, medir através do caminho de deslocamento obtido uma parte mais estável, isto é, linear, da linha característica do estribo. Nisso, a barreira i_{p0} é elevada para a verificação do ponto de calibração. Eventualmente também deve ser ajustado um outro (menor) $n_{Vorgabe}$ para a determinação do ponto de calibração encontrado com uma força maior.

[000104] A folga de ventilação é obtida através do fato de que a folga de ventilação ajustada antes do processo de aplicação atual é obtida através do cálculo da diferença de caminho entre o início do processo de aplicação até o encontro do novo ponto de contato. Depois da aplicação estão disponíveis medições para a folga de ventilação anteriormente ajustada. Se a folga de ventilação medida for menor do que a folga de ventilação que deveria ser ajustada, então isso poderia significar um ajuste errado. A fim de evitar o mesmo erro no próximo processo de soltura, isto é, o ajuste de uma folga de ventilação pequena demais, o valor teórico para a folga de ventilação para o próximo processo de soltura é aumentado por um valor fixo. Se, em contrapartida, a folga de ventilação medida for claramente maior do que o valor predefinido, então o valor teórico para a próxima soltura pode ser reduzido. Em virtude das considerações de segurança é apropriado aumentar a folga de ventilação em passos grandes e reduzi-lo novamente com passos consideravelmente menores.

[000105] Depois de um reset duro da unidade de controle, quando a mesma não foi terminada de maneira ordenada, o status do atuador é desconhecido. Em especial não existe nenhuma posição calibrada da qual a ativação poderia depender. Por esta razão, antes da operação normal do freio de estacionamento, torna-se necessária uma inicialização do atuador. A inicialização começa com a manipulação do elemento de manipulação do freio de estacionamento. Durante a aplicação, a

inicialização é feita de tal modo que durante a aplicação é alcançado o valor de corrente máximo normal. Porém, nessa aplicação não é feito nenhum reconhecimento do ponto de contato. Em seguida, por uma única vez, isto é, até a próxima determinação do ponto de contato, a posição do atuador é colocada no valor padrão da linha característica padrão. Nisso parte-se do fato de que a força de aplicação teórica foi ajustada junto com o critério de desligamento. Com isso existe um valor da posição que na próxima abertura / soltura garante um ajuste seguro da folga de ventilação.

[000106] Caso o motorista do automóvel, depois de um reset duro da unidade de controle, deseja soltar o freio de estacionamento, a inicialização começa assim mesmo primeiro na direção de aplicação do freio, até que o valor de corrente máximo normal seja alcançado. O procedimento de inicialização seguinte ocorre de maneira análoga ao procedimento acima. Em seguida, o freio de estacionamento é solto, e uma folga de ventilação é ajustada com segurança.

[000107] Em virtude de desgaste diferenciado, erros de modelo ou circunstâncias específicas do atuador, pode eventualmente ocorrer uma assincronicidade clara, isto é, perceptível para o motorista do automóvel, entre dois atuadores dispostos em um veículo. Isto acontece, por exemplo, quando as folgas de ventilação esquerda e direita são ajustadas de maneira muito diferente e um atuador na próxima aplicação alcança seu ponto de contato muito antes do outro. A diferença de tempo entre o ajuste de ambos os pontos de contato é uma medida para a assincronicidade dos atuadores. Se essa diferença de tempo se tornar maior do que uma barreira admissível, em um outro exemplo de execução, através da respectiva alteração do valor da folga de ventilação, o comportamento síncrono é novamente estabelecido. Por motivos de segurança, o valor teórico da folga de ventilação do atuador aparentemente "mais rápido" é aumentado. De preferência, essa adap-

tação é realizada em passos pequenos (por manipulação), a fim de compensar a variância do reconhecimento do ponto de contato. Além disso, de modo vantajoso, a correção dos valores teóricos da folga de ventilação de ambos os atuadores é integrada individualmente, a fim de, com a sincronicidade alcançada, reduzir a correção em ambos os lados simultaneamente, até que a folga de ventilação menor corresponda à folga de ventilação padrão.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para operar um freio de estacionamento com um atuador (5) onde o atuador (5) é acionado por um motor de corrente contínua (28) operável em duas direções, que através de uma transmissão (24) de bloqueio automático do atuador (5) movimentada pelo menos uma sapata do freio (22) para ativar ou soltar o freio de estacionamento na direção de um elemento rotativo ou a afasta do mesmo, sendo que é prevista uma unidade de controle (10) para controlar ou regular o movimento do motor de corrente contínua (28), onde ao ativar ou soltar o freio de estacionamento, via de regra, um ponto de contato das sapatas do freio (22) no elemento rotativo é excedido, caracterizado pelo fato de que através da unidade de controle (10) é feita a primeira derivação sobre o tempo da corrente elétrica absorvida pelo motor de corrente contínua (28) durante a ativação para determinar o ponto de contato.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que através da unidade de controle (10) é determinado o ponto de contato como o ponto da posição da sapata do freio (22) onde a derivação sobre o tempo da corrente elétrica absorvida pelo motor de corrente contínua (28) se torna superior a zero, sendo que preferencialmente este valor da primeira derivação somente é identificado como ponto de contato quando a derivação da corrente elétrica era negativa antes disso.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelos seguintes passos:

- Determinar um valor teórico de derivação positivo (i_{p0}) para a primeira derivação (di/dt);
- Examinar em intervalos predeterminados, preferencialmente regulares, o movimento de ativação do motor de corrente contínua (28) se a primeira derivação da corrente absorvida pelo motor de

corrente contínua (28) (di/dt) é superior ou igual ao valor teórico de derivação (i_{p0});

- Caso a primeira derivação seja superior a ou igual ao valor teórico de derivação (i_{p0}), registrar a posição atual das sapatas do freio (22) como ponto de contato em potencial e iniciar um contador, e incrementar o contador na continuação do movimento de ativação do motor de corrente contínua (28) por um valor de incremento anteriormente definido, enquanto a primeira derivação (di/dt) for superior ou igual ao valor teórico de derivação (i_{p0}), ou recolocação do contador para zero, tão logo na continuação do movimento de ativação do motor de corrente contínua (28) a primeira derivação (di/dt) não alcançar mais o valor teórico de derivação (i_{p0});

- Examinar se o contador ultrapassa um valor teórico de contador predefinido ($n_{predefinição}$);

- Caso o contador ultrapassa o valor teórico de contador predefinido ($n_{predefinição}$), determinar o respectivo ponto de contato em potencial registrado como ponto de contato de fato.

4. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que através da unidade de controle (10), para controlar e regular o movimento do motor de corrente contínua (28) para a ativação do freio de estacionamento com uma força de ativação predefinida desejada, é determinado um valor de corrente máximo a ser absorvido para tal pelo motor de corrente contínua (28), que a ativação é executada por um movimento correspondente do motor de corrente contínua (28), e depois de alcançar o valor de corrente máximo, o movimento do motor de corrente contínua (28) é terminado.

5. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que no controle ou regulagem do motor de corrente contínua (28) para ativar e/ou soltar o freio de

estacionamento através da unidade de controle (10), é levada em consideração uma pressão prévia hidráulica que em caso de ativar é de fato aplicada no êmbolo, ou que em caso de soltar, depois da ativação antecedente, estava aplicada no êmbolo.

6. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que pela unidade de controle (10), na ativação e/ou soltura, é determinado continuamente por meio de um modelo de motor um caminho percorrido pelo motor de corrente contínua (28).

7. Processo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (10) calibra uma posição do êmbolo determinada por meio de um modelo de motor, levando em consideração a pressão prévia hidráulica sobre o ponto de contato determinado, ou a posição determinada ao alcançar o valor de corrente máximo predefinido.

8. Processo de acordo com a reivindicação 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que por meio da unidade de controle (10) é determinado a partir do caminho de atuação entre o ponto de contato verificado e a posição de atuação ao alcançar o valor de corrente máximo é determinado um caminho de ativação percorrido, e em seguida, o caminho de ativação percorrido é comparado com um caminho de ativação padrão que corresponde à força de ativação desejada, sendo que em caso de uma divergência significativa do caminho de ativação percorrido do caminho de ativação padrão, é ativada uma função de ativação adicional da unidade de controle (10).

9. Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a função de ativação adicional compreende uma regulação do caminho, sendo que a ativação adicional preferencialmente é executada diretamente depois do término do processo de ativação.

10. Processo de acordo com a reivindicação 8, caracteriza-

do pelo fato de que a unidade de controle (10) usa para a ativação adicional uma "função *knock*", onde a ativação adicional de preferência é feita diretamente depois do término do processo de ativação.

11. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (10) executa, para soltar o freio de estacionamento, um controle do movimento básico em direção de soltura, sendo que no cálculo do caminho de deslocamento teórico usado para o controle do movimento básico são levados em consideração o ponto de contato verificado na última ativação levando em consideração a pressão prévia hidráulica, e uma folga de ventilação predefinida.

12. Freio de estacionamento com um atuador (5) onde o atuador (5) é acionado por um motor de corrente contínua (28) operável em duas direções, que através de uma transmissão (24) de bloqueio automático do atuador (5) movimenta pelo menos uma sapata do freio (22) para ativar ou soltar o freio de estacionamento na direção de um elemento rotativo ou a afasta do mesmo, sendo que é prevista uma unidade de controle (10) para controlar ou regular o movimento do motor de corrente contínua (28), sendo que o freio de estacionamento é executado de tal modo que ao ativar ou soltar o freio de estacionamento, via de regra, é excedido um ponto de contato das sapatas do freio (22) no elemento rotativo,

caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (10) determina o ponto de contato através da formação da primeira derivação sobre o tempo da corrente elétrica absorvida pelo motor de corrente contínua (28) durante a ativação.

13. Freio de estacionamento de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (10) determina o ponto de contato como o ponto da posição das sapatas do freio (22), onde a derivação da corrente elétrica absorvida pelo motor de

corrente contínua (28) sobre o tempo se torna superior a zero, sendo que, de preferência, este valor da primeira derivação somente é identificável como ponto de contato quando antes disso a derivação da corrente era negativa.

14. Freio de estacionamento de acordo com a reivindicação 12 ou 13, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (10), para controlar e regular o movimento do motor de corrente contínua (28) para ativar o freio de estacionamento com uma força de ativação predefinida desejada, determina um valor de corrente máximo a ser absorvido para tal pelo motor de corrente contínua (28), executa a ativação por meio de um movimento correspondente do motor de corrente contínua (28), e depois de alcançar o valor de corrente máximo, termina o movimento do motor de corrente contínua (28).

15. Freio de estacionamento de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 14, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (10), ao controlar ou regular o motor de corrente contínua (28) para ativar e/ou soltar o freio de estacionamento, leva em consideração uma pressão prévia hidráulica que em caso de ativar de fato é aplicada no êmbolo, ou em caso de soltar, depois da ativação antecedente, estava aplicada no êmbolo.

16. Freio de estacionamento de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 15, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (10), na ativação e/ou soltura, por meio de um modelo de motor, determina continuamente um caminho percorrido pelo motor de corrente contínua (28).

17. Freio de estacionamento de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (10) calibra uma posição do êmbolo determinada por meio de um modelo de motor, levando em consideração a pressão prévia hidráulica sobre o ponto de contato determinado ou a posição determinada ao alcançar o valor de

corrente máximo predefinido.

18. Freio de estacionamento de acordo com a reivindicação 16 ou 17, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (10) determina a partir do caminho de atuação entre o ponto de contato verificado e a posição de atuação, ao alcançar o valor de corrente máximo, um caminho de ativação percorrido, e em seguida, compara o caminho de ativação percorrido com um caminho de ativação padrão que corresponde à força de ativação desejada, sendo que em caso de uma divergência significativa entre o caminho de ativação percorrido e o caminho de ativação padrão, pode ser ativada uma função de ativação adicional da unidade de controle (10).

19. Freio de estacionamento de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que a função de ativação adicional compreende uma regulação do caminho, sendo que a unidade de controle (10) executa a ativação adicional, de preferência, diretamente depois do término do processo de ativação.

20. Freio de estacionamento de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (10) usa para a ativação adicional uma "função *knock*", sendo que a ativação adicional de preferência é feita diretamente depois do término do processo de ativação.

21. Freio de estacionamento de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 17, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (10), para soltar o freio de estacionamento, executa um controle do movimento básico em direção de soltura, sendo que a unidade de controle (10), no cálculo do caminho de deslocamento teórico usado para o controle do movimento básico, leva em consideração o ponto de contato verificado na última ativação da pressão prévia hidráulica e uma folga de ventilação predefinida.

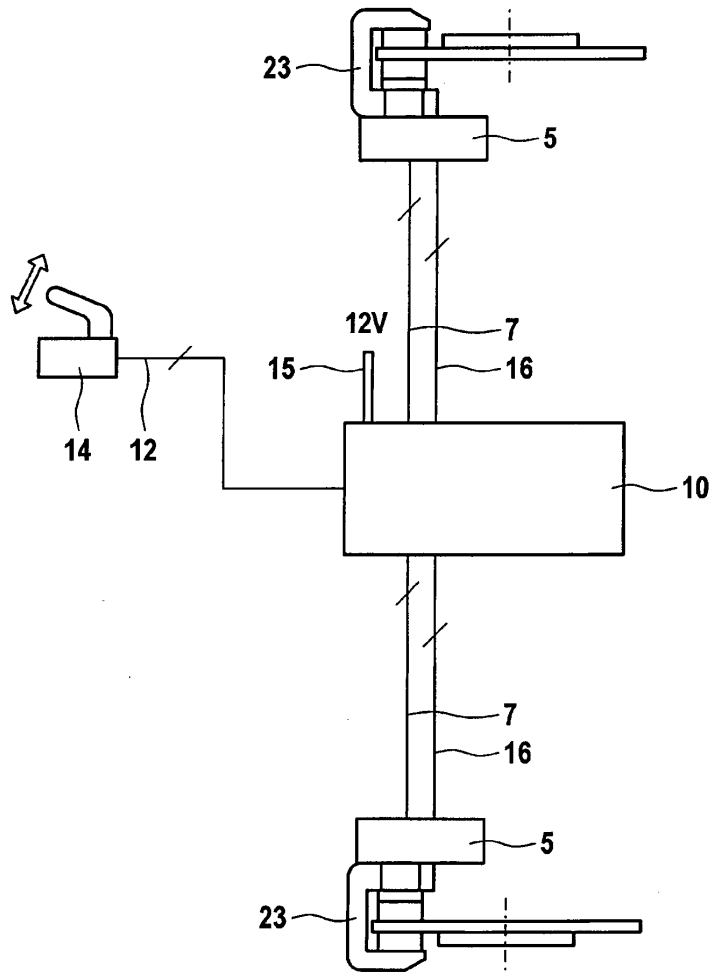


Fig. 1

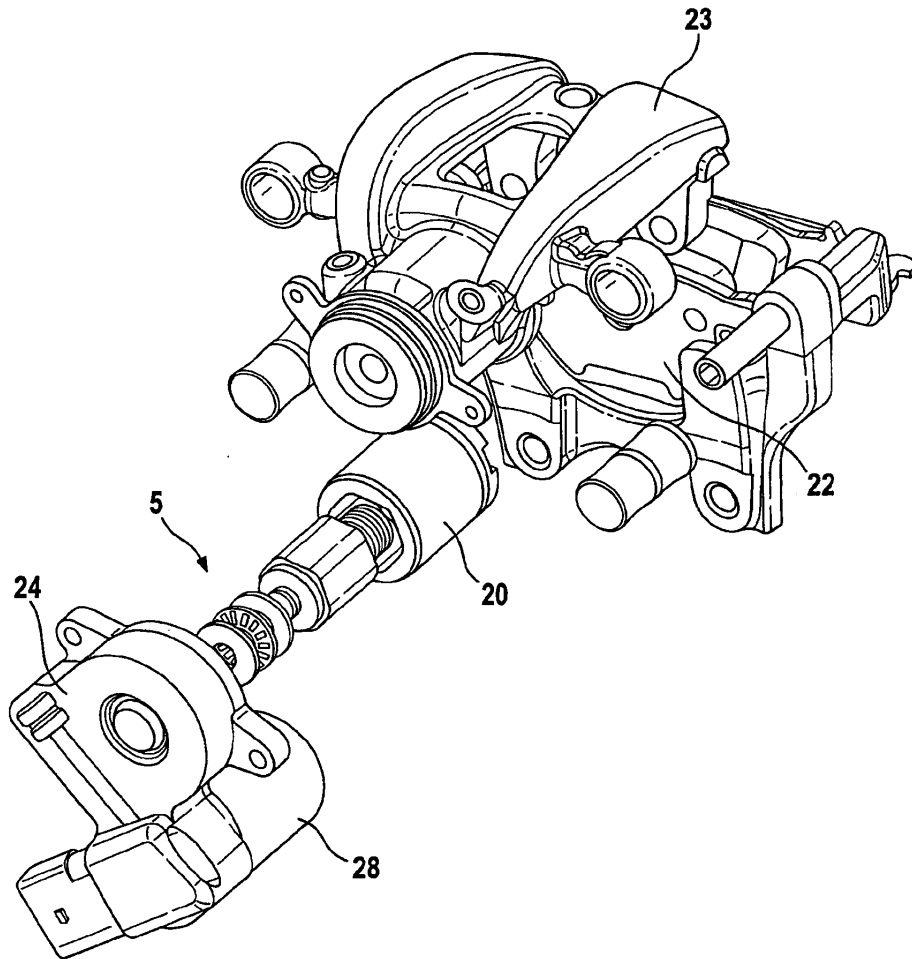


Fig. 2

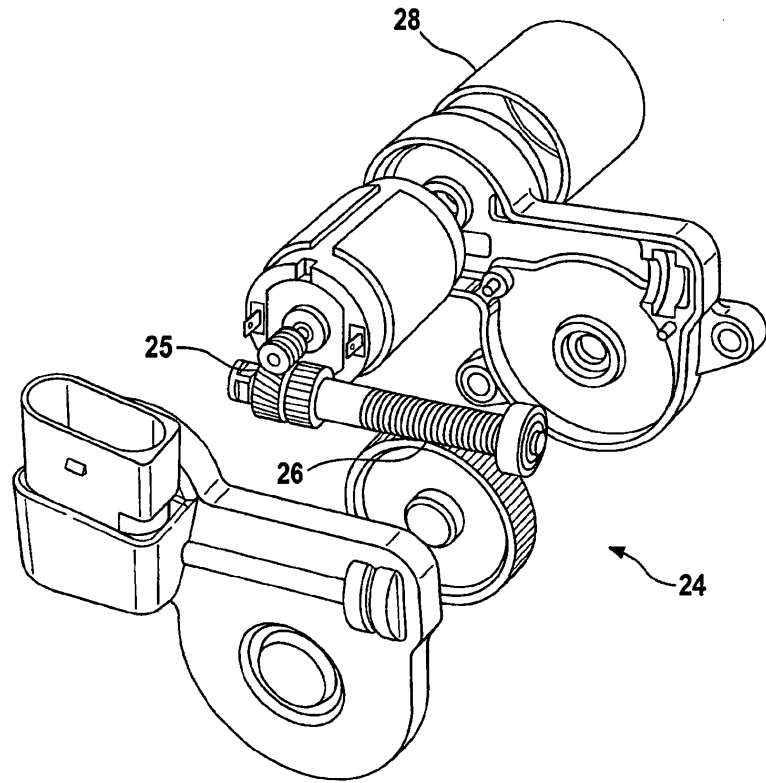


Fig. 3

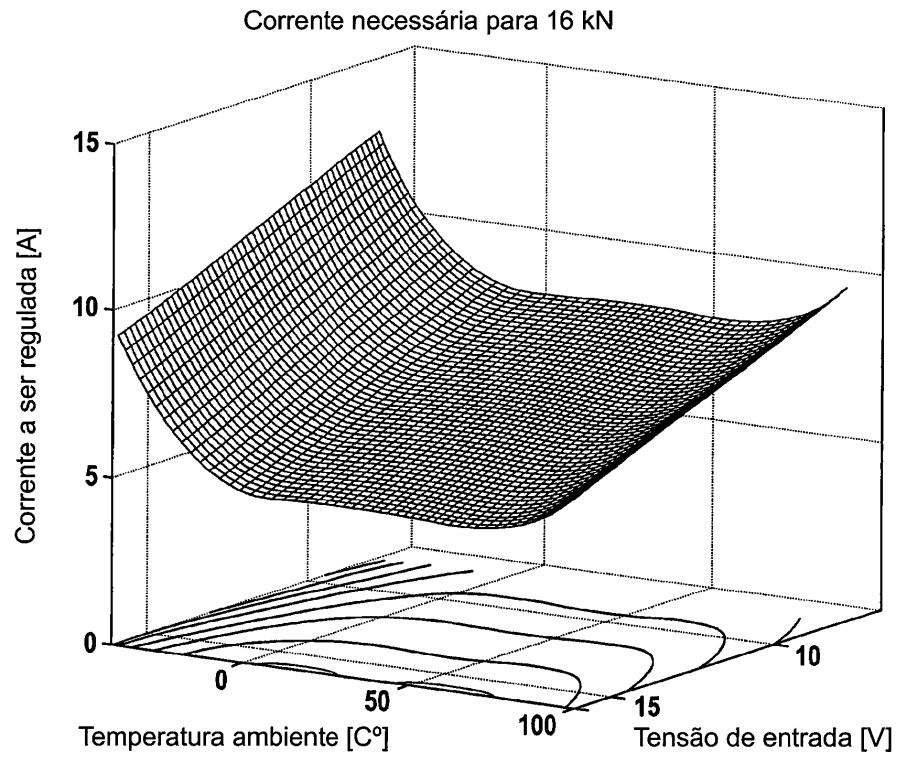


Fig. 4

$$F_{\text{caliper}} = \begin{cases} f(x_{\text{piston}}) = c_{\text{caliper}} * x_{\text{piston}}^2 & x_{\text{piston}} \geq 0 \\ 0 & x_{\text{piston}} < 0 \end{cases}$$

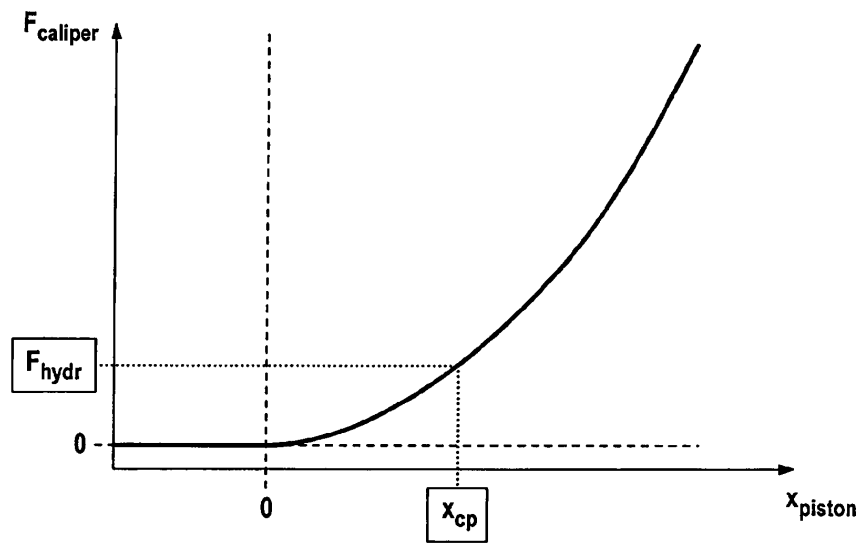


Fig. 5

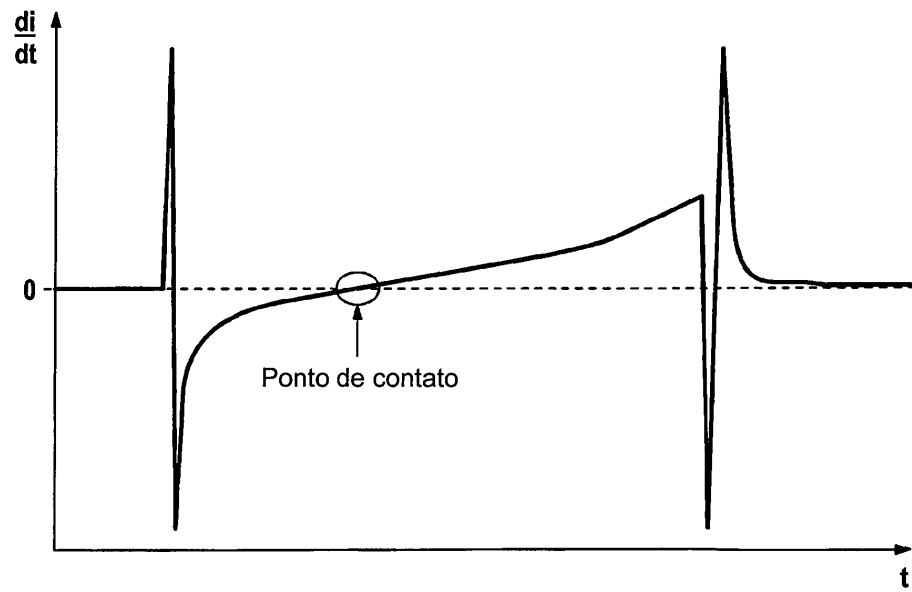


Fig. 6