



**República Federativa do Brasil**  
Ministério da Indústria, Comércio Exterior  
e Serviços  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0717641-4 B1**

**(22) Data do Depósito:** 16/10/2007

**(45) Data de Concessão:** 24/07/2018



---

**(54) Título:** MÉTODO PARA DETERMINAR A POSIÇÃO ANGULAR DO ROTOR DE UM SERVOMOTOR CC COMUTADO DE MANEIRA MECÂNICA.

**(51) Int.Cl.:** H02P 7/08; G05D 3/12; H01F 7/18

**(30) Prioridade Unionista:** 18/10/2006 DE 10 2006 049 123.8

**(73) Titular(es):** CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH

**(72) Inventor(es):** LEANDRO CROCOMO; WOLFGANG KÖLLNER; ROMAN MORAWEK;  
ALEXANDRE POZZER

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 16/04/2009

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO PARA DETERMINAR A POSIÇÃO ANGULAR DO ROTOR DE UM SERVOMOTOR CC COMUTADO DE MANEIRA MECÂNICA"**.

Campo Técnico

[001] A presente invenção o é relativa a um método para determinar a posição angular do rotor de um servomotor CC comutado de maneira mecânica, cuja corrente de armadura é pré-ajustada por um estado de comutação de um contato de comutador atuado de maneira eletromecânica, com uma ondulação de corrente, presente na corrente de armadura e atribuível à comutação mecânica, que é analisada por uma unidade de controle e análise.

Técnica Precedente

[002] Para servoacionadores tais como utilizados em veículos, por exemplo, para operar levantadores de janela e tetos solares, são utilizados servomotores CC comutados de maneira mecânica. O servomotor CC é arranjado em um circuito em um braço de derivação de um circuito pontes no qual dois contatos de comutação de um relé, controlados por um único controlador, pré-ajusta a direção de corrente do motor. Para limitar a força de fechamento durante uma operação de fechamento, a posição atual e o sentido da parte de fechamento devem ser conhecidos pelo microcontrolador.

[003] É conhecido que a posição do rotor pode ser determinada diretamente analisando as flutuações de armadura que são provocadas pela operação de comutação mecânica. Por exemplo, se uma escova desliza sobre dois segmentos coletores adjacentes à resistência ôhmica muda brevemente (figura 1). Isto faz com que o componente CC da corrente de armadura seja superposto por um componente CA. Se o número de pólos do motor CC é conhecido, a extensão desta ondulação de corrente, também referida no que segue como ondulação de corrente de armadura, pode ser determinada e, a partir disto, a po-

sição angular do rotor. A quantidade de ondulação de corrente, também conhecida como a contagem de ondulação, pode ser determinada no microcontrolador utilizando um algoritmo conhecido de máximos e mínimos. Desta maneira, a posição atual do rotor, ou a partir da frequência da ondulação de corrente, a velocidade de rotação pode ser facilmente calculada enquanto um acionamento está operando. Um método deste tipo é, por exemplo, conhecido da DE 38 24 811 A1.

[004] Em fases operacionais nas quais o servomotor CC parte, é freado ou tem sua operação invertida, uma determinação da ondulação de corrente é, contudo, difícil, uma vez que salto do contato ou relé ocorre durante a comutação dos contatos mecânicos. Durante um segmento de tempo, referido no que segue como um intervalo de tempo de salto de contato, o sinal de corrente de armadura é perturbado, e uma análise direta da ondulação de corrente não é possível. Na prática, este intervalo de tempo de vibração de contato pode durar diversos ms. Ela depende de diversas circunstâncias operacionais, inclusive envelhecimento do relé. Com um levantador de janela ou teto solar de veículo motorizado operado de maneira elétrica, a posição zero pode deslocar devido a este efeito, o que é ainda agravado por folga no trem de acionamento. Contudo, se uma operação de fechamento de uma janela ou teto solar começa a partir de uma posição que está associada com imprecisão, então no caso de enjambramento isto pode fazer com que a força de fechamento máxima permissível seja excedida. Devido à informação inexata com relação à posição, danos podem ocorrer devido ao aprisionamento de partes do corpo. Para impedir isto, o servoacionador deve ser inicializado de maneira frequente, o que é desvantajoso.

#### Apresentação da Invenção

[005] O objetivo da invenção é proporcionar um método para a determinação da posição angular do rotor de um servomotor CC co-

mutado de maneira mecânica, por meio do qual uma determinação da posição do rotor, que é baseada exclusivamente em uma análise da ondulação de corrente de armadura presente na corrente de armadura, é possível com maior precisão.

[006] O objetivo é alcançado por meio de um método com aspectos da reivindicação 1. Modalidades vantajosas da invenção são o tema das reivindicações dependentes.

[007] Um conceito básico da invenção é realizar uma análise da ondulação de corrente com base em um intervalo de tempo de salto de contato determinada de maneira metrológica, durante um intervalo de tempo no qual uma análise da ondulação decorrente com base em perturbações no sinal de corrente de armadura não é possível. A posição do rotor pode ser determinada com maior precisão por meio desta adaptação do processo de análise para o tempo de salto real de um relé de troca. Durante a programação de um algoritmo de análise não é necessário utilizar uma probabilidade a priori de um tempo de salto de pior caso (o mais longo) como uma base, mas, ao invés disto, o tempo de análise se adapta ao envelhecimento e ao estado operacional predominante do relé de troca. Em outras palavras, a imprecisão de um processo de análise que está presente de maneira natural é utilizada de acordo com a invenção apenas tanto quanto realmente necessário. Isto melhora a precisão de posição.

[008] Durante uma operação de fechamento, informação mais precisa sobre a posição e, portanto, também sobre a posição inicial da parte de fechamento, está presente. O efeito de uma proteção de engastamento da parte de fechamento acionada por motor é, portanto, melhorado. Esta vantagem é decisiva, em especial para um levantador de janela na área de aproximadamente 4 mm antes da entrada na vedação da estrutura. Graças à invenção, o risco de dano pode ser amplamente minimizado neste caso. Por outro lado, um fechamento se-

guro também é alcançado.

[009] Uma outra vantagem essencial pode ser vista em que o erro cumulativo ao determinar a posição exata é menor, mesmo durante mudanças frequentes em direção de rotação e onde existe folga no trem de acionamento. Isto significa que o sistema de acionamento precisa ser inicializado de maneira menos frequente. A consequência disto é que a disponibilidade do sistema é aumentada porque, diferentemente da maneira precedente, não é necessário limitar diversas funções, tal como a operação automática de um levantador de janela devido a erros acumulativos.

[0010] O método inovador é caracterizado pelo fato de um sinal de realimentação de tensão de contato derivado de um contato de comutação em cada caso, é realimentado a partir de cada contato de comutação de um dispositivo de comutação atuado de maneira eletromecânica para a unidade de controle e análise por meio de um circuito de realimentação. A partir desta informação a unidade de controle e análise determina um intervalo de tempo de vibração de contato no qual uma análise de ondulação de corrente não é possível devido à perturbação. O dispositivo de controle e análise, portanto, realiza uma avaliação da ondulação de corrente durante este período de tempo de acordo com esse intervalo de tempo de vibração de contato.

[0011] Uma modalidade preferida é caracterizada pelo fato de o dispositivo de comutação ser formado por um relé de troca com um primeiro contato de comutação e um segundo contato de comutação, com um primeiro sinal de realimentação de contato a partir do primeiro contato de comutação e um segundo sinal de realimentação a partir do segundo contato de comutação sendo realimentado para a unidade de controle e análise. Além disso, a unidade de controle e análise pode detectar salto de diferentes comprimentos durante uma inversão de um motor, durante a qual dois contatos de comutação são essencial-

mente comutados de maneira simultânea. É, portanto, assegurado que uma contagem de ondulação é apenas determinada se o sinal de corrente de armadura não está distorcido por vibrações de contato.

[0012] Em uma modalidade preferida do método inovador, pode ser proporcionado que um ponto de tempo de início e um ponto de tempo final do intervalo de tempo de vibração de contato podem ser determinados seja a partir do primeiro sinal de realimentação de tensão de contato ou a partir do segundo sinal de realimentação de tensão de contato. Desta maneira, no caso de uma operação de frenagem ou de partida, durante a qual somente um contato de comutação no ramal ponte é comutado, o processo de análise pode ser adaptado para o tempo de salto real deste um contato de relé.

[0013] Em uma outra modalidade preferida, pode ser proporcionado que um ponto de tempo de início pode ser determinado a partir de um sinal de controle gerado pela unidade de controle e análise e realimentado para o dispositivo de comutação e um ponto de tempo final do intervalo de tempo de vibração de contato possam ser determinados a partir de um primeiro ou segundo sinal de realimentação de tensão de contato designado para este sinal de tempo. A vantagem disto é que somente o final do intervalo de tempo da vibração de contato deve ser medido, com o início sendo pré-ajustado pelo sistema de controle. Desta maneira a análise é mais simples de maneira geral, porém é ao custo da precisão, uma vez que o processo de análise é também utilizado durante o tempo de resposta de um relé, mas neste caso uma avaliação, isto é, contagem da ondulação de corrente ainda seria possível.

[0014] Com relação à modalidade da invenção, pode ser vantajoso se a unidade de controle e análise seja um microcontrolador ou microcomputador que contém um algoritmo de análise.

[0015] A precisão da determinação de posição pode ser ainda me-

lhorada se o algoritmo de análise, como uma extensão para um modelo de acionamento armazenado, possa também levar em consideração a velocidade de rotação do rotor antes da troca de um contato de comutação.

[0016] Um circuito de realimentação, que muitas vezes já está presente em servoacionadores existentes de veículo motorizado para monitorar relés de contato é vantajoso. Uma no hardware não é necessária.

[0017] Um circuito de realimentação que é formado essencialmente por divisores de tensão ôhmicos é especialmente efetivo em custo.

#### Breve Descrição de Desenhos

[0018] Para uma explicação adicional da invenção é feita referência na parte seguinte da descrição aos desenhos, que mostram ainda modalidades vantajosas, detalhes e desenvolvimentos da invenção. Os desenhos são como a seguir:

[0019] a figura 1 é um diagrama esquemático que mostra a ondulação de corrente de armadura provocada por comutação mecânica;

[0020] a figura 2 é um diagrama de circuito simplificado de um circuito de controle para um servomotor e um circuito ponte, com o método inovador sendo implementado na unidade de controle e análise mostrada no desenho;

[0021] a figura 3 é um diagrama de medição cuja curva superior mostra a tensão no contato de comutação do relé de troca na figura 3 e cuja curva inferior mostra a corrente de armadura do motor comutador que está sendo freado por uma frenagem de curto-circuito;

[0022] a figura 4 é um desenho digitalizado das variáveis medidas de acordo com a figura 3;

[0023] a figura 5 é um esboço de comutação e um diagrama esquemático que mostram o método inovador durante uma operação de frenagem;

[0024] a figura 6 é um esquema de comutação e um diagrama esquemático para explicar o método inovador durante uma operação de avanço;

[0025] a figura 7 é um esboço de comutação e um diagrama esquemático que mostra o método inovador durante uma operação de reversão.

#### Implementação da Invenção

[0026] A figura 1 é uma representação esquemática que mostra as relações de resistência durante uma operação de comutação mecânica de um motor CC. O coletor 24 consiste em três segmentos coletores. As bobinas de armadura estão mostradas por três resistores ôhmicos. Como pode ser visto do esquema esquerdo na figura 1, um resistor ôhmico formado por um circuito paralelo é posicionado entre ambas as escovas 22, 23 com o resistor esquerdo sendo posicionado em paralelo com dois resistores arranjados em série. Durante uma rotação do coletor (seta 21), que está mostrado na parte direita da figura 1, a escova inferior 23 passa sobre dois segmentos coletores adjacentes. Isto provoca de maneira breve um curto-circuito entre estes segmentos coletores adjacentes. A resistência ôhmica entre ambas as escovas 22, 23 neste instante no tempo é formada por um circuito paralelo que consiste em dois resistores em bobina. Esta mudança em resistência é acompanhada pela ondulação de corrente de armadura mencionada na introdução, de modo que a posição do rotor pode ser determinada contando a ondulação de corrente.

[0027] A figurado 2 mostra um diagrama de circuito simplificado de um servoacionador tal como o utilizado, por exemplo, para levantadores de janela operados de maneira elétrica ou tetos solares de veículos motorizados. Uma unidade de controle e análise 17, neste caso um microcontrolador, controla um relé de troca 6, 7 por meio de sinais 11, 12. A direção da corrente de armadura 2 do motor 5 no braço de deri-

vação do circuito ponte é pré-ajustada, dependendo da posição de contatos de comutação 6 ou 7. A corrente de armadura 2 é detectada por uma má derivação 8. O sinal de medição que ocorre na derivação 8 é realimentado para o microcontrolador 17 como um sinal de realimentação de corrente 18. Um dispositivo de contagem de ondulação 15 que analisa a ondulação de corrente presente na corrente de armadura 2 é implementado no microcontrolador 17. No presente exemplo, a análise tem lugar por meio de um algoritmo que conta os máximos e mínimos relativos, respectivamente.

[0028] Uma vez que não é possível analisar a ondulação de corrente de armadura 3 durante o tempo de salto do contato de comutação atuado de maneira eletromecânica 6 ou 7, um dispositivo de análise de ondulação 16 é fornecido no microcontrolador 17. Este dispositivo de análise de ondulação 16 inclui um algoritmo de análise que analisa a ondulação de corrente durante a fase de salto de contato. Em adição a parâmetros de acionamento, o algoritmo de análise utiliza a velocidade de rotação a mais recente válida do rotor.

[0029] Para minimizar o erro devido à análise, o tempo de análise não é pré-ajustado, mas é, ao invés disto, correspondido ao tempo de vibração de contato real. Um circuito de realimentação 20, que consiste essencialmente de dois divisores de tensão ôhmicos e linhas de realimentação 9 e 10, é utilizado para determinar este tempo de vibração de contato real. O sinal de tensão de contato dos contatos de troca 7 ou 6, respectivamente, é realimentado para um microcontrolador 17 através destas linhas de realimentação 9 e 10. Isto possibilita ao microcontrolador 17 determinar o tempo de salto de um ou ambos os contatos 6, 7. Com base nesta informação o algoritmo de análise é utilizado apenas tanto quanto ele seja realmente necessário, isto é, até que a ondulação presente no sinal de armadura não seja mais utilizável. Durante uma frenagem de curto-circuito, durante a qual um dos

contatos 7, 6 comuta, o tempo de análise dura até o tempo de salto do contato de comutação, seja 6 ou 7 tenha decaído. Durante uma operação de reversão durante a qual ambos os contatos 7, 6 são comutados ao mesmo tempo, o tempo de análise dura até que cada um dos contatos 7, 6 tenha vindo para repouso. Somente então uma análise da ondulação corrente presente na corrente de armadura 2 tem lugar novamente (ver figura 7).

[0030] Na prática, o circuito de realimentação 20 está muitas vezes já presente em servo-acionamentos de veículo motorizado, e é utilizado para monitorar a "aderência" dos contatos de comutação 6, 7. Neste caso, a realização da invenção requer apenas um software adequado 17, 16 do microcontrolador 17.

[0031] A figura 3 mostra, como um diagrama de medição, a tensão elétrica 1 no contato de comutação 6 e a corrente de armadura 2 como uma função de tempo  $t$ . Durante uma fase de troca, uma troca do contato 6 da tensão de bateria para terra tem lugar (figura 2). Isto corresponde a uma frenagem de curto-circuito do motor 5 cuja corrente de armadura inicialmente muda sua direção para então desaparecer. A curva de medição da corrente de armadura 2 mostra de maneira clara ondulação de corrente de armadura recorrente de maneira regular 3 antes da fase de troca 4. Também depois da fase de troca 4 a ondulação 3 presente na corrente de armadura 2 pode ser vista de maneira muito clara. Neste caso, contudo, o motor desacelera e a frequência da ondulação de corrente 3 reduz com o avanço de tempo. Entre pontos do tempo  $T1$  e  $T2$ , - o tempo de salto do contato mecânico 6 - o desenho da ondulação presente na corrente de armadura é dificilmente analisável.

[0032] A figura 4 mostra o desenho digitalizado da troca. O sinal de referência 11 representa a característica de tempo do sinal de controle que atua sobre a bobina de relé do contato de comutação 6.

Abaixo disto, o sinal de referência 19 mostra o desenho digitalizado do sinal de realimentação de tensão de contato 9. O sinal de referência 14 representa o desenho digitalizado da corrente de motor 2. A ondulação de corrente digitalizada 13 pode ser facilmente detectada pelo dispositivo contador de ondulação 15 até o ponto no tempo T1 e mesmo depois de T2 a contagem da corrente de ondulação é ainda bastante possível. Contudo, a ondulação de corrente não pode ser detectada durante a fase de transição 4. Durante o intervalo 4 a contagem não tem lugar, porém, a ondulação de corrente, ao invés disto, é analisada. O dispositivo de análise de ondulação 16 continua a análise somente até que o final do tempo de salto no ponto de tempo T2 é detectado. A partir do ponto T2 a análise da ondulação de corrente digitalizado 13 é novamente realizada pelo dispositivo de contagem de ondulação 15. Uma vez que o segmento tempo durante o qual o algoritmo de análise é utilizado não deve ser pré-ajustado pelo tempo de salto máximo fornecido na folha de dados do relé de troca, mas ao invés disso,

[0033] ser adaptado para as condições de comutação reais do relé de troca, a posição do rotor pode ser determinada como precisão melhorada.

[0034] O intervalo de tempo de vibração de contato 4 durante frenagem, durante avanço e durante reversão do motor comutador é mostrado nos desenhos na figura 5, figura 6 e figura 7 e está explicado em mais detalhe no que segue por meio de um diagrama de pulso.

[0035] A figura 5 mostra frenagem em curto-circuito. Como pode ser visto do diagrama de circuito no topo da figura 5, o contato de comutação 6 é comutado na direção da seta 25. Por meio desta operação de comutação o motor CC em operação 5 é curto-circuitado por meio da derivação 8 e a parte inferior da meia ponte. Devido ao salto do contato de comutação 6, uma análise da ondulação de corrente na

derivação 8 não é possível durante o intervalo de tempo de vibração de contato 4. Durante o intervalo de tempo 4, o ângulo de rotação, através do qual o rotor passa neste segmento de tempo, é analisado de acordo com a invenção. Como mostrado no diagrama de pulso do sinal de realimentação de tensão de contato U9, o tempo de análise (intervalo de tempo de vibração de contato 4) começa seguindo um tempo de retardo TV, depois da aresta em queda da tensão de controle U 11.

[0036] A figura 6 mostra um avanço do motor CC 5. Neste caso, o motor CC 5 é comutado de parada para a tensão de suprimento UB pela troca do contato de comutação 6 (seta 26). O intervalo de tempo de vibração de contato 4 neste caso também segue a aresta em subida da tensão de controle U 11 com um retardo de tempo TV.

[0037] A figura 7 mostra uma operação de reversão. Neste caso, o motor 5 é comutado pela troca dos contatos de comutação 6 e 7 de operação em uma direção de rotação para operação na direção de rotação oposta (seta 27, seta 29). O salto do contato de comutação (sinal de realimentação de tensão de contato U9) ou o salto do contato de comutação 7 (sinal de realimentação de tensão de contato 10) tem lugar com um retardo de tempo relativo à aresta em queda ou em subida da tensão de controle U11 ou da tensão de controle U12. Neste exemplo da reversão da direção de rotação, o início do intervalo de tempo de vibração de tempo de contato 4 é pré-ajustado pela primeira vibração de contato no contato de comutação 6 e o final do intervalo de tempo de vibração de contato 4 é determinado a partir da última vibração de contato no contato de comutação 7. Medindo o intervalo de tempo 4 é assegurado que uma análise da ondulação de corrente não tem lugar durante a fase indiferente (intervalo de tempo T1 até T2), no qual ou o contato de comutação 6 ou o contato de comutação 7 salta e a contagem de ondulação não pode ter lugar até que a ondu-

lação na corrente de rotor seja novamente representativa do ângulo de rotação.

[0038] Por meio do método inovador, o risco de uma contagem incorreta é reduzido e a precisão da determinação de posição do rotor aumentada, não somente durante avanço e frenagem, mas também durante reversão.

#### Listagem de Referência

1. tensão em contato de troca
2. corrente de armadura
3. ondulação de corrente de armadura, ondulação de comutação medida
4. intervalo de tempo de vibração de contato
5. motor CC
6. contato de comutação
7. contato de comutação
8. derivação
9. sinal de realimentação de tensão de contato
10. sinal de realimentação de tensão de contato
11. sinal de controle
12. sinal de controle
13. ondulação de corrente de armadura, ondulação de comutação digitalizada
14. corrente de armadura digitalizada
15. dispositivo de contagem de ondulação
16. dispositivo de análise de ondulação
17. unidade de controle e análise, microcontrolador
18. sinal de realimentação de corrente
19. sinal de realimentação de tensão de contato, digitalizado
20. circuito de realimentação
21. seta

22. escova

23. escova

24. coletor

25. seta

26. seta

27. seta

28. dispositivo de comutação, circuito de troca

29. seta

U9. tensão de contato de realimentação

U10. tensão de contato de realimentação

U11. tensão de controle

U12. tensão de controle

T1. ponto no tempo

T2. ponto no tempo

TV. Retardo (tempo de resposta do relé).

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para determinar a posição angular do rotor de um servomotor CC comutado de maneira mecânica (5) que é arranjado no braço de derivação de um circuito ponte cuja corrente de armadura é pré-ajustada por um dispositivo de comutação atuado de maneira eletromecânica (28),

- que tem uma unidade de controle e análise (17) que analisa a ondulação de corrente (3) presente na corrente de armadura (2) e atribuível à comutação mecânica,

caracterizado pelo fato de,

- um sinal de realimentação de tensão de contato (9, 10) ser alimentado de volta para a unidade de controle e análise (17) por meio de um circuito de realimentação (20) a partir de cada contato de comutação (6, 7) do dispositivo de comutação (28), e

- a unidade de controle e análise (17) determinar um intervalo de tempo de vibração de contato (4) utilizando o no mínimo um sinal de realimentação de tensão de contato (9, 10) e realizar uma análise da ondulação de corrente (3) durante este intervalo de tempo de vibração de contato (4), no qual uma análise da ondulação de corrente com base nas vibrações de contato, provocadas por uma operação de comutação de no mínimo um dos contatos de comutação (6, 7) não é possível.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de

o dispositivo de comutação (28) ser formado por um relé de troca como um primeiro contato de comutação (6) e um segundo contato de comutação (7),

a partir do primeiro contato de comutação (6) um primeiro sinal de realimentação de tensão de contato (9), e

a partir do segundo sinal de comutação (7) um segundo si-

nal de realimentação de tensão de contato (10) ser realimentado para a unidade de controle e análise (17).

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de a partir do primeiro sinal de realimentação de tensão de contato (9) um ponto de início (T1) do intervalo de tempo de vibração de contato (4) ser determinado e um ponto final T2 do intervalo de tempo de vibração de contato (4) ser determinado a partir do segundo sinal de realimentação de tensão de contato (10).

4. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de um ponto de início de tempo (T1) e um ponto de tempo final (T2) do intervalo de tempo de vibração de contato (4) serem determinados seja a partir do primeiro sinal de realimentação de tensão de contato (9) ou a partir do segundo sinal de realimentação de tensão de contato (10).

5. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de um ponto de tempo de início (T1) ser determinado a partir de um sinal de controle (11, 12) gerado pela unidade de controle e análise (17) e alimentado para o dispositivo de comutação (28) e um ponto de tempo final (T2) do intervalo de tempo de vibração de contato (4) ser determinado a partir de um primeiro ou segundo sinal de realimentação de tensão de contato (9, 10) designado para este sinal de controle (11, 12).

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de a análise da ondulação de corrente ser realizada por meio de um dispositivo de análise (16) que inclui um algoritmo de análise contido na unidade de controle e análise (17).

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de a operação do algoritmo de análise ser ativada pela mudança no estado de comutação de no mínimo um contato de comutação (6, 7) e ser utilizada durante a análise como um parâmetro de uma velocidade de rotação, que foi determinada antes da operação de comutação.

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de a unidade de controle e análise (17) amostrar cada sinal de realimentação de tensão de contato (9, 100) em intervalos de tempo periódicos, especialmente em intervalos de tempo de menos do que 200  $\mu$ s.

9. Método de acordo com a qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de um sinal de realimentação de corrente (18) que é retirado em uma derivação (8) ser fornecido para a unidade de controle e análise (17).

FIG 1

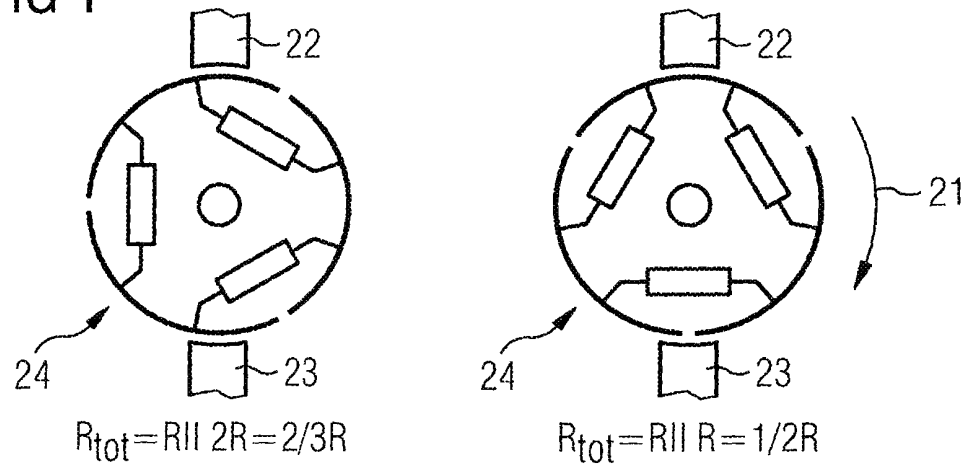


FIG 2

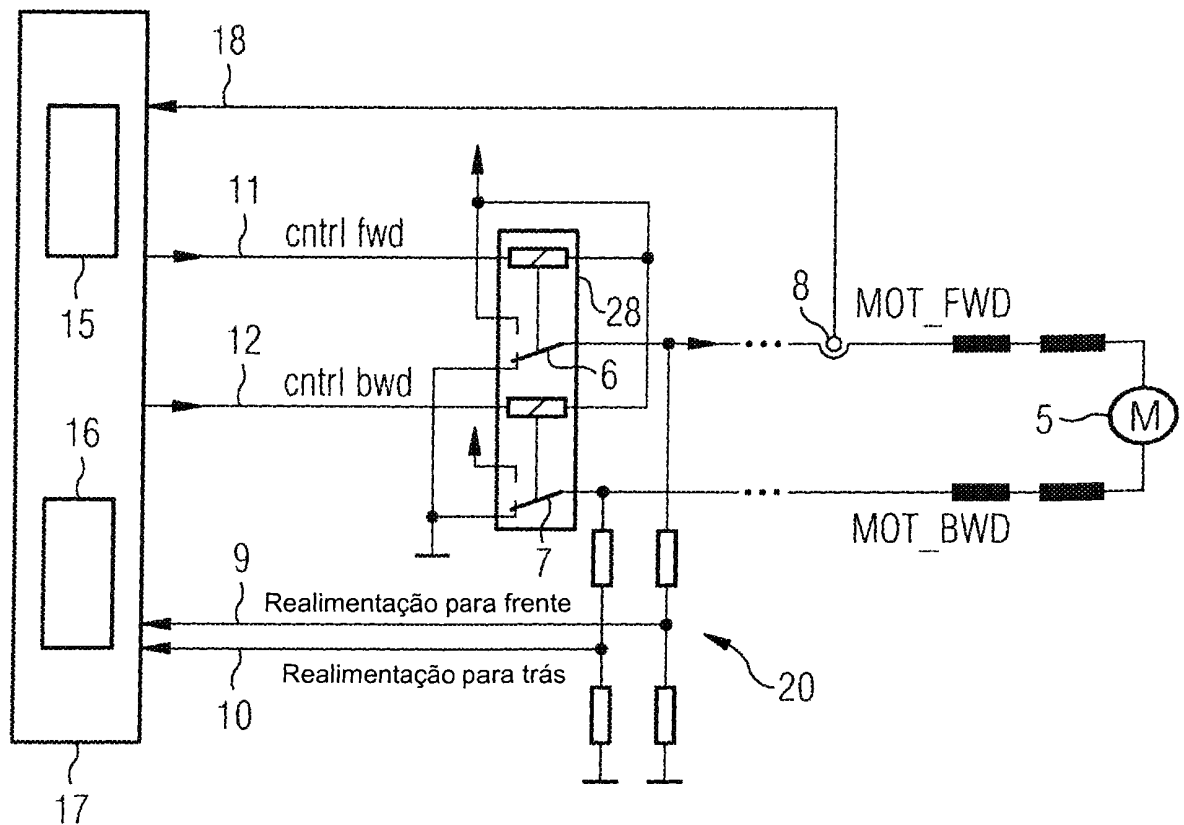


FIG 3

Medição 1 de 1

Comprimento de registro 130.972 amostras

A DC Freqüência de amostragem 500,00 kS/500@12 bits

V DC

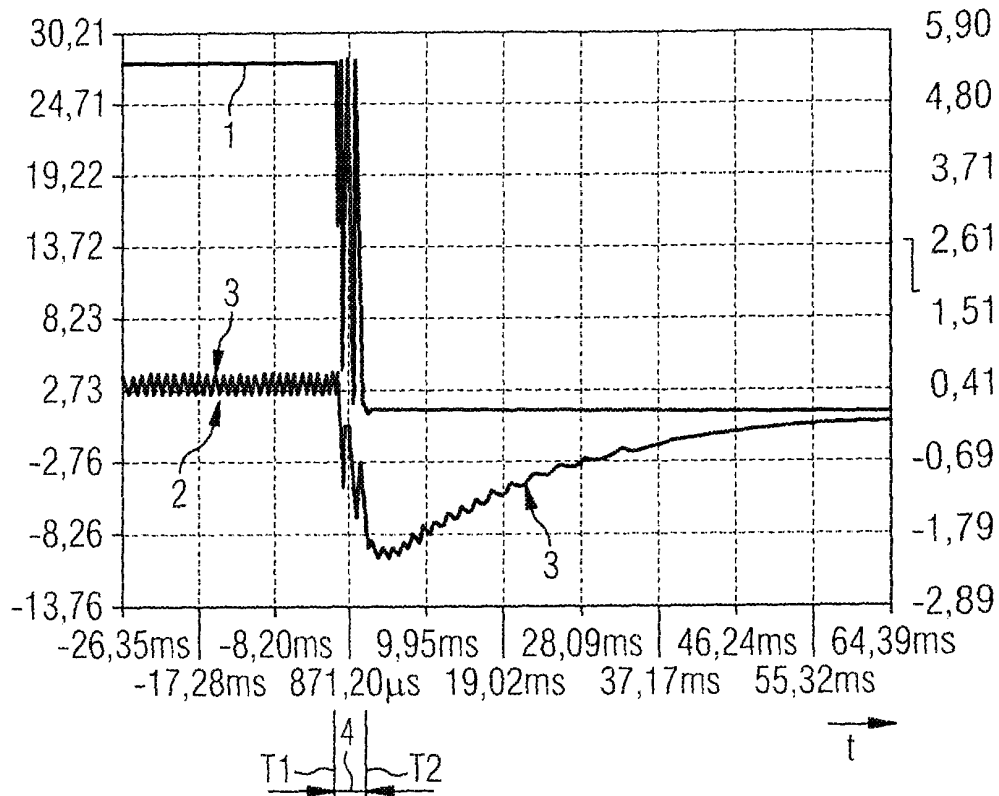


FIG 4

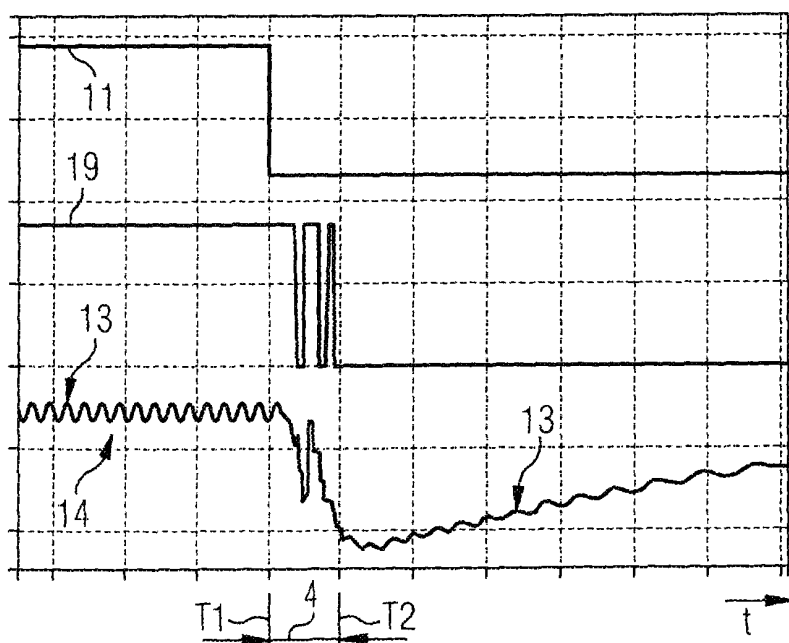


FIG 5

Frenagem

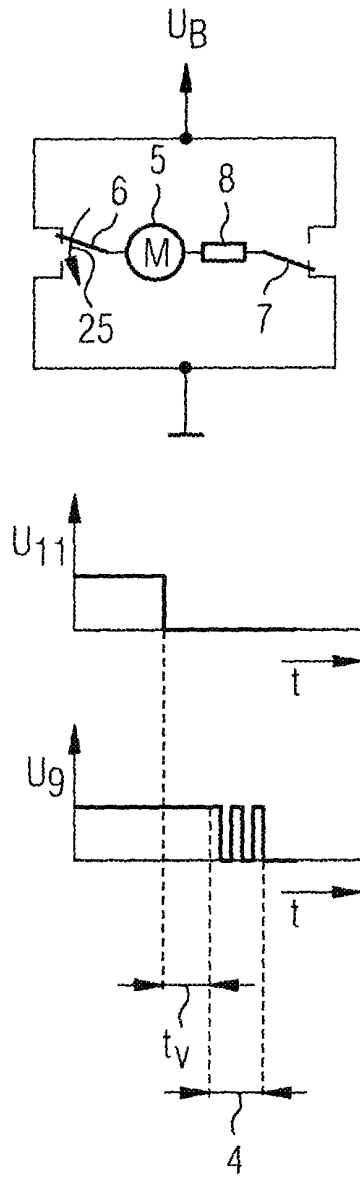


FIG 6

Avanço

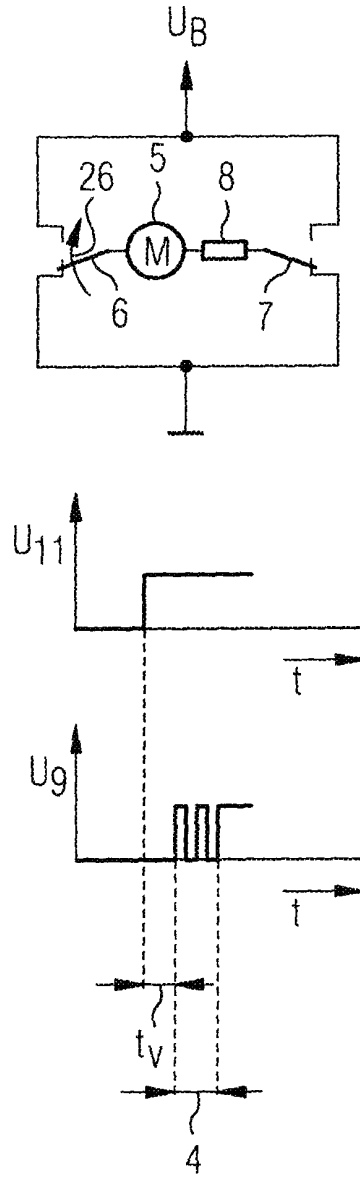


FIG 7

Reversão

