



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

(21) **PI 0714883-6 A2**



(22) Data de Depósito: 04/07/2007  
(43) Data da Publicação: 07/05/2013  
(RPI 2209)

(51) *Int.Cl.:*  
H02P 27/06  
H02P 27/08

(54) **Título:** PROCESSO E DISPOSIÇÃO DE CIRCUITO PARA SUPRIMENTO CONTÍNUO DE CORRENTE A UM MOTOR ELÉTRICO SEM ESCOVA

(30) **Prioridade Unionista:** 14/07/2006 DE 10 2006 032 705.5

(73) **Titular(es):** Siemens VDO Automotive AG

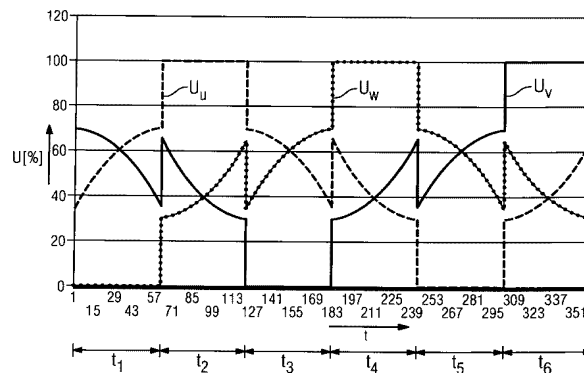
(72) **Inventor(es):** Johannes Schwarzkopf

(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT EP2007056711 de 04/07/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/006745de 17/01/2008

(57) **Resumo:** PROCESSO E DISPOSIÇÃO DE CIRCUITO PARA SUPRIMENTO CONTÍNUO DE CORRENTE A UM MOTOR ELÉTRICO SEM ESCOVA. A presente invenção refere-se a um controle de um motor elétrico sem escova com vários enrolamentos de fase (21, 22, 23) bem como a uma disposição de circuito (1) para isso apropriada. O decurso temporal dos potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) é então respectivamente produzido por comutação passo a passo entre um potencial baixo e um potencial alto, sendo que ao menos um dos potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) é produzido constantemente por intervalos de tempo sem variação mediante comutação para um dos potenciais elétricos, e sendo que os demais potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) são produzidos por alteração em adaptação ao tempo. Está então previsto que no decurso temporal os potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) sejam produzidos em função da magnitude da respectiva corrente de terminal associada de modo constante alternadamente. São assim reduzidas as perdas de contato.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO E DISPOSIÇÃO DE CIRCUITO PARA SUPRIMENTO CONTÍNUO DE CORRENTE A UM MOTOR ELÉTRICO SEM ESCOVA**".

5 A presente invenção refere-se a um processo para suprimento contínuo de corrente de um motor elétrico sem escova com vários enrolamentos de fase, sendo que o decurso temporal dos potenciais de terminal é então respectivamente produzido por comutação passo a passo entre um potencial baixo e um potencial alto, sendo que ao menos um dos potenciais de terminal é produzido constantemente por intervalos de tempo sem varia-

10 ção mediante comutação para um dos potenciais elétricos, e sendo que os demais potenciais de terminal são produzidos por alteração em adaptação ao tempo. A invenção refere-se, ainda, a uma disposição de circuito, que é executada para um tal suprimento de corrente de um motor elétrico sem escova com vários enrolamentos de fase.

15 Sabe-se que, motores elétricos sem escova são de tal maneira ativados por ativação alternada dos enrolamentos de fase que resulta um campo magnético rotativo, que provoca um torque entre o estator e o rotor do motor elétrico. Para tanto, um tal motor elétrico contém ao menos dois enrolamentos de fase, frequentemente três, que ficam dispostos defasados a

20 um ângulo entre si com relação ao eixo do rotor. As bobinas e com isso o campo magnético rotativo são frequentemente associados ao estator do motor elétrico, enquanto que o rotor abrange um ímã permanente.

Para a produção do campo magnético rotativo, é necessário um determinado decurso temporal dos potenciais de terminais aplicados aos

25 terminais dos enrolamentos de fase. Para tanto são empregados conversores, que comutam de modo inteligente entre um potencial elétrico baixo e um alto de um circuito de tensão contínua ou circuito intermediário, com o que são produzidos os potenciais de terminal desejados e as correntes necessárias para o acionamento do motor elétrico nos enrolamentos de fase. A cada

30 adução a um terminal ou a um enrolamento de fase do motor elétrico é então associado um par de comutadores, especialmente transistores, por exemplo, MOSFET's, ou semicondutores de alta potência, por exemplo, IGBT's, que

permitem uma comutação entre os dois potenciais do circuito de tensão contínua. Dessa maneira, o decurso temporal dos potenciais de terminal é produzido respectivamente por comutação passo a passo entre um potencial elétrico baixo e um alto.

5 Um processo do tipo mencionado no início para o suprimento contínuo de corrente de um motor elétrico sem escova com vários enrolamentos de fase é conhecido da dissertação “Microcomputers for the fully digital control of permanent-magnet synchronous servomotors”, Hans-Christian Reuss, Technische Universität Berlin, 1989. Ali, a partir de um suprimento contínuo senoidal, para um motor elétrico sem escova com três 10 enrolamentos de fase em conexão em estrela, é descrito um processo em que com variação do potencial de ponto neutro respectivamente o potencial de terminal com o valor respectivamente menor é associado ao potencial neutro.

15 São assim reduzidas as necessárias mudanças de comutação entre o potencial alto e o potencial baixo do circuito de tensão contínua, pois no enrolamento de base com o potencial de terminal respectivamente mais baixo são dispensadas as operações de comutação. Dessa maneira, em comparação com um controle convencional com um decurso simétrico dos 20 potenciais de terminal podem ser geradas tensões de fase mais altas, isto é, tensões decrescentes além de um enrolamento de fase, da diferença de potencial do circuito de tensão contínua.

Constitui objetivo da invenção desenvolver um processo para o suprimento contínuo de corrente de um motor elétrico sem escova do tipo 25 mencionado no início de tal maneira que possam ser reduzidas as perdas de conexão. Ademais, constitui objetivo da invenção indicar uma disposição de circuito apropriada para a execução desse processo.

O objetivo primeiramente mencionado é alcançado por um processo do tipo mencionado no início, segundo a invenção, pelo fato de que no 30 decurso temporal os potenciais de terminal são produzidos em função da magnitude da respectiva corrente de terminal associada de modo constante alternadamente.

Em uma primeira etapa, a invenção parte do reconhecimento de que durante o controle do motor elétrico sem escova ocorrer perdas de conexão no conversor. Sendo por exemplo desligado um MOSFET, este não passa abruptamente, mas sim continuamente, a um estado de alta impedância. Impulsionada por indutores, a corrente flui adiante em nível aproximadamente constante. Há potência dissipada. Há igualmente potência dissipada quando a tensão em queda ascende em tal medida que uma corrente flui por um diodo de curso livre. No total resulta no conversor por operação de comutação uma energia de perda que é proporcional à corrente. O fator de proporcionalidade é então essencialmente dependente da velocidade de comutação e da tensão de circuito intermediário. As perdas de comutação têm por consequência uma redução do grau de eficácia e um aumento do aquecimento próprio. Isso é especialmente desvantajoso quando o motor elétrico sem escova é utilizado em um ambiente quente, como por exemplo no compartimento de motor de um veículo automotor. Ademais, a comutação provoca transientes com frações de frequência elevadas, que têm um efeito negativo sobre a compatibilidade eletromagnética.

Em uma segunda etapa, a invenção parte da consideração de que o potencial não é relevante para a potência do motor elétrico. Independentemente do potencial absoluto ajustado, o motor elétrico aplicará a mesma potência ou velocidade de rotação, na medida em que sejam mantidas as tensões de fase ou as diferenças de potencial entre os terminais. Permanecendo inalteradas as tensões de fase, então fluem as mesmas correntes de motor, de modo que o grau de torque ou eficácia do motor elétrico permanece inalterado. Os potenciais de terminal podem, portanto, ser alterados sem influência sobre as grandezas do motor, enquanto forem conservadas as tensões de fase ou as diferenças de potencial entre os terminais.

Pela seleção específica do potencial de terminal a ser produzido constantemente em função da corrente de terminal associada, isto é, daquela corrente que flui pelo correspondente terminal de motor, é assim possibilitada maior redução das perdas de comutação sem influência das grandezas características do motor elétrico. É constantemente produzido respectiva-

mente aquele potencial de terminal que está associado à respectivamente máxima corrente de terminal. Como a energia de perda provocada pelas operações de comutação é proporcional à corrente, obtém assim no total uma minimização da energia de perda. A corrente de terminal pode então ou ser  
5 derivada medidamente de outras grandezas elétricas, como por exemplo a tensão de fase, ou pressuposta teoricamente.

Além da possibilidade da redução da potência de perda, a invenção proporciona ainda a vantagem de que se reduz a fração de corrente alternada no circuito de tensão contínua. Pode, portanto, ser dimensionado  
10 menor um condensador de circuito intermediário empregado para equalização, o que é favorável em custo. Como a ondulação de corrente no circuito de tensão contínua é reduzido, não mais têm efeito tão intenso as perturbações de potência também presentes.

A adaptação dos outros potenciais de terminal pode ser realizada em correspondência a decursos de tensão de fase predeterminados ou  
15 terminais predeterminados ou decursos de corrente de fase.

Em uma outra configuração vantajosa, partindo de uma variação do tempo de todos os potenciais de terminal é determinado respectivamente o potencial regular, e sendo que o potencial de terminal constantemente  
20 produzido é comutado respectivamente para o potencial mais próximo do correspondente potencial regular. Por potencial regular se entende então aquele potencial que deveria ser ajustado com tempo predeterminado da troca entre potencial alto e baixo de todos os potenciais de terminal em correspondência a um decurso de corrente predeterminado. Essa configuração  
25 proporciona a vantagem de que os demais potenciais de terminal podem ser produzidos com ótimo aproveitamento da tensão de circuito intermediário mediante tempo variado para obtenção das tensões de fase.

Convenientemente, respectivamente o potencial de terminal é produzido constantemente com o valor máximo ou mínimo do correspondente  
30 potencial regular. Essa configuração se baseia no reconhecimento de que, em primeira aproximação, a máxima corrente de motor flui por aquele enrolamento de motor no qual está aplicado o máximo potencial de terminal. As

perdas de comutação são então minimizadas quando, a partir de uma variação do tempo de todos os potenciais de terminal com igual decurso temporal das tensões de fase, é produzido constantemente o potencial de terminal, apresentaria temporariamente o correspondente máximo ou mínimo potencial regular. Obtém-se assim, sem medição direta da corrente de terminal, uma redução das perdas de comutação em comparação com o estado atual da técnica.

Vantajosamente, partindo do máximo ou mínimo potencial regular associado, é produzido constantemente o potencial de terminal, ao qual está associada a máxima corrente de terminal. A decisão de qual potencial de terminal é constantemente produzido depende então da efetiva corrente de terminal. Nessa medida, pode ser ainda mais reduzida a potência dissipada.

Vantajosamente, o decurso temporal dos potenciais de terminal é produzido respectivamente por meio de modulação de amplitude de pulso. Com a modulação de amplitude de pulso (abreviadamente: PWM) é variado o tempo de ligação e desligamento de um sinal retangular com frequência de base fixa. Pela duração do tempo de ligação pode então ser variada para um consumidor indutivo a tensão aplicada em média. Sendo ligado o sinal retangular, por exemplo apenas a metade do tempo total disponível, então o consumidor vê em média apenas a metade da tensão aplicada durante o tempo de ligação. Para produção do decurso temporal dos potenciais de terminal durante um tempo DWM são conservados por duração distinta os distintos estados de comutação de um correspondente meio de comutação para comutação entre o potencial elétrico baixo e o alto do circuito de tensão contínua.

Para ativação do motor elétrico se pode recorrer por exemplo a um conversor PMW. No caso da ativação de um motor elétrico usual, apresentando três enrolamentos de fase, o requerido conversor apresenta, com um controle usual, para cada um dos três condutos respectivamente dois comutadores ou transistores, que comutam em vaivém o conduto alternadamente entre os dois potenciais de um circuito de tensão contínua. Como

no decurso temporal dos potenciais de terminal respectivamente ao menos um dos potenciais de terminal é mantido constante por um intervalo de tempo, para a ativação do conversor PWM se pode recorrer a um microcontrolador, que apresente menos saídas PWM. Assim, por exemplo para um motor elétrico apresentando três enrolamentos de fase, com uma ativação convencional é necessário um microcontrolador, que apresente ao menos três saídas PWM. Sendo o motor elétrico ativado como prescrito, então apenas um microcontrolador é necessário, que apresente duas saídas PWM. No total são reduzidos os custos para os componentes necessários.

10 A invenção não está restrita a determinados decursos de tempo dos potenciais de terminal. Especialmente, os decursos temporais dos potenciais de terminal podem ser em forma de trapézio ou triângulo. Vantajosamente, os potenciais de terminal pelo tempo são produzidos, contudo, respectivamente em forma senoidal. Isso permite uma otimização do grau de  
15 eficácia de um motor elétrico sem escova. Com um motor elétrico apresentando três enrolamentos de fase, os potenciais de terminal senoidais são então respectivamente defasados em  $120^\circ$ . Com isso é produzido o campo rotativo magnético necessário.

O segundo objetivo mencionado é alcançado por uma disposição de circuito, que abrange um circuito intermediário de tensão contínua e um circuito de alimentação conectado entre um conduto de adução e um conduto de retorno, conectável respectivamente aos terminais dos enrolamentos de fase do motor elétrico, contendo meios de comutação, sendo que os meios de comutação são previstos para a comutação passo a passo dos  
20 terminais entre conduto de adução e conduto de retorno, segundo a invenção, caracterizada por uma unidade de controle para ativação dos meios de comutação em correspondência ao processo segundo uma das reivindicações precedentes.

Vantajosamente, então o circuito de alimentação é projetado para modulação de amplitude de pulso dos potenciais de terminal.  
30

Exemplos de execução da invenção serão descritos detalhadamente com auxílio de um desenho. Mostram então:

Figura 1 – esquematicamente, uma disposição de circuito para ativação de um motor elétrico sem escova,

figura 2 – esquematicamente, uma conexão em estrela de três enrolamentos de fase de um motor elétrico,

5                    figura 3 – um decurso senoidal dos potenciais de terminal de um motor elétrico com três enrolamentos de fase,

                    figura 4 – um decurso dos potenciais de terminal para um motor elétrico com três enrolamentos de fase, sendo que respectivamente um dos potenciais de terminal está traçado em potencial baixo e

10                    figura 5 – um decurso dos potenciais de terminal para um motor elétrico com três enrolamentos de fase, sendo que os potenciais de terminal estão projetados constantes respectivamente alternadamente para um segmento temporal predeterminado para o potencial baixo ou alto de um circuito intermediário de tensão contínua.

15                    Na figura 1 está representada esquematicamente uma disposição de circuito 1 para ativação de um motor elétrico sem escova com três enrolamentos de fase. A disposição de circuito 1 abrange um circuito intermediário de tensão contínua 3 alimentado por um condensador com um conduto de adução 5 e com um conduto de retorno 6. O conduto de adução  
20 5 se encontra então em um potencial alto (HIGH) e o conduto de retorno 6 em um potencial baixo (LOW), a saber, massa. Para manter tão baixa quanto possível a ondulação de corrente no conduto de adução 5 e tão constante quanto possível a tensão do circuito intermediário de tensão contínua 3, no circuito intermediário de tensão contínua 3 estão incorporados um condensador 7 e um indutor 8. Entre o conduto de adução 5 e o conduto de retorno  
25 6 do circuito intermediário de tensão contínua 3 está conectado um conversor 10 para a comutação passo a passo entre o potencial elétrico baixo e o alto.

30                    Para a produção dos potenciais de terminal para os enrolamentos de fase do motor elétrico, o conversor 10 apresenta respectivamente pares de comutadores 11a, 11b bem como 12a, 12b e 13a, 13b executados como transistores, especialmente como MOSFET's. Cada um desses comu-

tadores 11a, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b está conectado em ponte com diodos de curso livre 15 dirigidos contra a direção de corrente. Entre os pares de comutadores 11a, 11b bem como 12a, 12b e 13a, 13b estão conectados respectivamente um primeiro conduto de adução 16, um segundo conduto de adução 17 e um terceiro conduto de adução 18. Esses condutos de adução 16, 17, 18 estão unidos em operação com os terminais do motor elétrico. Os enrolamentos de fase do motor elétrico são então conectados especialmente em forma de estrela.

Para a comutação passo a passo dos terminais entre conduto de adução 5 e conduto de retorno 6 e, assim, entre o potencial alto e o baixo do circuito intermediário de tensão contínua 3, os comutadores 11a, 11b bem como 12a, 12b e 13a, 13b são abertos e comutados alternadamente. Estado os comutadores 11a, 12a e 13a fechados, então os correspondentes terminais do motor pelo condutos de adução 16, 17 e 18 se encontram no potencial alto do conduto 5. Os comutadores 11b, 12b e 13b estão então abertos. Quando, pelo contrário, os comutadores 11b, 12b e 13b estão fechados e os comutadores 11a, 12a e 13a abertos, então os terminais de motor pelos correspondentes condutos de adução 16, 17 e 18 se encontram no potencial baixo do conduto de retorno 6. Com os, ao todo seis, comutadores 11a, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b podem ser obtidos ao todo oito estados de circuito, em que cada um dos terminais do motor elétrico se encontra ou no potencial alto ou no potencial baixo. Em seus estados de circuito, respectivamente um dos terminais do motor se encontra em outro potencial com relação aos outros dois terminais.

Por uma variação passo a passo dos estados de circuito pode ser produzido o desejado decurso temporal dos potenciais de terminal para ativação do motor elétrico, de modo que o rotor do motor elétrico gira. Para a ativação do conversor 10 é empregada uma unidade de controle 19 em forma de um microcontrolador, que apresenta saídas PWM, que emitem como sinal PWM um sinal representando a relação de contato respectivamente desejada entre um tempo de ligação e desligamento. Com esse sinal PWM, dentro de um tempo PWM predeterminado são ativados respectivamente os

comutadores 11a, 11b, 12a, 12b, 13a e 13b para produção do decurso temporal desejado dos potenciais de terminal. Com aproveitamento adequado das saídas PWM do microcontrolador, para a ativação de um motor elétrico com enrolamentos de fase é necessário ao menos um microcontrolador, que apresente  $n$  saídas PWM. Quando da ativação segundo o processo anteriormente descrito, pode ser dispensada uma saída PWM para o microcontrolador. Assim, por exemplo, para um motor elétrico com três enrolamentos de fase é necessário um microcontrolador, que apresente duas saídas PWM. Isso significa que durante uma revolução do rotor do motor elétrico sempre um dos potenciais de terminal é mantido constante por um certo segmento de tempo. Durante esse segmento de tempo não é necessária uma ativação PWM.

Na figura 2 está esquematicamente representado um circuito em estrela 20 para um motor elétrico com três enrolamentos de fase 21, 22 e 23. Pelo circuito em estrela apresenta o motor elétrico, por conseguinte, um primeiro, segundo e terceiro terminal 25, 26 e 27, em que se encontra respectivamente um potencial de terminal para a ativação.

Os enrolamentos de motor 21, 22 e 23 de um assim chamado motor elétrico trifásico são designados em geral também com as letras U, V e W. Correspondentemente, nos terminais 25, 26 e 27 se encontram os potenciais  $U_u$ ,  $U_v$  e  $U_w$ . No ponto neutro resulta a assim chamada tensão neutra  $U_s$ . Nos enrolamentos de fase individuais 21, 22 e 23, como diferença entre o potencial do ponto neutro e os respectivos terminais 25, 26 ou 27, incide respectivamente uma tensão de fase  $U_{su}$ ,  $U_{sv}$  ou  $U_{sw}$ . Entre os terminais 25, 26 e 27 resulta como diferença dos potenciais de terminal respectivamente uma tensão diferencial  $U_{vu}$ ,  $U_{wv}$  ou  $U_{uw}$ . As tensões diferenciais  $U_{vu}$ ,  $U_{wv}$  e  $U_{uw}$  representam também uma medida para as respectivas tensões de fase  $U_{su}$ ,  $U_{sv}$  ou  $U_{sw}$ . Em outras palavras, pela formação de diferença dos potenciais de terminal  $U_u$ ,  $U_v$  e  $U_w$  também podem ser concluídas as tensões de fase  $U_{su}$ ,  $U_{sv}$  e  $U_{sw}$ .

Na figura 3 está representado o decurso temporal dos potenciais de terminal  $U_v$ ,  $U_u$  e  $U_w$  para os terminais de um motor elétrico sem escova

trifásico. Na abscissa está registrado o tempo  $t$  e na ordenada o valor do potencial  $U$  em percentagem do alto potencial do circuito intermediário de tensão contínua 3 segundo a figura 1.

Os três potenciais de terminal  $U_v$ ,  $U_u$  e  $U_w$  apresentam respectivamente um decurso temporal senoidal, e são respectivamente defasados entre si em  $120^\circ$ . Com uma ativação desse tipo resulta nos enrolamentos do motor respectivamente uma corrente senoidal contínua.

Com uma ativação regular de um motor elétrico trifásico, as amplitudes dos potenciais de terminal  $U_v$ ,  $U_u$  e  $U_w$  se movem em torno de um valor de 50% do potencial alto. Em outras palavras, com uma ativação convencional em um motor elétrico com um circuito em estrela segundo a figura 2, no ponto neutro é ajustado um potencial médio de 50% do potencial alto ou com relação à massa uma tensão correspondente. O potencial de ponto neutro permanece então constante pelo tempo.

No caso representado, o potencial de ponto neutro cai para 40%. Isso ocorre por ativação passo a passo correspondentemente variada dos comutadores 11a, 11b, 12a, 12b e 13a e 13b do conversor 10 segundo a figura 1. As grandezas características de motor não são assim alteradas, pois as tensões de fase, que podem ser determinadas especialmente também de uma diferença dos potenciais de terminal  $U_v$ ,  $U_u$  e  $U_w$ , permanecem inalteradas.

Na figura 4 está representado o decurso temporal dos potenciais de terminal  $U_v$ ,  $U_u$  e  $U_w$ , sendo que com relação ao decurso segundo a figura 3 o respectivamente mais baixo dos potenciais de terminal  $U_v$ ,  $U_u$  e  $U_w$  se encontra no potencial nulo ou massa. O correspondente comutador 11b, 12b e 13b do conversor 10 segundo a figura 1 permanece então constantemente fechado. Para que as correntes de enrolamento ou as tensões de enrolamento não se alterem, os, respectivamente, outros potenciais de terminal são correspondentemente adaptados por uma ativação passo a passo variada. Resulta assim o decurso temporal visto na figura 4. No total, então, são reduzidas as operações de comutação para a ativação do motor elétrico. A diferença entre os distintos potenciais de terminal  $U_v$ ,  $U_u$  e  $U_w$  permanecem

inalterados em comparação com o decurso temporal representado na figura 3. Por conseguinte, por uma ativação do motor elétrico segundo a figura 4 não são alteradas as grandezas características do motor. Todavia, o potencial de ponto nulo não mais permanece constante pelo tempo.

5 Na figura 5 está agora representado o decurso temporal dos potenciais de terminal  $U_u$ ,  $U_w$  e  $U_v$ , sendo que para minimizar as perdas de circuito no decurso temporal é comutado respectivamente o potencial de terminal em que se encontra o potencial elétrico baixo ou o alto do circuito intermediário de tensão contínua segundo a figura 1, que quando de uma  
10 variação da ativação passo a passo de todos os potenciais  $U_u$ ,  $U_v$  e  $U_w$  com igual decurso temporal das tensões de fase apresenta o potencial regular respectivamente mais alto ou mais baixo que pode ser depreendido dos potenciais de terminal  $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$  segundo a figura 3.

No caso próximo à realidade, no enrolamento de fase com a  
15 máxima corrente de enrolamento está aplicado ou o máximo ou o mínimo potencial de terminal. Teoricamente resulta quando de uma ativação do motor elétrico segundo a figura 5 uma redução em 50% das perdas por dissipação relativamente a uma ativação convencional. No mais desfavorável caso de uma distribuição de corrente resulta uma redução das perdas por dissipação  
20 em ao menos 35% em comparação com uma ativação convencional.

Comparando-se a figura 5 com a figura 3, é visto o decurso temporal dos potenciais de terminal  $U_u$ ,  $U_v$  e  $U_w$  representado na figura 5. No segmento de tempo  $t_1$ , o potencial regular  $U_w$  tem o menor valor em correspondência à figura 3. O potencial imediatamente seguinte é o potencial baixo  
25 de massa. Por conseguinte, o potencial de terminal  $U_w$  é aí estabelecido no potencial baixo de massa. No segmento de tempo  $t_2$ , o potencial regular  $U_u$  segundo a figura 3 tem o valor máximo. O potencial imediatamente seguinte é o potencial alto. Por conseguinte, o potencial de terminal  $U_u$  é comutado para o segmento de tempo  $t_2$  para o potencial alto. Correspondentemente,  
30 no segmento de tempo  $t_3$  o potencial de terminal  $U_v$  é comutado para o potencial baixo, no segmento de tempo  $t_2$  o potencial de terminal é comutado para o potencial alto, no segmento de tempo  $t_3$  o potencial de terminal é co-

mutado para o potencial baixo e no segmento de tempo  $t_4$  o potencial de terminal  $U_v$  é comutado para o potencial alto. Os respectivamente outros potenciais são adaptados por ativação passo a passo variada, de modo que o decurso temporal das tensões de fase ou das diferenças dos potenciais de terminal  $U_v$ ,  $U_u$  e  $U_w$  permanece inalterado.

Com uma ativação de um motor elétrico sem escova com três enrolamentos de fase com o decurso temporal dos potenciais de terminal  $U_u$ ,  $U_v$  e  $U_w$  representados na figura 5 se reduz ainda a ondulação de corrente no circuito intermediário de tensão contínua. Por conseguinte, o condensador de circuito intermediário pode ser dimensionado menor.

## REIVINDICAÇÕES

1. Processo para o suprimento contínuo de corrente de um motor elétrico sem escova com vários enrolamentos de fase (21, 22, 23), sendo que o decurso temporal dos potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) é então respectivamente produzido por comutação passo a passo entre um potencial baixo e um potencial alto, sendo que ao menos um dos potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) é produzido constantemente por intervalos de tempo sem variação mediante comutação para um dos potenciais elétricos, e sendo que os demais potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) são produzidos por alteração em adaptação ao tempo, caracterizado pelo fato de que no decurso temporal os potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) sejam produzidos em função da magnitude da respectiva corrente de terminal associada de modo constante alternadamente, e sendo que respectivamente é constantemente produzido o potencial de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ), ao qual está associada a corrente de terminal respectivamente máxima.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que partindo de uma variação do tempo de todos os potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) é determinado respectivamente o potencial regular, e sendo que o potencial de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) constantemente produzido é comutado respectivamente para o potencial mais próximo do correspondente potencial regular.

3. Processo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que respectivamente o potencial de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) é produzido constantemente com o valor máximo ou mínimo do correspondente potencial regular.

4. Processo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que, partindo do máximo ou mínimo potencial regular associado, é produzido constantemente o potencial de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ), ao qual está associada a máxima corrente de terminal.

5. Processo de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o decurso temporal dos potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) é produzido respectivamente por meio de modulação

de amplitude de pulso.

5 6. Disposição de circuito (1) para o controle de um motor elétrico sem escova com vários enrolamentos de fase (21, 22, 23) com um circuito de alimentação comutado no circuito intermediário de tensão contínua (3) e com um circuito conectado no circuito intermediário de tensão contínua (3) entre um conduto de adução (5) e um conduto de retorno (6), conectável respectivamente aos terminais (25, 26, 27) dos enrolamentos de fase (21, 22, 23) do motor elétrico, contendo meios de comutação, sendo que os meios de comutação são previstos para a comutação passo a passo dos terminais (25, 26, 27) entre conduto de adução (5) e conduto de retorno (6), caracterizada por uma unidade de controle (19) para ativação dos meios de comutação em correspondência ao processo segundo uma das reivindicações precedentes.

15 7. Disposição de circuito (1) de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que o circuito de alimentação é projetado para modulação de amplitude de pulso dos potenciais de terminal.

FIG 1

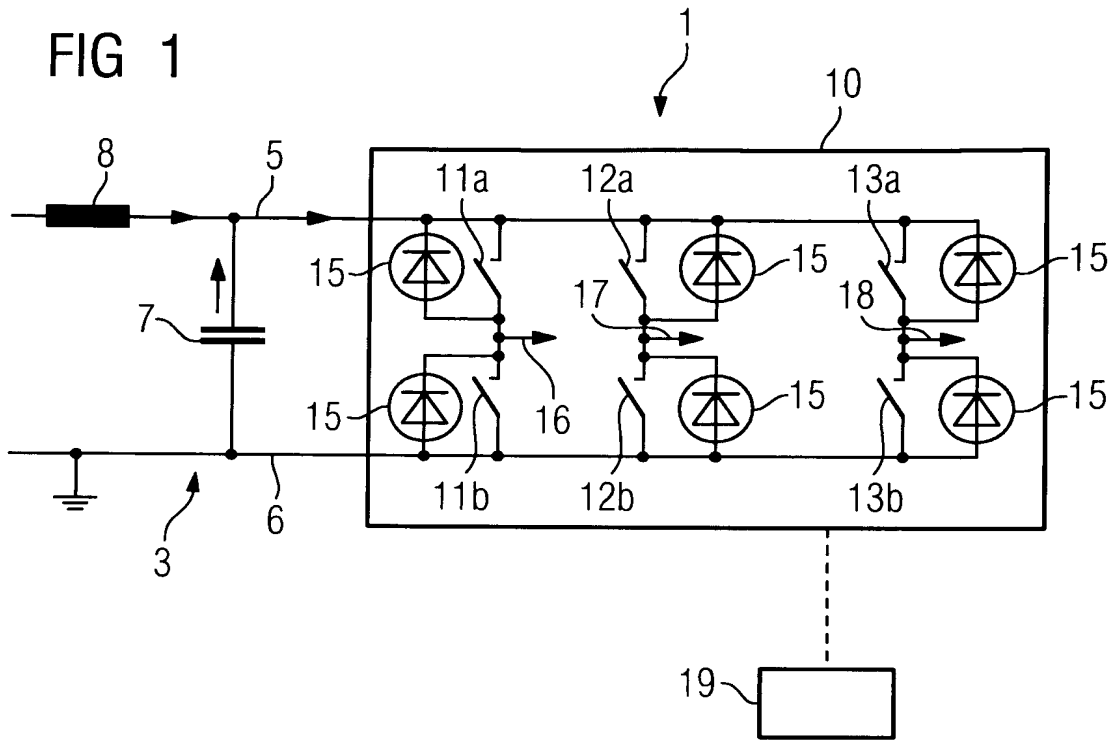


FIG 2

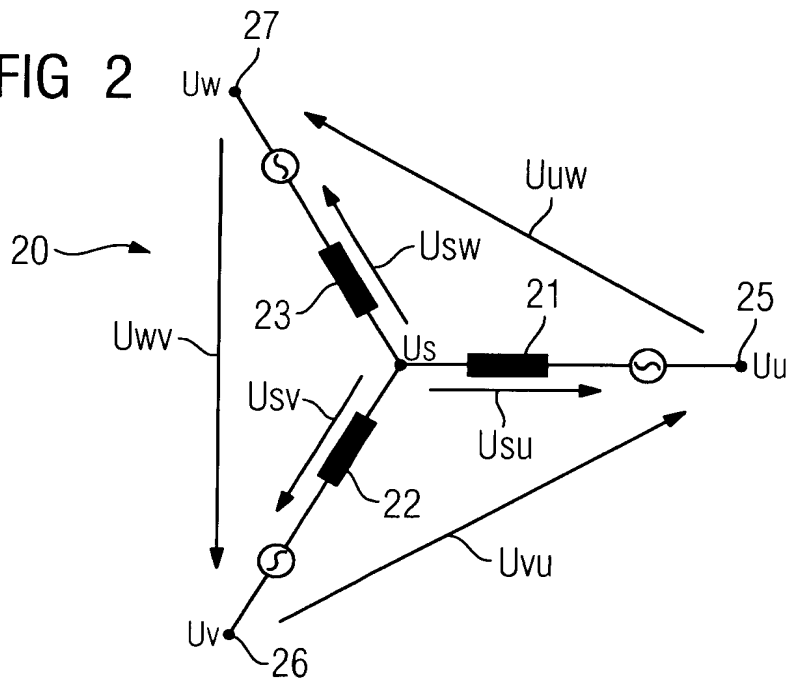


FIG 3

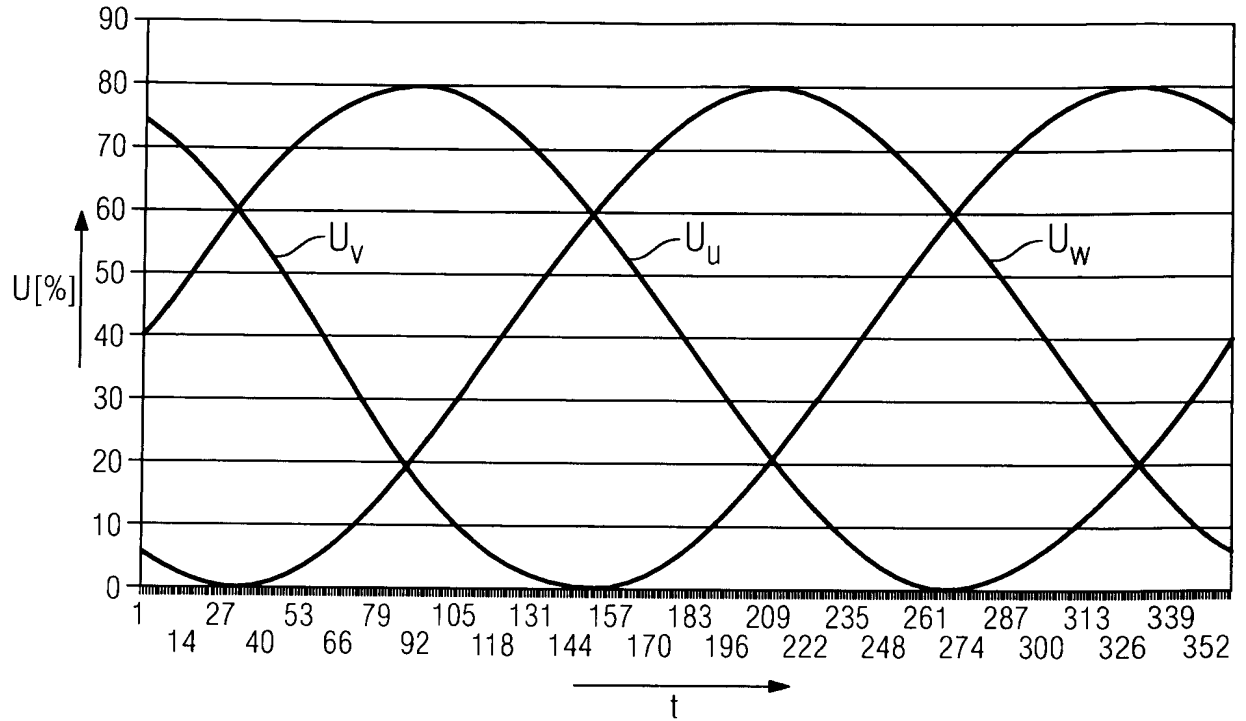


FIG 4

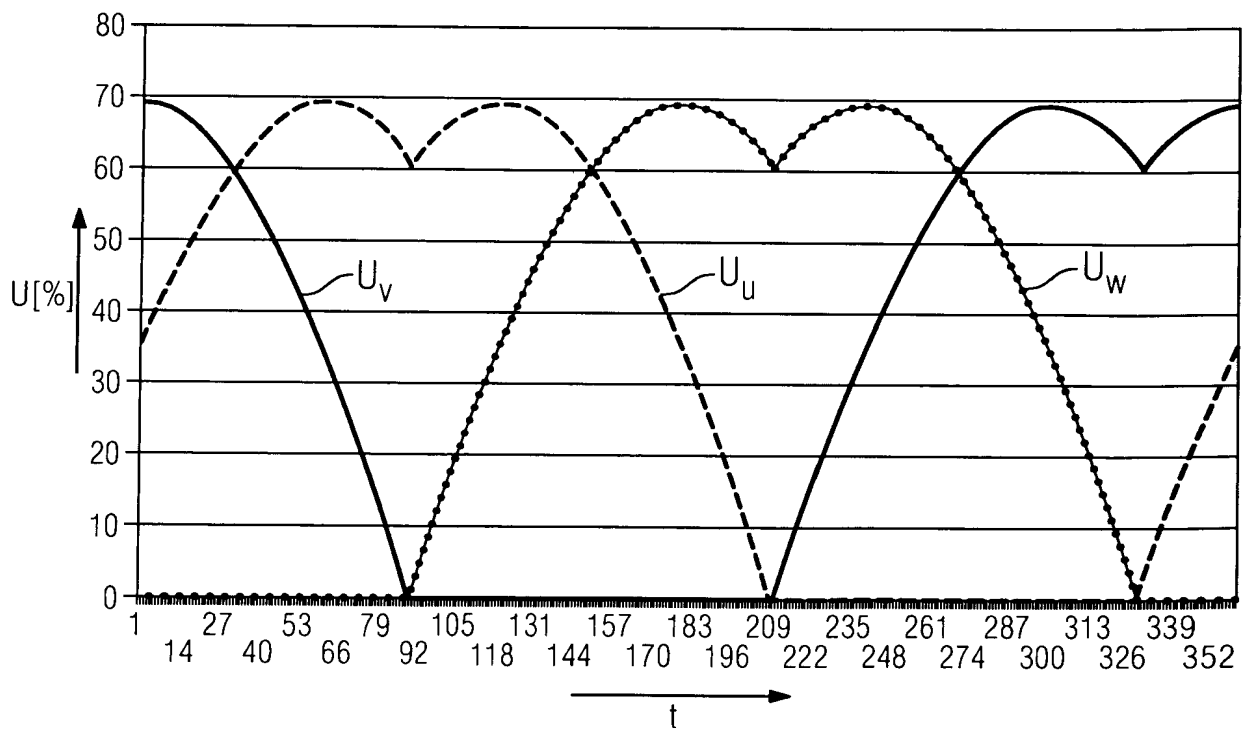
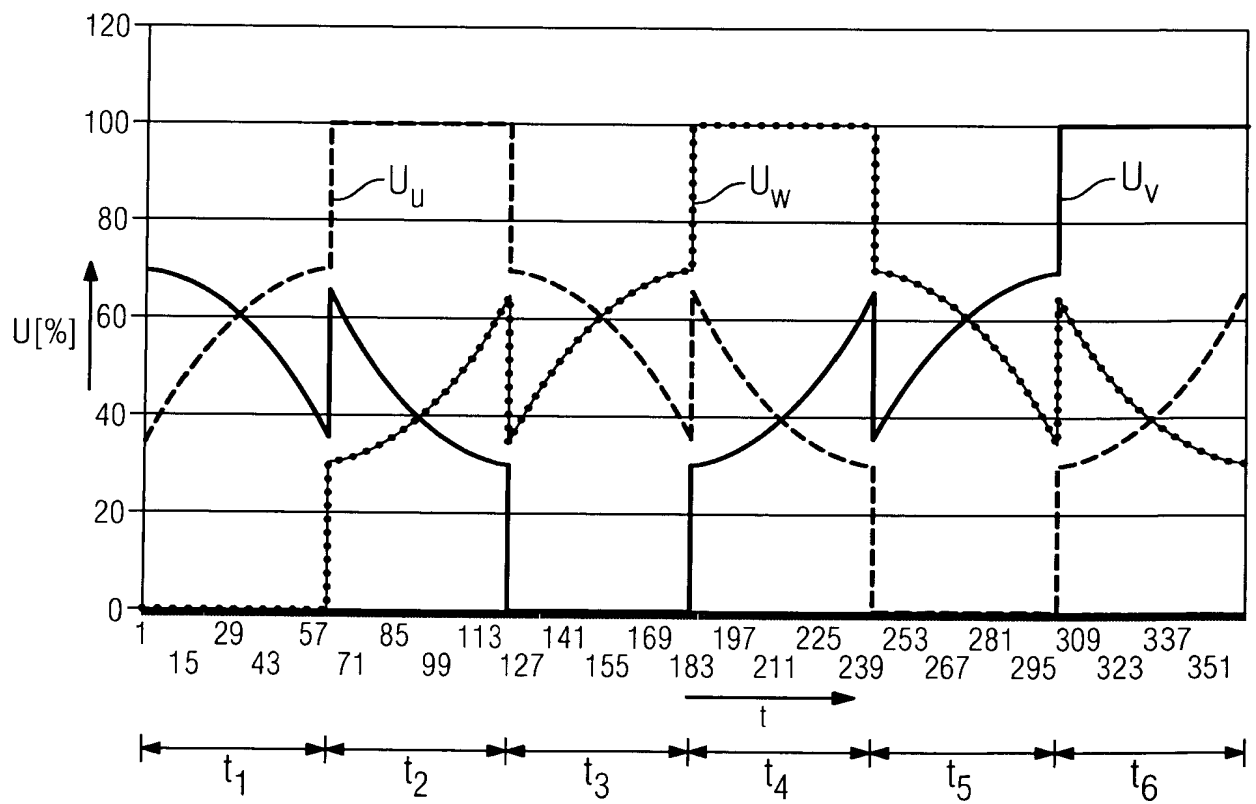


FIG 5



## RESUMO

Patente de Invenção: "**PROCESSO E DISPOSIÇÃO DE CIRCUITO PARA SUPRIMENTO CONTÍNUO DE CORRENTE A UM MOTOR ELÉTRICO SEM ESCOVA**".

5                   A presente invenção refere-se a um controle de um motor elétrico sem escova com vários enrolamentos de fase (21, 22, 23) bem como a uma disposição de circuito (1) para isso apropriada. O decurso temporal dos potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) é então respectivamente produzido por comutação passo a passo entre um potencial baixo e um potencial alto, sendo que ao menos um dos potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) é produzido  
10                   constantemente por intervalos de tempo sem variação mediante comutação para um dos potenciais elétricos, e sendo que os demais potenciais de terminal ( $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$ ) são produzidos por alteração em adaptação ao tempo. Está então previsto que no decurso temporal os potenciais de terminal ( $U_u$ ,  
15                    $U_v$ ,  $U_w$ ) sejam produzidos em função da magnitude da respectiva corrente de terminal associada de modo constante alternadamente. São assim reduzidas as perdas de contato.