



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

(11) BR 102012016610-0 B1



(22) Data do Depósito: 05/07/2012

(45) Data de Concessão: 29/09/2020

(54) Título: PROCESSO DE COMANDO DE UTILIZAÇÃO EM UM VARIADOR DE VELOCIDADE E VARIADOR DE VELOCIDADE

(51) Int.Cl.: H02P 21/00.

(30) Prioridade Unionista: 12/07/2011 FR 11 56347.

(73) Titular(es): SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS.

(72) Inventor(es): LUDOVIC KERMARREC; FRANÇOIS MALRAIT.

(57) Resumo: PROCESSO DE COMANDO APLICADO EM UM VARIADOR DE VELOCIDADE PARA CONTROLAR A DESACELERAÇÃO DE MOTOR ELÉTRICO, EM CASO DE CORTE DE ALIMENTAÇÃO. A presente invenção refere-se a um processo de comando utilizado em um variador de velocidade para controlar a desaceleração de um motor elétrico (M) em caso de corte de alimentação elétrica. O processo de comando comporta: - uma etapa de determinação das perdas por efeito joule a aplicar ao motor elétrico (M) e ao variador de velocidade, segundo uma rampa de desaceleração a aplicar ao motor elétrico (M), quando de um corte de alimentação elétrica; uma etapa de determinação da referência de fluxo (Q_{ref}) em função dessas perdas por efeito joule a aplicar ao motor elétrico (M) e ao variador de velocidade.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO DE COMANDO DE UTILIZAÇÃO EM UM VARIADOR DE VELOCIDADE E VARIADOR DE VELOCIDADE**".

Domínio Técnico da Invenção

[001] A presente invenção refere-se a um processo de comando aplicado em um variador de velocidade para controlar a desacelerador de um motor elétrico, em caso de corte de alimentação elétrica. A invenção refere-se também a um sistema de comando apto para utilizar esse processo de comando.

Estado da técnica

[002] A patente US 4.678.980 descreve um método empregado em um variador de velocidade para gerar a desaceleração de um motor elétrico, quando um corte de alimentação intervém. O método consiste em selecionar um perfil de frequência particular, quando um corte de alimentação é detectado, visando seguir um perfil de desaceleração determinado, memorizado no variador de velocidade, esse perfil de frequência particular sendo diferente do perfil de frequência empregado, em funcionamento normal. Nesse documento, o perfil de desaceleração sendo pré-memorizada no variador de velocidade, não é sempre adaptado à aplicação, na qual o motor elétrico é empregado.

[003] A finalidade da invenção é de propor um método de comando, no qual é possível adaptar a rampa de desaceleração à aplicação, de maneira a poder parar o motor elétrico tão rápido quanto permite a mecânica da máquina, utilizando um motor elétrico.

Exposição da invenção

[004] Essa finalidade é atingida por um processo de comando aplicado em um variador de velocidade para controlar a desaceleração de um motor elétrico em caso de corte de alimentação elétrica. O variador de velocidade comporta notadamente uma barra contínua de alimentação sobre o qual é aplicada uma tensão, essa barra contínua de

alimentação sendo conectada a um módulo ondulator e esse módulo ondulator sendo conectado ao motor elétrico e comandado segundo uma lei de comando na qual uma tensão de comando a aplicar ao motor elétrico é determinada a partir de uma referência de fluxo e de uma referência de velocidade. O processo comporta:

- uma etapa de determinação das perdas por efeito joule a aplicar ao motor elétrico e ao variador de velocidade, segundo uma rampa de desaceleração a aplicar ao motor elétrico, quando de um corte de alimentação elétrica,

- uma etapa de determinação da referência de fluxo em função dessas perdas por efeito joule a aplicar ao motor elétrico e ao variador de velocidade.

[005] De acordo com uma particularidade, as perdas por efeito joule são determinadas por uma etapa de comparação que efetua uma comparação entre a tensão medida sobre a barra contínua de alimentação do variador de velocidade e um valor de referência.

[006] De acordo com uma particularidade, o valor de referência corresponde à energia disponível necessária para seguir a rampa de desaceleração do motor elétrico.

[007] De acordo com uma particularidade, o processo comporta uma etapa de ativação ou de desativação de uma limitação do binário aplicado ao motor elétrico executada segundo a comparação efetuada, quando da etapa de comparação.

[008] A invenção refere-se também a um variador de velocidade, destinado a controlar a desaceleração de um motor elétrico, em caso de corte de alimentação elétrica, esse variador de velocidade comportando notadamente uma barra contínua de alimentação sobre a qual é aplicada uma tensão, essa barra contínua de alimentação sendo conectada a um módulo ondulator, esse módulo ondulator sendo conectado ao motor elétrico e comandado segundo uma lei de comando, na

qual uma tensão de comando a aplicar ao motor elétrico é determinada a partir de uma referência de fluxo e de uma referência de velocidade. O variador de velocidade comporta:

- meios de determinação das perdas por efeito joule a aplicar ao motor elétrico e ao variador de velocidade, segundo uma rampa de desaceleração a aplicar ao motor elétrico, quando de um corte de alimentação elétrica,

- meios de determinação da referência de fluxo em função dessas perdas por efeito joule a aplicar um motor elétrico e ao variador de velocidade.

[009] De acordo com uma particularidade, o variador de velocidade comporta meios de comparação entre a tensão medida sobre a barra contínua de alimentação do variador de velocidade e um valor de referência, visando deduzir daí as perdas por efeito joule a aplicar ao motor elétrico.

[0010] De acordo com uma particularidade, o valor de referência corresponde à energia disponível necessária para seguir a rampa de desaceleração do motor elétrico.

[0011] De acordo com uma particularidade, o variador de velocidade comporta meios de ativação ou de desativação de uma limitação do binário aplicado ao motor elétrico executada segundo a comparação feita quando da etapa de comparação.

Breve descrição das figuras

[0012] Outras características e vantagens vão aparecer na descrição detalhada que se segue feita em relação aos desenhos anexados, nos quais:

- a figura 1 representa um esquema de controle empregado em um variador de velocidade para a aplicação do processo de comando da invenção;

- as figuras 2 e 3 mostram cronogramas, ilustrando a desa-

celeração de um motor elétrico respectivamente quando da aplicação do processo de comando da invenção e quando da aplicação de um método padrão conhecido no estado da técnica;

- a figura 4 representa, de maneira esquemática, um variador de velocidade conectado a um motor elétrico.

Descrição detalhada de pelo menos um modo de realização

[0013] A invenção refere-se a um processo de comando aplicado em um variador de captador elétrico, quando um corte de alimentação é detectado.

[0014] Conforme representado na figura 4, um variador de velocidade destinado a comandar um motor elétrico M é conectado a montante, via várias fases de entrada, a uma rede elétrica R e a jusante, via várias fases de saída, ao motor elétrico M. O variador de velocidade comporta:

- na entrada, um módulo corretor 10 composto em regra geral de uma ponte de diodos destinado a corrigir a tensão alternada fornecida pela rede elétrica R;

- uma barra contínua de alimentação 15, sobre a qual é aplicada a tensão corrigida pelo módulo corretor, a barra contínua de alimentação sendo dotada de um condensador de barra C_{barra} , permitindo manter a tensão da barra a um valor constante;

- na saída, um módulo ondulator 20 destinado a transformar a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação em uma tensão variável a aplicar ao motor elétrico. O módulo ondulator comporta vários braços de comutação dotados, cada um, de vários transistores de potência comandados, cada um, à abertura ou ao fechamento para aplicar uma tensão variável ao motor elétrico M.

[0015] De maneira conhecida, os transistores de potência são comandados por uma unidade de comando que executa uma lei de comando determinada na qual uma tensão de comando a aplicar ao mo-

tor elétrico é determinada em função de uma referência de velocidade ω_{ref} (designada também referência de frequência) e de uma referência de fluxo φ_{ref} (figura 1). A lei de comando pode também integrar um bloco de controle b_1 permitindo limitar o binário aplicado ao motor M em função da tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação. Quando a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação se torna inferior a um valor de referência V_{barra_ref} , o módulo ondulador 20 é comandado em limitação do binário, de maneira a regular a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação.

[0016] O princípio da invenção é de adaptar essa lei de comando à gestão da rampa de desaceleração do motor elétrico M em caso de corte de alimentação elétrica, isto é, quando o variador de velocidade detecta que uma tensão de funcionamento passa sob um valor limite determinado. A tensão de funcionamento pode ser uma tensão medida sobre as fases de entrada, ou a tensão da barra contínua de alimentação.

[0017] De acordo com a invenção, a lei de comando integra um bloco de controle b_2 das perdas por efeito joule sofridas pelo motor elétrico e pelo variador de velocidade (designadas a seguir por perdas). O processo de comando da invenção consiste, portanto, em gerar as perdas de maneira a otimizar a energia disponível no variador de velocidade após o corte de alimentação, visando a regular a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação a um valor de referência V_{barra_ref} adaptada para respeitar a rampa de desaceleração do motor elétrico M. Para gerar as perdas, o processo de comando da invenção consiste em modificar a referência de fluxo φ_{ref} .

[0018] Determinados blocos de controle representados na figura 1 sendo bem conhecidos no estado da técnica, eles não são descritos no presente pedido de patente.

[0019] A gestão do tempo de desaceleração do motor elétrico M,

e, portanto, de sua rampa de desaceleração em relação às perdas se explica pela demonstração abaixo.

[0020] A energia acumulada no nível da tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação de um variador de velocidade que comando um motor com indução pode se escrever pela seguinte relação:

$$\frac{d}{dt} (E_{\text{Barra}} + E_{\text{Meca}} + E_{\text{Elec}}) = -P_{\text{Var}} - P_{\text{Meca}} - P_{\text{Mot}} \quad (1)$$

[0021] na qual: Barra

- E_{barra} corresponde à energia acumulada na barra contínua de alimentação

$$E_{\text{Barra}} = \frac{1}{2} \cdot C_{\text{Barra}} \cdot V_{\text{Barra}}^2, \text{ considerando-se a tensão da barra}$$

contínua de alimentação V_{barra} e a capacidade do condensador de barra C_{barra} ;

- E_{meca} corresponde à energia mecânica gerada pelo motor elétrico

$$E_{\text{Meca}} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \left(\frac{\omega}{n_p} \right)^2, \text{ segundo sua velocidade mecânica } \frac{\omega}{n_p}$$

(razão da velocidade na marcação elétrica e do número de pares de pólos n_p) e sua inércia J ,

- E_{elec} corresponde à energia elétrica acumulada pelo motor elétrico,

- P_{var} corresponde às perdas por efeito joule sofridas pelo variador de velocidade,

- P_{Meca} corresponde às perdas mecânicas sofridas pelo motor devido ao efeito de carga mecânica ou de atrito,

- P_{Mot} corresponde às perdas por efeito joule sofridas pelo motor devido ao efeito elétrico.

[0022] Ora, para aplicações que são muito inerciais e que possuem um modo de funcionamento no qual a carga é desconectada, tem-se:

$$E_{Meca} \gg E_{Barra}, E_{Elec} \text{ e}$$

$$P_{Meca} \approx 0$$

[0023] Quando um corte de alimentação elétrica intervém, é preciso conservar suficientemente energia no variador (E_{bus}) para alimentar o variador de velocidade. É, portanto, necessário regular a energia no condensador de barra C_{barra} (que não é mais então alimentado pela rede) a um valor suficiente para alimentar a desaceleração do motor elétrico.

[0024] Considerando-se a dinâmica “reduzida” do sistema, isto é:

$$\frac{d}{dt}(E_{Barra} + E_{Meca}) = -P_{Var} - P_{Mot} \quad (2)$$

[0025] Com $E_{Meca} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \left(\frac{\omega}{n_p}\right)^2$, se obtém:

$$\frac{d}{dt}(E_{Meca}) = C_{Mot} \cdot \left(\frac{\omega}{n_p}\right) \quad (3)$$

[0026] Enquanto que com $E_{barra} \approx$ este a relação (2) se torna então

$$\frac{d}{dt}(E_{Meca}) = -P_{Var} - P_{Mot} \quad (4)$$

[0027] nas quais:

- C_{Mot} representa o binário aplicado pelo motor e é igual a

$$C_{Mot} = \frac{J}{n_p} \cdot \frac{d}{dt} \omega,$$

- J representa a inércia do motor,

- ω representa a velocidade do motor elétrico expressa na marcação elétrica,

- n_p representa o número de pares de pólos.

[0028] De (3), vem que, para perdas nominais, o tempo de desaceleração t_{dec} é fixado pelo sistema variador de velocidade / motor elétrico e não pode ser modificado para responder a uma necessidade aplicativa. Obteve-se:

$$\begin{aligned}
 E_{\text{Meca}}(t) &= E_{\text{Meca}}(\text{Inicial}) - (P_{\text{Var}} + P_{\text{Mot}}) \cdot t \\
 \Rightarrow t_{\text{dec}} &= \frac{E_{\text{Meca}}(\text{Inicial})}{P_{\text{Var}} + P_{\text{Mot}}}
 \end{aligned}$$

[0029] na qual t_{dec} corresponde ao tempo de desaceleração do motor elétrico M. Para aumentar o tempo de desaceleração do motor elétrico M, convém, portanto, diminuir as perdas e para reduzir o tempo de desaceleração do motor elétrico, é preciso, portanto, aumentar as perdas.

[0030] Conforme descrito anteriormente, para gerar as perdas, é preciso agir sobre a referência de fluxo aplicada na lei de comando. Isto se explica pela seguinte razão:

[0031] As perdas são principalmente compostas de dois termos, isto é, perdas motor e perdas variador. Elas podem ser reescritas sob a forma de duas funções $F_d(i_d)$ e $F_q(i_q)$, dependendo respectivamente da corrente do fluxo i_d e da corrente de binário i_q . Quando um corte de alimentação é detectado, em primeira aproximação, a função $F_q(i_q)$ é desprezível diante da função $F_d(i_d)$, já que está com baixo binário de desaceleração. A função $F_d(i_d)$ é monótona em i_d , isto é, as perdas apenas aumentam, quando a corrente de fluxo i_d aumenta. Uma diminuição de corrente de fluxo i_d permite, portanto, diminuir as perdas. Resulta daí que, se agindo sobre a referência de fluxo φ_{ref} , é possível controlar as perdas sofridas pelo motor elétrico M e o variador de velocidade.

[0032] A partir dos princípios evocados acima, é assim possível propor um esquema de controle particular, tal como, representado na figura 2. Esse esquema de controle comporta as seguintes etapas:

- quando uma tensão de funcionamento desce sob um limite determinado, sinônimo de corte de alimentação, uma rampa de detecção é aplicada ao motor elétrico M pelo variador de velocidade até uma velocidade nula;
- as perdas são inicializadas a um valor baixo, por exemplo,

a um valor nulo, a fim de limitar a queda da tensão,

- o corte de alimentação acarreta uma baixa da tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação, ativando sua regulação por limitação do binário aplicado ao motor elétrico M. Dois casos podem se apresentar segundo a rampa de desaceleração aplicada à referência de velocidade ω_{ref} :

- se a rampa de desaceleração for curta, a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação terá tendência a aumentar. É preciso então:

- aumentar as perdas sofridas pelo motor M e o variador de velocidade para seguir a rampa de desaceleração; ou

- alternativamente reduzir a velocidade da rampa de desaceleração;

- se a rampa de desaceleração for longa, a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação terá tendência a cair. É preciso então:

- diminuir as perdas sofridas pelo motor M e o variador de velocidade para seguir a rampa de desaceleração,

- ou alternativamente acelerar a rampa de desaceleração.

[0033] Para responder a esses dois casos, é necessário regular a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação em relação a um valor de referência $V_{\text{barra_ref}}$ de tensão da barra. A regulação ocorre conforme a seguir:

- se a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação for superior ao valor de referência $V_{\text{barra_ref}}$ de tensão da barra, a limitação do binário diminui até atingir um valor nulo. O binário motor é calculado para seguir a rampa de desaceleração. Se a rampa de desaceleração for curta, haverá um acentuado apelo de binário. Este é então limitado ao valor de limitação, ao menos que as perdas aumentem. Se a rampa for longa, a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação baixará naturalmente a menos que as perdas sejam diminuídas;

- se a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação for inferior ao valor de referência $V_{\text{barra_ref}}$ de tensão da barra, a limitação do binário subirá até seu valor nominal. O binário motor é calculado para seguir a rampa de desaceleração. Se a rampa de desaceleração for curta, haverá um acentuado apelo de binário. A tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação aumentará naturalmente a menos que as perdas aumentem. Se a rampa for longa, o binário poderá naturalmente aumentar de novo, até a limitação, a fim de aumentar a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação, a menos que as perdas diminuam.

[0034] Segundo o estado da limitação do binário, o processo de comando da invenção controla as perdas para regular a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação ao valor de referência $V_{\text{barra_ref}}$ e assim adaptar a rampa de desaceleração do motor elétrico M. Isto ocorre da seguinte maneira:

- se a limitação de binário for ativa, o módulo ondulator 20 será comandado para aumentar as perdas, a fim de seguir a rampa de desaceleração;

- se a limitação de binário for inativa (o binário é então baixo e não tem necessidade de ser limitado), o módulo ondulator 20 é comandado para diminuir as perdas, a fim de seguir a rampa de desaceleração.

[0035] A referência de fluxo φ_{ref} é em seguida ajustada no sentido de aumento ou de diminuição das perdas a aplicar ao motor elétrico M.

[0036] As figuras 2 e 3 mostram cronogramas ilustrando a desaceleração de um motor elétrico respectivamente, quando o processo de comando da invenção é empregado no variador de velocidade ou quando um método padrão conhecido no estado da técnica é aplicado no variador de velocidade.

[0037] Nessas figuras, os cronogramas mostram, cada um, a curva de velocidade do motor elétrico M, a variação da tensão da barra

contínua de alimentação V_{barra} e a variação das perdas.

[0038] Na figura 2, para o processo de comando da invenção, a sequência é a seguinte:

[0039] Entre t_0 e t_1 , o motor elétrico gira a uma velocidade constante, a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação é constante e as perdas são também constantes.

[0040] Em t_1 , um corte de alimentação intervém.

[0041] Entre t_1 e t_2 , a velocidade do motor elétrico M permanece constante, mas a tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação diminui até um valor inferior ao valor de referência $V_{\text{barra_ref}}$ de tensão da barra. As perdas continuam constantes.

[0042] Em t_2 , o variador de velocidade detecta o corte de alimentação.

[0043] Entre t_2 e t_3 , a desaceleração do motor elétrico M acarreta um aumento da tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação. Segundo o valor da tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação em relação ao valor de referência $V_{\text{barra_ref}}$, o processo de comando consiste em gerar as perdas aplicadas ao motor elétrico, visando otimizar a energia disponível para seguir a rampa de desaceleração do motor elétrico. A gestão das perdas é realizada, ajustando o fluxo de referência.

[0044] A partir de t_3 , a tensão da barra contínua de alimentação é regulada ao valor de referência, permitindo seguir a rampa de desaceleração do motor elétrico.

[0045] Na figura 3, a desaceleração do motor elétrico é realizada na ausência do bloco de controle b_2 das perdas. As perdas permanecem, portanto, constantes permanentemente, independentemente do valor da tensão V_{barra} da barra contínua de alimentação. A rampa de desaceleração seguida pelo motor não pode, portanto, respeitar a mecânica da máquina.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de comando de utilização em um variador de velocidade para controlar a desaceleração de um motor elétrico (M) em caso de corte de alimentação elétrica, esse variador de velocidade compreendendo notadamente uma barra contínua de alimentação (15) sobre a qual é aplicada uma tensão, essa barra contínua de alimentação (15) sendo conectada a um módulo ondulator (20), esse módulo ondulator (20) sendo conectado ao motor elétrico (M) e comandado segundo uma lei de comando na qual uma tensão de comando a aplicar ao motor elétrico (M) é determinada a partir de uma referência de fluxo (φ_{ref}) e de uma referência de velocidade (ω_{ref}), caracterizado pelo fato de o processo de comando compreender:

- uma etapa de determinação das perdas por efeito joule a aplicar ao motor elétrico (M) e ao variador de velocidade, segundo uma rampa de desaceleração a aplicar ao motor elétrico (M), quando de um corte de alimentação elétrica,

- uma etapa de determinação da referência de fluxo (φ_{ref}) em função dessas perdas por efeito joule a aplicar ao motor elétrico (M) e ao variador de velocidade,

- uma etapa de modificação da referência de fluxo para gerir as perdas por efeito joule de maneira a otimizar a energia disponível no variador de velocidade após o corte de alimentação, visando a regular a tensão (V_{barra}) da barra contínua de alimentação a um valor de referência (V_{barra_ref}) adaptada para respeitar a rampa de desaceleração do motor elétrico (M).

2. Processo de comando, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as perdas por efeito joule são determinadas por uma etapa de comparação que efetua uma comparação entre a tensão (V_{barra}) medida sobre a barra contínua de alimentação do variador de velocidade e um valor de referência (V_{barra_ref}).

3. Processo de comando, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o valor de referência ($V_{\text{barra_ref}}$) corresponde à energia disponível necessária para seguir a rampa de desaceleração do motor elétrico (M).

4. Processo de comando, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que compreende uma etapa de ativação ou de desativação de uma limitação do binário aplicado ao motor elétrico (M) executada segundo a comparação efetuada, quando da etapa de comparação.

5. Variador de velocidade, destinado a controlar a desaceleração de um motor elétrico (M), em caso de corte de alimentação elétrica, esse variador de velocidade compreendendo notadamente uma barra contínua de alimentação (15) sobre a qual é aplicada uma tensão (V_{barra}), essa barra contínua de alimentação (15) sendo conectada a um módulo ondulator (20), esse módulo ondulator (20) sendo conectado ao motor elétrico (M) e comandado segundo uma lei de comando, na qual uma tensão de comando a aplicar ao motor elétrico (M) é determinada a partir de uma referência de fluxo (ϕ_{ref}) e de uma referência de velocidade (ω_{ref}), caracterizado pelo fato de que o variador de velocidade compreende:

- meios de determinação das perdas por efeito joule a aplicar ao motor elétrico (M) e ao variador de velocidade, segundo uma rampa de desaceleração a aplicar ao motor elétrico (M), quando de um corte de alimentação elétrica,

- meios de determinação da referência de fluxo (ϕ_{ref}) em função dessas perdas por efeito joule a aplicar um motor elétrico (M) e ao variador de velocidade

- meios de modificação da referência de fluxo para gerir as perdas por efeito joule de maneira a otimizar a energia disponível no variador de velocidade após o corte de alimentação, visando a regular

a tensão (V_{barra}) da barra contínua de alimentação a um valor de referência ($V_{\text{barra_ref}}$) adaptada para respeitar a rampa de desaceleração do motor elétrico (M).

6. Variador de velocidade, como definido na reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que compreende meios de comparação entre a tensão (V_{barra}) medida sobre a barra contínua de alimentação do variador de velocidade e um valor de referência ($V_{\text{barra_ref}}$), visando deduzir daí as perdas por efeito joule a aplicar ao motor elétrico (M).

7. Variador de velocidade, como definido na reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o valor de referência ($V_{\text{barra_ref}}$) corresponde à energia disponível necessária para seguir a rampa de desaceleração do motor elétrico (M).

8. Variador de velocidade, como definido na reivindicação 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que compreende meios de ativação ou de desativação de uma limitação do binário aplicado ao motor elétrico (M) executada segundo a comparação feita quando da etapa de comparação.

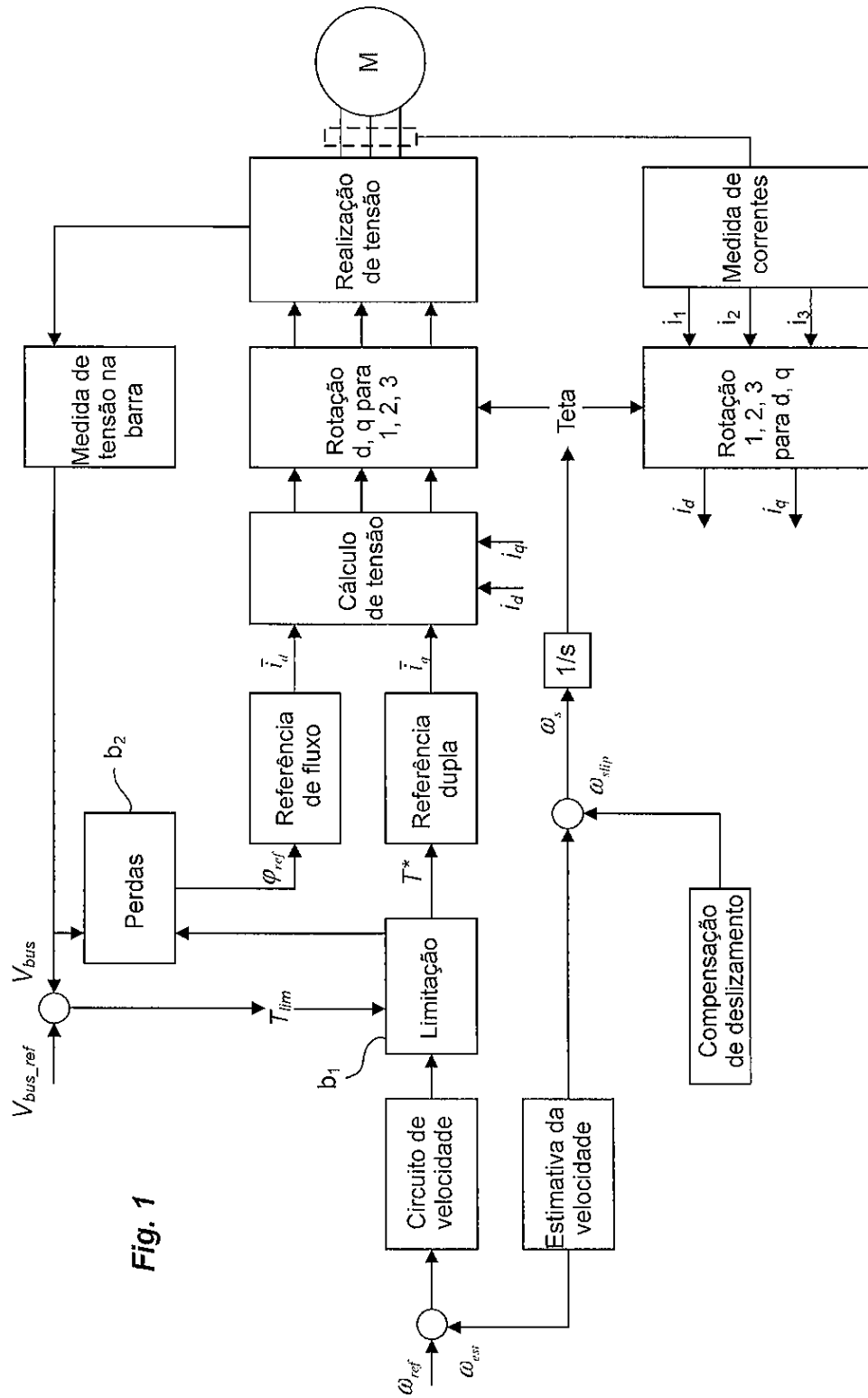


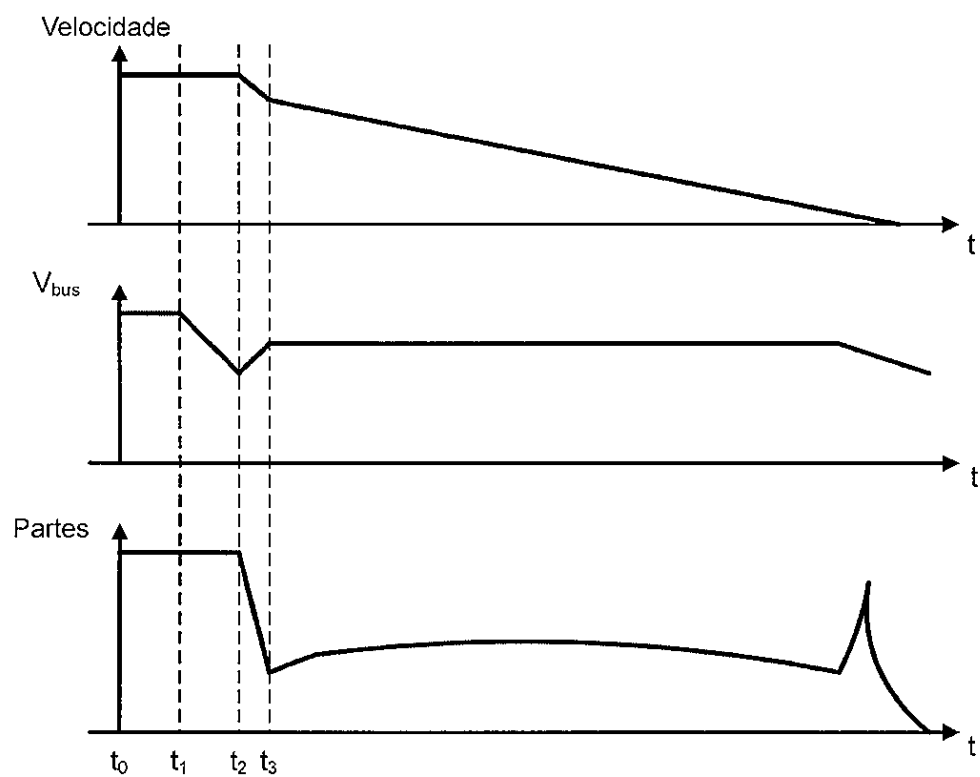
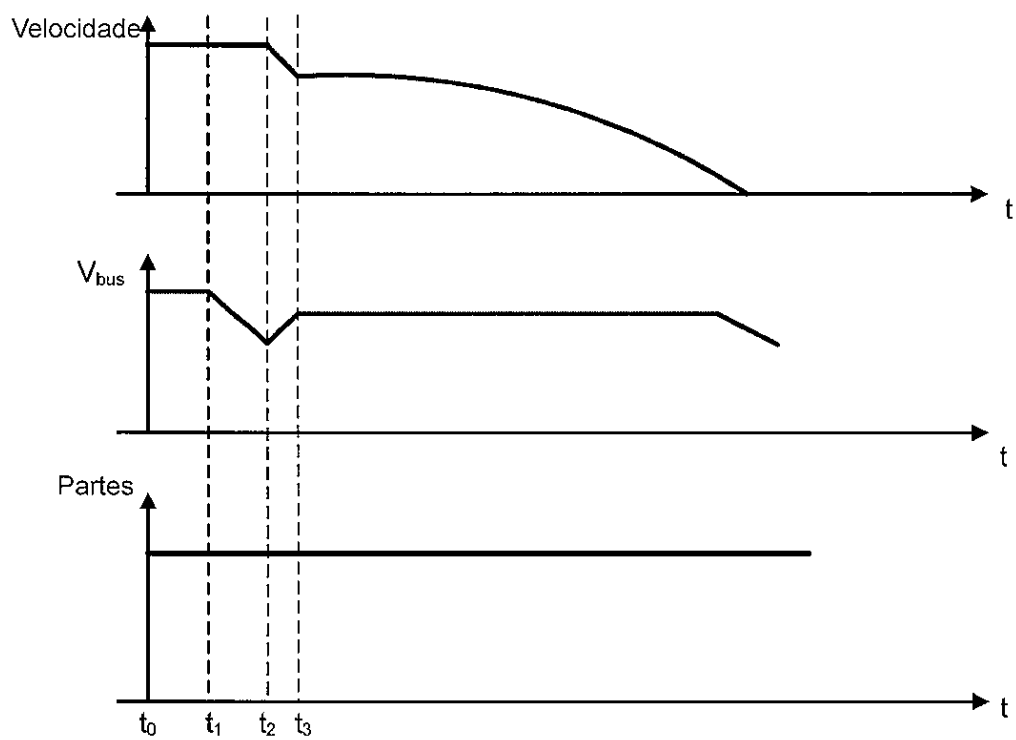
Fig. 2**Fig. 3**

Fig. 4