

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

(21) **PI0706567-1 A2**

(22) Data de Depósito: 05/01/2007
(43) Data da Publicação: 29/03/2011
(RPI 2099)



(51) *Int.Cl.:*
H02P 6/14

(54) Título: **PROCESSO DE COMANDO DE UMA MÁQUINA ELÉTRICA GIRATÓRIA POLIFÁSICA REVERSÍVEL E MÁQUINA ELÉTRICA GIRATÓRIA POLIFÁSICA REVERSÍVEL**

(30) Prioridade Unionista: 20/01/2006 FR 0600536

(73) Titular(es): Valeo Equipements Electriques Moteur

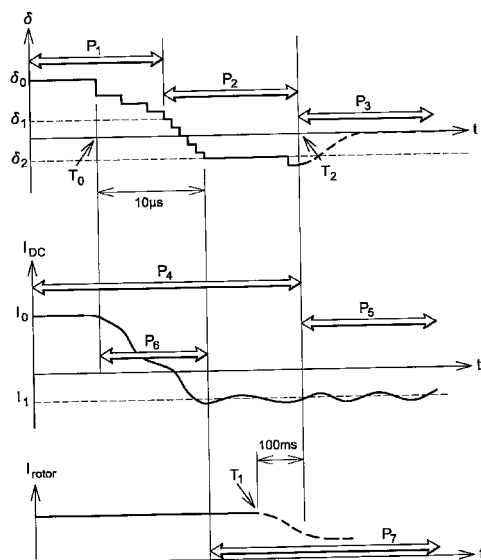
(72) Inventor(es): Farouk Boudjemaï , Hugues Doffin , Julien Masfaraud

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT FR2007050617 de 05/01/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/083049 de 26/07/2007

(57) Resumo: PROCESSO DE COMANDO DE UMA MÁQUINA ELÉTRICA GIRATÓRIA POLIFÁSICA REVERSÍVEL E MÁQUINA ELÉTRICA GIRATÓRIA POLIFÁSICA REVERSÍVEL. A invenção se refere a um processo de comando de uma máquina elétrica giratória polifásica reversível, na qual pelo menos um circuito bobinado é alimentado através de uma ponte de interruptores, compreendendo as etapas seguintes: - comando (P_1) da ponte para fornecer ao circuito bobinado uma tensão periódica com uma decalagem de fase (δ) em relação a uma força eletromotriz induzida no dito circuito bobinado, tal que um torque motor é gerado; a decalagem de fase tendo inicialmente um primeiro valor δ_0 ; - comando (P_2) da ponte para fornecer ao dito circuitobobinado uma tensão periódica com a dita decalagem de fase δ que provoca a realização de um torque compreendido entre o dito torque motor e o oposto do dito torque motor, a decalagem de fase tomando uma pluralidade de valores por ocasião desse comando; - basculamento (T_2) da ponte em modo retificação.



“PROCESSO DE COMANDO DE UMA MÁQUINA ELÉTRICA GIRATÓRIA POLIFÁSICA REVERSÍVEL E MÁQUINA ELÉTRICA GIRATÓRIA POLIFÁSICA REVERSÍVEL”

Domínio da invenção

5 A invenção se refere a um processo de comando de uma máquina elétrica giratória polifásica reversível, na qual pelo menos um circuito bobinado é alimentado através de uma ponte de interruptores, tal como por exemplo um alternador-motor de arranque.

Estado da técnica

10 Uma máquina elétrica giratória compreende classicamente um rotor e um estator. Um desses elementos é percorrido por uma corrente contínua e gera assim um campo magnético constante e de orientação fixa em relação a esse elemento. O outro elemento compreende uma pluralidade de enrolamentos distintos e espaçados angularmente; cada enrolamento é
15 percorrido por uma corrente defasada em relação à corrente dos outros enrolamentos de maneira a criar um campo magnético giratório. A coexistência do campo de orientação fixa do primeiro elemento e do campo giratório do segundo elemento provoca a rotação desses elementos, um em relação ao outro, quer dizer a rotação do rotor em relação ao estator.

20 As diferentes correntes são geralmente injetadas nos enrolamentos do elemento polifásico através de uma ponte formada por interruptores de potência (em geral diodos associados a transistores de potência).

25 Essa ponte de potência é em geral comandada por um módulo eletrônico que fixa os instantes de abertura e de fechamento dos interruptores e comanda assim a fase das diferentes correntes através dos enrolamentos.

 A fim de determinar os instantes de comando dos interruptores, o módulo eletrônico utiliza correntemente sinais representativos da posição do rotor em relação ao estator, tal como por exemplo sensores de

posição regularmente distribuídos na circunferência da máquina giratória, que enviam cada um deles por exemplo sinais na frequência de rotação do rotor e que são defasados um em relação ao outro.

5 No caso em que a máquina elétrica giratória é reversível, a ponte de potência desempenha o papel de uma ponte retificadora por ocasião do funcionamento em modo retificação da ponte de potência que corresponde a um funcionamento de tipo alternador da máquina.

10 Com o objetivo de se aproximar de um torque ótimo em uma faixa maior de velocidades de rotação, o documento WO 2004/100351 propõe tratar os sinais provenientes dos sensores por ponderação e somatório, na prática com o auxílio de um circuito analógico composto por condensadores e por resistências, o que permite realizar decalagens de fase continuamente variáveis em toda a faixa das velocidades de rotação.

15 Graças a esse tipo de solução, é possível fornecer um torque conseqüente mesmo para velocidades de rotação grandes, o que pode ser por exemplo utilizado para assistir um motor térmico por ocasião das fases de aceleração de um veículo.

20 No entanto, quando se báscula diretamente para o funcionamento em modo alternador nessas condições, por exemplo em final de fase de aceleração do veículo, a força eletromagnética aplicada à ponte de potência provoca sem precauções especiais uma vazão grande na rede que pode se revelar inaceitável em velocidades de rotação elevadas.

25 Deve-se devido a isso esperar uma diminuição suficientemente grande da corrente contínua ("*diminuição de fluxo*" na parte percorrida por essa corrente, a saber em geral o rotor) antes de voltar para o modo alternador e a mudança de modo é portanto tributária da constante de tempo de diminuição de fluxo, o que também não é desejável.

Objeto da invenção

A fim notadamente de evitar esses problemas, a invenção

propõe um processo de comando de uma máquina elétrica giratória polifásica reversível, na qual pelo menos um circuito bobinado é alimentado através de uma ponte de interruptores, caracterizado pelas etapas seguintes:

5 - comando da ponte para fornecer ao circuito bobinado uma tensão periódica com uma decalagem de fase em relação a uma força eletromotriz induzida no dito circuito bobinado, tal que um torque motor é gerado, a decalagem de fase tendo inicialmente um primeiro valor;

10 - comando da ponte para fornecer ao dito circuito bobinado uma tensão periódica com a dita decalagem de fase que provoca a realização de um torque compreendido entre o dito torque motor e o oposto do dito torque motor, a decalagem de fase tomando uma pluralidade de valores por ocasião desse comando;

- basculamento da ponte em modo retificação.

15 O modo de funcionamento “*motor*” é assim separado do modo “*alternador*” clássico (a ponte funciona em retificadora) por um modo no qual a ponte é comandada (com um torque resistente), que pode portanto ser denominado “modo alternador comandado”. A transição entre os dois modos é assim atenuada.

20 A invenção permite notadamente, por ocasião da passagem do modo de funcionamento “*motor*” para o modo de funcionamento “*alternador*”, controlar o decréscimo da corrente absorvida pela ponte de interruptores e/ou limitar um pico de tensão a um borne da bateria.

25 De acordo com modos de realização não limitativos, o dispositivo de acordo com a invenção pode compreender uma ou várias características seguintes:

A decalagem de fase da tensão fornecida pode tomar uma pluralidade de valores decrescentes no tempo entre o primeiro valor de decalagem de fase e um segundo valor de decalagem de fase, o que permite fazer o torque variar por etapas e atenua ainda mais a transição entre os dois

modos.

A utilização da primeira decalagem de fase e a utilização da segunda decalagem são separadas de um tempo compreendido entre 1 μ s e 100 μ s. A passagem para o modo alternador comandado é feita portanto muito rapidamente (em relação notadamente ao tempo de diminuição de fluxo mencionado mais acima).

A etapa de redução da corrente de indução é por exemplo compreendida entre a etapa de comando da ponte com uma segunda decalagem de fase e a etapa de basculamento da ponte em modo retificação. O funcionamento em modo alternador comandado é assim bem controlado.

De acordo com uma outra possibilidade de realização, a etapa de redução da corrente de indução é iniciada enquanto um toque motor é gerado. Essa solução permite limitar a duração do modo alternador comandado.

A etapa de basculamento pode ser posterior de mais de 10 ms à etapa de redução para aproveitar uma parte do fenômeno de diminuição de fluxo.

A etapa de basculamento é no entanto de preferência posterior de menos de 0,5 s à etapa de redução, o que permite um basculamento mais rápido do que a solução clássica que consiste em esperar a diminuição de fluxo total.

A velocidade de rotação da máquina giratória é em geral (mas não necessariamente) essencialmente constante no decorrer do conjunto das etapas precitadas.

Por outro lado, é possível prever que o dito torque de sinal oposto vale aproximadamente o torque exercido pela máquina giratória em modo retificação, o que limita ainda mais os fenômenos transitórios.

A invenção também propõe uma máquina elétrica giratória polifásica reversível, na qual pelo menos um circuito bobinado é próprio para

ser alimentado através de uma ponte de interruptores, caracterizada por primeiros meios de comando da ponte para fornecer ao circuito bobinado uma tensão periódica com uma decalagem de fase em relação a uma força eletromotriz no dito circuito bobinado, tal que um torque motor é gerado, a
 5 decalagem de fase tendo inicialmente um primeiro valor; segundos meios de comando da ponte para fornecer ao dito circuito bobinado uma tensão periódica com a decalagem de fase que provoca a realização de um torque compreendido entre o dito torque motor e o oposto do dito torque motor, a decalagem de fase tomando uma pluralidade de valores por ocasião desse
 10 comando; e meios para bascular a ponte para o modo retificação.

Em um exemplo de execução da invenção, a máquina compreende pelo menos um circuito misturador, que compreende por exemplo pelo menos um interruptor e/ou pelo menos um resistor.

Breve descrição das Figuras

15 Outras características e vantagens da invenção vão aparecer na leitura da descrição que se segue, dada com referência aos desenhos anexos nos quais:

- a figura 1 representa os elementos de circuito elétrico de uma máquina elétrica giratória polifásica;
- 20 - a figura 2 representa um modo de realização do bloco de avanço de fase da figura 1;
- as figuras 3 e 4 representam modos possíveis de realização de um circuito misturador da figura 2;
- a figura 5 representa uma variante de realização do circuito
 25 misturador.
- a figura 6 representa um exemplo de transição de um modo motor para um modo alternador de acordo com os ensinamentos da invenção.

Descrição detalhada de modos de realização não limitativos da invenção

A figura 1 representa os elementos essenciais do circuito

elétrico de uma máquina elétrica giratória polifásica, por exemplo reversível do tipo alternador-motor de arranque.

Uma tal máquina compreende uma ponte de potência 10 que alimenta as três fases de um estator trifásico 12 a partir de uma tensão gerada entre os dois bornes B^+ , B^- de uma bateria de alimentação.

A ponte de potência 10 é formada por interruptores (não representados) que são comandados por sinais de comando C de modo que os diferentes enrolamentos do estator 12 sejam percorridos por sinais deslocados de 120° um em relação ao outro.

Os sinais de comando C são gerados por um módulo eletrônico de comando com base em sinais U, V, W provenientes de três sensores lineares 14, 16, 18 igualmente distribuídos na circunferência da máquina giratória.

Precisamente, os sinais U, V, W provenientes dos sensores são tratados por um bloco de avanço de fase 30 que fornece três sinais digitais U', V', W' que correspondem aos sinais sensores U, V, W com um avanço de fase δ em relação a esses últimos.

Os sinais digitais U', V', W' gerados pelo bloco de avanço de fase 30 são utilizados por um circuito de comando 20 para formar os sinais de comando C da ponte de potência 10.

O avanço de fase δ mencionado acima depende por exemplo da velocidade da máquina tal como medida com o auxílio dos sinais sensores U, V, W. O avanço de fase δ pode nesse caso ser determinado em tempo real dentro do bloco de avanço de fase 30 como descrito abaixo.

Em variante, é possível prever que o circuito de comando 20 gera um sinal ligado ao valor nominal de avanço de fase δ como indicado em traços pontilhados na figura 1. Para fazer isso, o circuito de comando compreende por exemplo um microcontrolador (que inclui um microprocessador) que determina a velocidade de rotação da máquina com

base nos sinais U' , V' , W' e que deduz daí a decalagem de fase δ a utilizar, eventualmente também função de outras condições, tal como a fase de funcionamento. O valor de decalagem δ associado a uma velocidade e condição de funcionamento dadas é por exemplo memorizado dentro do microcontrolador em uma tabela de correspondência.

Quando a máquina funciona em modo alternador, a ponte de potência 10 desempenha o papel de uma ponte retificadora que assegura a transmissão da energia da máquina (e notadamente do estator 12) para a bateria (borne B^+ , B^-).

A figura 2 representa um primeiro modo de realização que pode ser considerado para o bloco de avanço de fase 30.

Nesse modo de realização, cada sinal U , V , W proveniente de um sensor 14, 16, 18 é aplicado a uma primeira entrada de um circuito dito “misturador” respectivamente 32, 32', 32'' cujos exemplos de realização serão dados na sequência.

Cada circuito misturador 32, 32', 32'' recebe também em uma segunda entrada o sinal V , W , U proveniente de um sensor e que tem um avanço de fase de 120° em relação ao sinal sensor U , V , W recebido em sua primeira entrada.

Assim, cada circuito misturador 32, 32', 32'' recebe em sua primeira entrada um dos sinais sensores U , V , W e em sua segunda entrada o sinal sensor V , W , U em avanço de fase de 120° em relação àquele recebido na primeira entrada.

Cada circuito misturador 32, 32', 32'' recebe também um sinal de comando PWM_α formado por pulsos com uma relação cíclica α . O sinal de comando PWM_α comanda a comutação de elementos de comutação dos circuitos misturadores 32, 32', 32'' como descrito mais abaixo.

No modo de realização representado na figura 2, o mesmo sinal de comando PWM_α é aplicado ao conjunto dos três misturadores 32, 32',

32''. Em variante, seria possível naturalmente prever sinais de comando específicos para cada circuito misturador.

No modo de realização representado na figura 2, o sinal de comando PWM_{α} é gerado em um pino de um microprocessador 34 do qual uma parte 35 é dedicada à geração desse sinal de comando PWM_{α} (por parte, entende-se aqui uma parte do software que comanda o microprocessador 34; em variante, seria possível considerar a realização da mesma função em lógica por cabo).

Como visível na figura 2, o microprocessador 34 recebe também os sinais U, V, W provenientes dos sensores 14, 16, 18 através de um primeiro circuito disparador com histerese 36. Os sinais assim recebidos são destinados a uma parte 33 do microprocessador 34 dedicada à determinação da velocidade da máquina giratória.

A informação de velocidade de rotação assim determinada é notadamente utilizada no microprocessador 34 para determinar o avanço de fase a realizar pelo bloco de avanço de fase 30 em função do qual é determinada a relação cíclica α do sinal PWM_{α} a aplicar ao circuito misturador 32, 32', 32''.

A relação entre a velocidade determinada pela parte de determinação da velocidade 33 e a relação cíclica α (seja diretamente, seja por intermédio da decalagem de fase δ) é por exemplo memorizada em uma memória associada ao microprocessador 34 sob a forma de uma tabela de correspondência.

A decalagem de fase δ desejada (e conseqüentemente a relação cíclica α utilizada) pode naturalmente depender de outros parâmetros que não sejam a velocidade de rotação da máquina giratória, tal como por exemplo o modo de funcionamento da máquina giratória. É possível nesse caso prever várias tabelas de correspondência como evocadas acima, cada tabela sendo utilizada em um modo específico de funcionamento da máquina giratória.

Como será visto na sequência com o exame dos exemplos de realização dos circuitos misturadores 32, 32', 32'', esses últimos formam dois tipos de combinação diferentes dos sinais que eles recebem na entrada de acordo com que o sinal de comando PWM_{α} é de nível alto ou de nível baixo.

5 (Entende-se aqui eventualmente por combinação, uma combinação na qual um dos dois sinais tem peso nulo, quer dizer que somente o outro sinal é transmitido).

A alternância dos dois tipos de combinação (sinais K_U , K_V , K_W) é emitida na saída de cada circuito misturador 32, 32', 32'' com destino a

10 um filtro passa-baixas do qual a frequência de corte é inferior à frequência do sinal de comando PWM_{α} (quer dizer à frequência de alternância dos dois tipos de combinação) de tal modo que o sinal filtrado forma a cada instante a média das combinações dos dois tipos, ponderada pela duração de cada uma, que depende naturalmente da relação cíclica α do sinal de comando PWM_{α} .

15 A frequência de corte de cada filtro passa-baixas 38, 38', 38'' é no entanto superior à frequência dos sinais de U, V, W de maneira a deixar passar essa componente da informação. Vistas as velocidades de rotação clássicas das máquinas giratórias e a frequência dos sinais sensores que decorre delas (tipicamente dentre 0 e 600 Hz), é utilizada por exemplo uma

20 frequência de corte de 10 kHz, o que permite utilizar, por exemplo também uma frequência de 130 kHz para o sinal de comando.

O sinal filtrado F_U , F_V , F_W emitido por cada filtro passa-baixas 38, 38', 38'' é portanto uma combinação dos sinais sensores recebidos na entrada do circuito misturador 32, 32', 32'' correspondente no qual a

25 influência de cada um dos sinais recebidos na entrada do circuito misturador 32, 32', 32'' correspondente depende da relação cíclica do sinal de comando PWM_{α} . Obtém-se assim um sinal do qual a fase está compreendida entre as fases dos sinais na entrada e é regulável por modificação da relação cíclica α do sinal de comando PWM_{α} .

Os sinais filtrados F_U , F_V , F_W são aplicados respectivamente a uma primeira entrada de segundos circuitos disparadores com histerese correspondentes 40, 40', 40'' que recebem cada um deles em uma segunda entrada a média dos sinais sensores U, V, W determinada por um circuito mediador 42 e por um filtro passa-baixas 43 do mesmo tipo que os filtros passa-baixas 38, 38', 38'' precedentemente mencionados. Nos vemos livres graças à utilização dos disparadores com histerese 40, 40', 40'' das decalagens de tensão geradas nos circuitos misturadores 32, 32', 32''.

Obtém-se assim na saída dos disparadores com histerese 40, 40', 40'' sinais U' , V' , W' que correspondem respectivamente aos sinais sensores na entrada U, V, W com um avanço de fase que depende da relação cíclica α do sinal de comando PWM_α .

A figura 3 representa um primeiro exemplo que pode ser considerado para a execução de cada um dos circuitos misturadores 32, 32', 32'' descritos acima. Esse exemplo é escrito como execução do circuito misturador 32 (que recebe na entrada o sinal U e o sinal V em avanço de fase de 120° em relação ao sinal U), mas se aplica de modo idêntico aos misturadores 32', 32'' aplicando-se respectivamente na entrada os sinais V e W, e os sinais W e U.

Nesse exemplo de realização, o primeiro sinal (aqui o sinal U) é aplicado a um nó que forma a saída através de um resistor R1, enquanto que o segundo sinal K_U (aqui o sinal V) é aplicado a esse mesmo nó através da associação em série de um resistor R2 e de um interruptor K_0 comutado por comando do sinal de comando PWM_α .

Obtém-se assim na saída (quer dizer ao nível do nó precitado) um sinal K_U que depende somente do sinal sensor U por ocasião das fases do sinal de comando PWM_α que força a abertura do interruptor K_0 , enquanto que o sinal de saída K_U depende ao mesmo tempo dos sinais U e V (ponderado por outro lado de acordo com os resistores R1 e R2) por ocasião das fases do

5 sinal de comando PWM_{α} que provocam o fechamento do interruptor K_0 . Essa solução permite portanto obter depois de filtração passa-baixas um sinal filtrado F_U .

É visto assim claramente que se obtém, para valores da relação
 5 cíclica α que variam entre 0 e 1, um sinal na saída F_U do qual a fase varia entre aquela do próprio sinal U (quando $\alpha = 0$) e uma fase próxima daquela do sinal V (ele próprio em avanço de fase de 120° em relação ao sinal U) quando $\alpha = 1$, escolhendo-se valores adequados para R_1 e R_2 (quanto maior R_1 for em relação a R_2 , mais o avanço de fase F_U se aproxima de 120° para α
 10 $= 1$).

A figura 4 representa um segundo exemplo de realização não limitativo para os circuitos misturadores 32, 32', 32'' da figura 2.

Como precedentemente, o exemplo descrito se aplica ao
 15 circuito misturador 32 mas se aplicaria de modo idêntico ao circuito misturador 32', 32''.

Nesse segundo exemplo, o sinal sensor U é transmitido a um nó que forma saída através da associação em série de um resistor R_1 e de um interruptor K_1 , enquanto que o sinal sensor V é transmitido ao nó que forma saída através da associação em série de um resistor R_2 e de um interruptor K_0 .

20 O interruptor K_0 é comutado em função do sinal de comando PWM_{α} enquanto que o interruptor K_1 recebe o mesmo sinal de comando PWM_{α} através de um inversor de tal modo que o interruptor K_1 é comutado ao contrário do interruptor K_0 .

25 Nas fases em que o sinal de comando PWM_{α} provoca a abertura do interruptor K_0 , ele provoca assim o fechamento do interruptor K_1 de tal modo que o sinal de saída K_U (no nó que forma saída) só depende do sinal sensor U .

Ao contrário, quando o sinal de comando PWM_{α} acarreta o fechamento do interruptor K_0 , ele acarreta também a abertura do interruptor

K_1 de tal modo que o sinal de saída K_U só depende do sinal sensor V .

Essa solução permite obter para o sinal filtrado F_U .

Como precedentemente, fazendo-se variar a relação cíclica α entre 0 e 1, obtém-se um avanço de fase do sinal F_U em relação ao sinal U variável, entre 0° (para $\alpha = 0$) e essa vez precisamente 120° (para $\alpha = 1$).

A figura 5 representa uma variante de realização de um circuito misturador, de acordo com a qual o circuito misturador recebe na entrada os três sinais sensores U, V, W .

O sinal sensor U é transmitido a um nó N que forma saída através de um resistor R_1 .

O sinal sensor V (em avanço de fase de 120° em relação ao sinal U) é transmitido ao nó que forma saída através da associação em série de um resistor R_2 e de um primeiro interruptor K_2 comandado por um primeiro sinal de comando $PWM_{\alpha 1}$.

O sinal sensor W é no que lhe diz respeito transmitido ao nó que forma saída através de uma associação em série do mesmo tipo, a saber um resistor R_3 e um segundo interruptor K_3 comandado por um sinal de comando $PWM_{\alpha 2}$.

Obtém-se portanto, depois de filtragem passa-baixas como descrito precedentemente um sinal F_U .

O avanço do sinal na saída de fase pode assim variar entre 0° e um valor ligeiramente inferior a 240° (escolhendo-se valores de resistência para os resistores R_1, R_2, R_3 que tornam desprezíveis o sinal U no nó de saída K'_U quando o interruptor K_3 está fechado).

A figura 6 representa um exemplo possível de execução de uma transição entre um modo do alternador-motor de arranque e um modo alternador no qual as correntes de bobina são comandadas pelos diodos da ponte de potência (modo retificação), passando por um modo alternador comandado no qual os interruptores da ponte de potência 10 são sempre

comandados pelo circuito de comando 20.

Nas fases iniciais dessa transição, o alternador-motor de arranque funciona em modo motor, por exemplo para assistir a rotação do motor térmico que é associado a ele. Nessa fase de funcionamento, o valor nominal de decalagem de fase δ permite um acionamento em avanço de fase da tensão em relação à força eletromotriz, de modo que a corrente pode aumentar suficientemente sem ser sufocada e gerar assim um torque grande mesmo em velocidades de rotação relativamente elevadas. Esse valor nominal de decalagem de fase tem como valor inicial δ_0 .

Por exemplo, para uma velocidade de rotação de 6000 rpm, obtém-se um torque máximo para um avanço de fase δ da ordem de 75° (por exemplo compreendido entre 70° e 80°).

O procedimento de transição para o modo alternador começa então a um instante T_0 pela diminuição, por exemplo por patamares sucessivos, do valor nominal de avanço de fase δ até um valor δ_2 .

A passagem do valor nominal do valor δ_0 para o valor δ_2 é efetuada por exemplo durante um tempo de $10 \mu s$, passando para isso por exemplo por uma dezena de valores intermediários. A diminuição do valor do avanço de fase δ a partir do valor inicial δ_0 provoca uma diminuição do torque motor gerado pela máquina elétrica, e isso até que o avanço de fase atinja um valor δ_1 no qual o torque fornecido pela máquina elétrica se anula.

É possível assim definir uma fase P_1 da transição, durante a qual os valores de avanço de fase variam entre δ_0 e δ_1 e que permitem portanto a realização de um torque motor cada vez mais fraco: a fase P_1 pode assim ser qualificada de modo motor.

Como já foi mencionado, a diminuição do avanço de fase δ prossegue aquém do valor δ_1 de modo que a máquina elétrica gera um torque cada vez mais resistente: a corrente contínua I_{DC} é portanto invertida e provoca uma carga da bateria: trabalha-se então em modo “alternador

comandado” P_2 .

No caso de uma rotação a 6000 rpm estudada aqui, a mudança do sentido da corrente contínua I_{DC} é produzida para uma decalagem de fase δ_1 da ordem de 25° (em geral entre 20° e 30°). É possível, nesse caso também, estabilizar o funcionamento em modo alternador comandado a um valor de decalagem de fase δ_2 compreendido entre 0° e 30° .

Foi assim possível passar em um tempo relativamente breve P_6 (aqui $10 \mu s$) de um funcionamento de tipo motor para um funcionamento de tipo alternador. No decorrer dessa fase P_6 , a corrente do rotor foi mantida e a diminuição, e depois a inversão do torque se traduziu por uma mudança de sinal da corrente contínua I_{DC} .

Assim, a partir do momento da decisão da passagem para o modo alternador (instante T_0 mencionado mais acima), a mudança do sentido da corrente contínua I_{DC} (período P_6) é relativamente rápida, da ordem de $10 \mu s$, o que permite obter em curto prazo uma corrente contínua I_1 disponível para alimentar a rede elétrica do veículo (período P_7).

É possível notar que em modo motor P_1 e em modo alternador comandado P_2 , a decalagem de fase δ permite controlar a corrente contínua I_{DC} (período P_4).

Uma vez que o funcionamento em modo alternador comandado P_2 foi estabilizado (quer dizer que a máquina gera uma corrente aproximadamente estável como indicado no período P_7), procede-se a partir de um instante T_1 à diminuição de fluxo no rotor, o que corresponde à diminuição da corrente nesse último com uma constante de tempo relativamente grande (em geral da ordem de $100 ms$).

A redução da corrente no rotor I_{rotor} pode tornar necessária uma ligeira correção da decalagem de fase δ como está indicado na figura 6 (onde o valor de δ diminui ligeiramente no fim do período de funcionamento em modo alternador comandado P_2).

Quando o rotor é submetido a uma diminuição de fluxo, quer dizer que a corrente nesse último chega ao nível que ela deveria estar em funcionamento alternador, é possível por fim ao comando da ponte de potência 10 pelo circuito de comando 20 a um instante T_2 , de modo que a máquina funcione como um alternador clássico, em modo retificação: trata-se do modo alternador P_3 no qual a condução nas bobinas é comandada pelos diodos da ponte de potência. A corrente contínua I_{DC} depende então da corrente rotor I_{rotor} (período P_5) e não mais da decalagem de fase δ .

O instante T_2 é por exemplo predefinido 100 ms depois do instante T_1 a fim de permitir uma diminuição de fluxo suficiente antes de passar para o modo alternador P_3 .

No exemplo de transição que acaba de ser descrito, começa-se ao diminuição de fluxo no rotor a um instante T_1 posterior à entrada no modo alternador comandado P_2 que é acompanhada pela mudança de sinal da corrente contínua I_{DC} . Em variante, seria possível proceder mais cedo à diminuição de fluxo no rotor, a saber por exemplo desde o acionamento da fase de transição no instante P_0 .

Os exemplos que precedem só representam modos possíveis de execução da invenção que não está limitada a eles.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de comando de uma máquina elétrica giratória polifásica reversível, na qual pelo menos um circuito bobinado (12) é alimentado através de uma ponte de interruptores (10), caracterizado pelas etapas seguintes:

- comando (P_1) da ponte (10) para fornecer ao circuito bobinado (12) uma tensão periódica com uma decalagem de fase (δ) em relação a uma força eletromotriz induzida no dito circuito bobinado, tal que um torque motor é gerado, a decalagem de fase tendo inicialmente um primeiro valor (δ_0);

- comando (P_2) da ponte (10) para fornecer ao dito circuito bobinado (12) uma tensão periódica com a dita decalagem de fase (δ) que provoca a realização de um torque compreendido entre o dito torque motor e o oposto do dito torque motor, a decalagem de fase tomando uma pluralidade de valores por ocasião desse comando;

- basculamento (T_2) da ponte (10) em modo retificação.

2. Processo de comando de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a decalagem de fase (δ) da tensão fornecida toma uma pluralidade de valores decrescentes no tempo entre o primeiro valor de decalagem de fase (δ_0) e um segundo valor de decalagem de fase (δ_2).

3. Processo de comando de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a utilização da primeira decalagem de fase (δ_0) e a utilização da segunda decalagem (δ_2) são separadas de um tempo compreendido entre 1 μ s e 100 μ s.

4. Processo de comando de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado por uma etapa (T_1) de redução da corrente de indução (I_{rotor}) a dita etapa de redução sendo compreendida entre a etapa de comando (P_2) da ponte com uma segunda decalagem de fase e a etapa de basculamento (T_2) da ponte em modo retificação.

5. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado por uma etapa de redução da corrente de indução iniciada enquanto um torque motor é gerado.

6. Processo de acordo com a reivindicação 4 ou 5, caracterizado pelo fato de que a etapa de basculamento (T_2) é posterior de mais de 10 ms à etapa de redução (T_1).

7. Processo de acordo com uma das reivindicações 4 a 6, caracterizado pelo fato de que a etapa de basculamento (T_2) é posterior de menos de 0,5 s à etapa de redução (T_1).

8. Processo de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a velocidade de rotação da máquina giratória é essencialmente constante no decorrer do conjunto das etapas precitadas.

9. Processo de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o dito torque de sinal oposto vale aproximadamente um torque exercido pela máquina giratória em modo retificação.

10. Processo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a decalagem de fase (δ) diminui por patamares sucessivos entre os primeiro e segundo valores de decalagem de fase.

11. Máquina elétrica giratória polifásica reversível, na qual pelo menos um circuito bobinado (12) é próprio para ser alimentado através de uma ponte de interruptores (10), caracterizada pelo fato de compreender:

- primeiros meios de comando da ponte (10) para fornecer ao circuito bobinado (12) uma tensão periódica com uma decalagem de fase (δ) em relação a uma força eletromotriz no dito circuito bobinado, tal que um torque motor é gerado, a decalagem de fase tendo inicialmente um primeiro valor (δ_0);

- segundos meios de comando da ponte (10) para fornecer ao

dito circuito bobinado (12) uma tensão periódica com uma segunda decalagem de fase (δ_2) que provoca a realização de um torque compreendido entre o dito torque motor e o oposto do dito torque motor, a decalagem de fase tomando uma pluralidade de valores por ocasião desse comando;

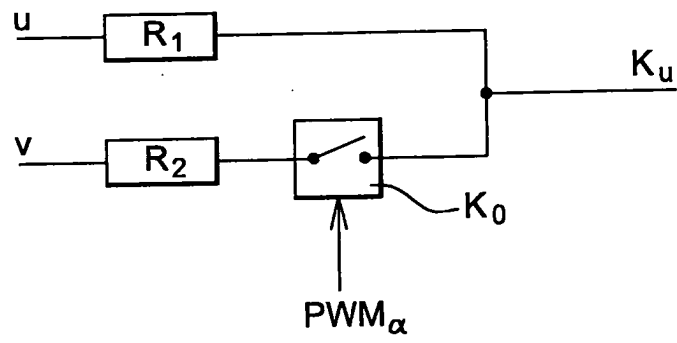
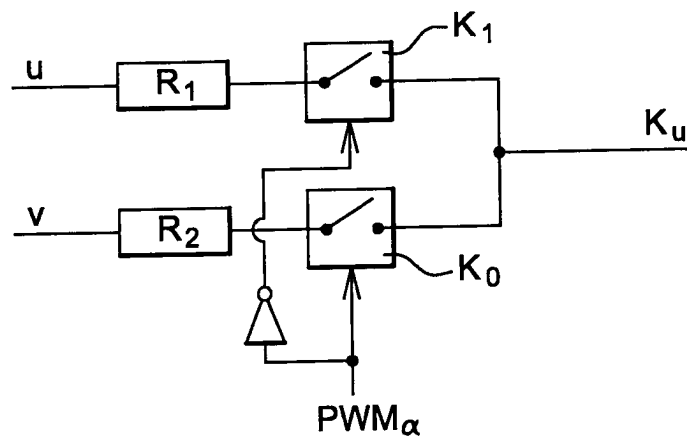
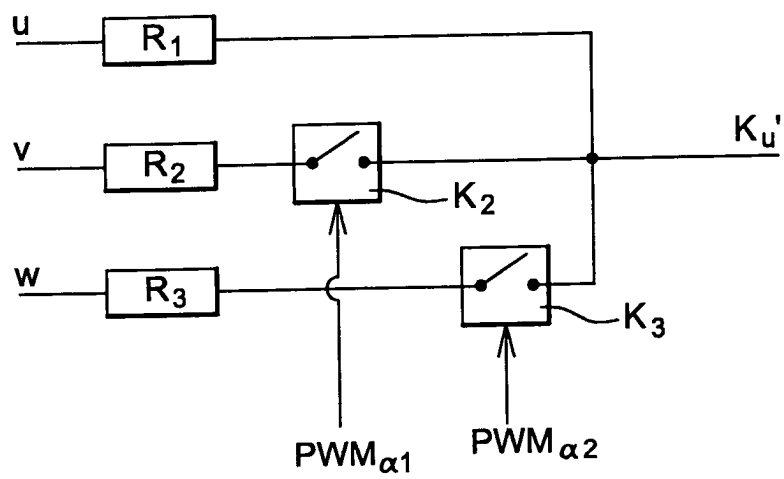
5 - meios para bascular a ponte (10) para o modo retificação.

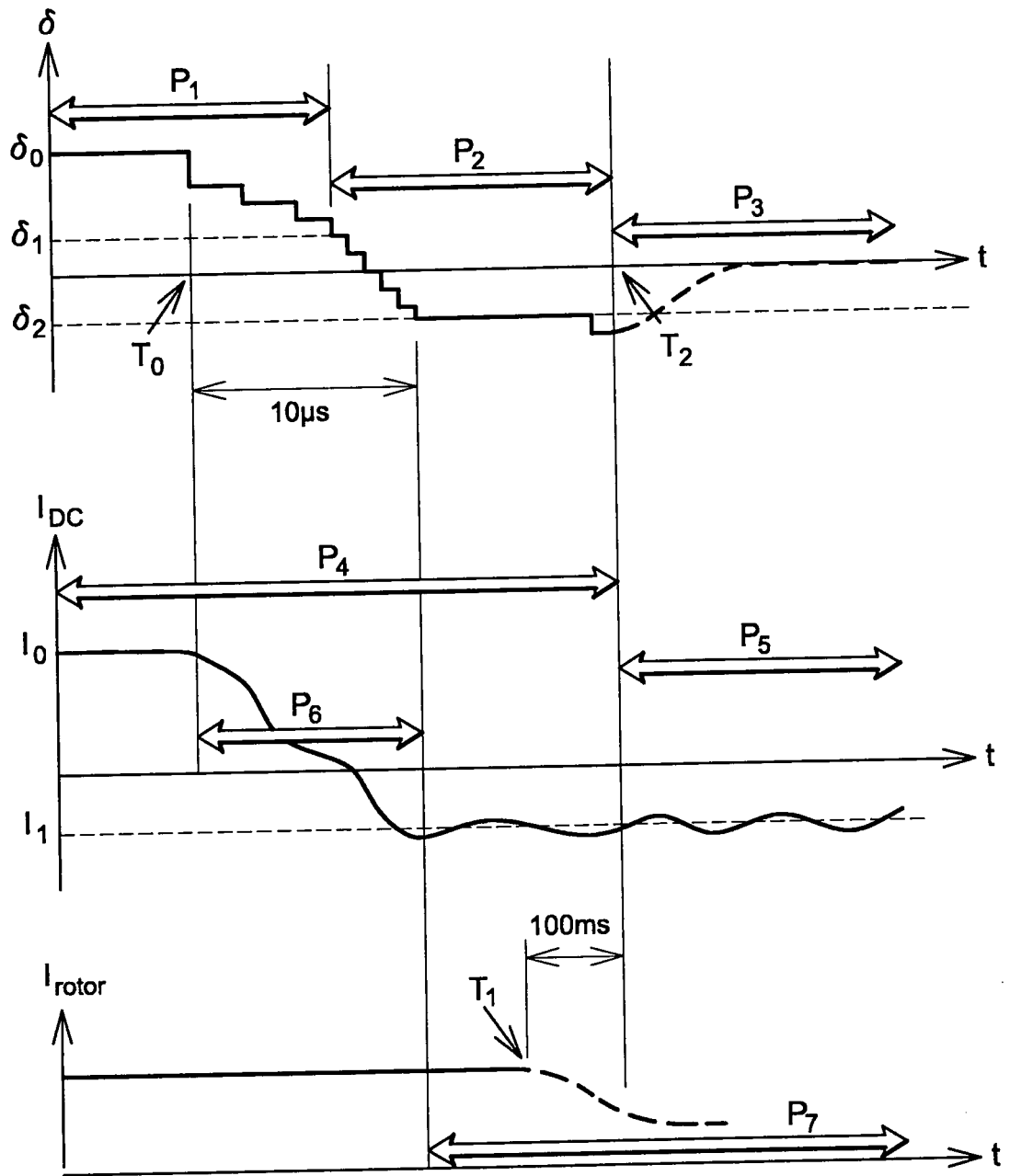
12. Máquina de acordo com a reivindicação precedente, caracterizada pelo fato de que ela compreende pelo menos um circuito misturador (32).

10 13. Máquina de acordo com a reivindicação precedente, caracterizada pelo fato de que o circuito misturador compreende pelo menos um interruptor.

14. Máquina de acordo com uma das duas reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que o circuito misturador compreende pelo menos um resistor.



**Fig. 3****Fig. 4****Fig. 5**

**Fig. 6**

RESUMO

“PROCESSO DE COMANDO DE UMA MÁQUINA ELÉTRICA GIRATÓRIA POLIFÁSICA REVERSÍVEL E MÁQUINA ELÉTRICA GIRATÓRIA POLIFÁSICA REVERSÍVEL”

5 A invenção se refere a um processo de comando de uma máquina elétrica giratória polifásica reversível, na qual pelo menos um circuito bobinado é alimentado através de uma ponte de interruptores, compreendendo as etapas seguintes: - comando (P_1) da ponte para fornecer ao circuito bobinado uma tensão periódica com uma decalagem de fase (δ) em
10 relação a uma força eletromotriz induzida no dito circuito bobinado, tal que um torque motor é gerado, a decalagem de fase tendo inicialmente um primeiro valor (δ_0); - comando (P_2) da ponte para fornecer ao dito circuito bobinado uma tensão periódica com a dita decalagem de fase (δ) que provoca a realização de um torque compreendido entre o dito torque motor e o oposto
15 do dito torque motor, a decalagem de fase tomando uma pluralidade de valores por ocasião desse comando; - basculamento (T_2) da ponte em modo retificação.