



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
 Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo  
 Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) (21) **PI 9103967 A**

(22) Data de Depósito: 18/09/91

(43) Data de Publicação: 13/04/93 (RPI 1167)

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
 H02K 5/15  
 H02K 5/18



(54) **Título:** Mancais magnéticos para motores ca utilizando os enrolamentos do estator

(71) **Depositante(s):** Universidade Federal do Rio de Janeiro (BR/RJ)

(72) **Inventor(es):** Richard Magdalena Steinhilber, Edison Hirokazu Watanabe, Andrés Ortiz Salazar

(74) **Procurador:** Maurício de Vasconcelos Guedes Pereira

(57) **Resumo:** Patente de invenção de mancais magnéticos para motores CA convencionais que aproveitam a estrutura e enrolamentos do motor para produzir tanto a levitação quanto a rotação do rotor. Estes efeitos são atingidos pela injeção de correntes adequadas nos enrolamentos do estator da máquina. Estas correntes são controladas por malhas de controle de corrente, que recebem seus sinais de referência provenientes de uma malha externa de controle de posição. Dessa forma, o espaço ocupado pelo motor e pelos mancais fica reduzido, uma vez que o próprio motor faz o papel de mancal.

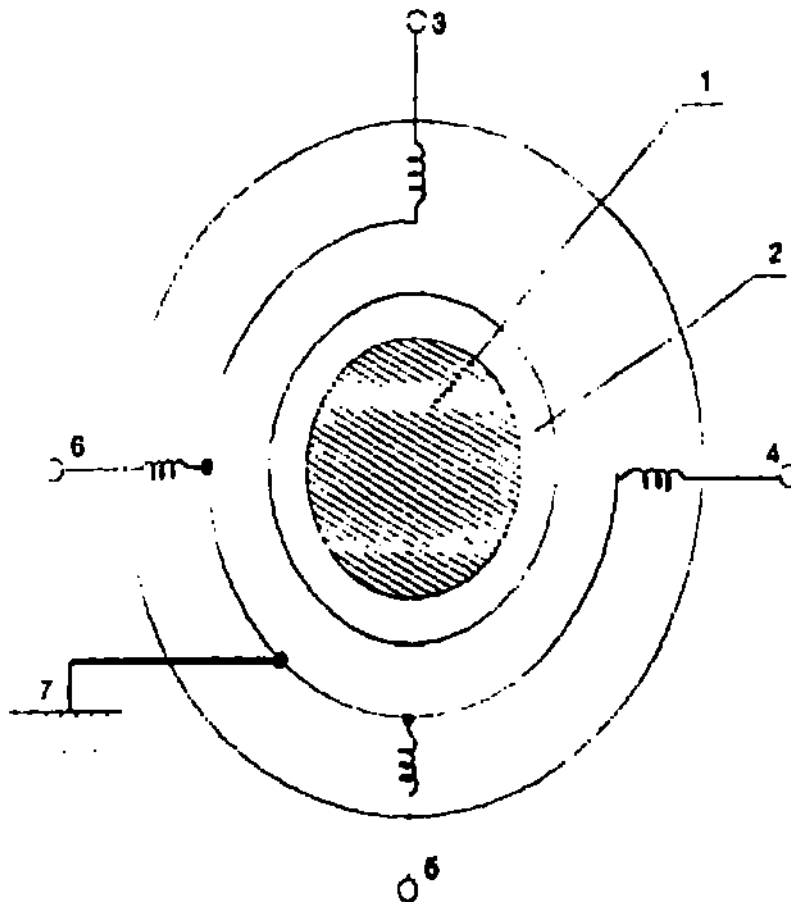


FIG. 3

**Relatório Descritivo de Patente de Invenção "MANCAIS MAGNÉTICOS  
PARA MOTORES CA UTILIZANDO OS ENROLAMENTOS DO ESTATOR"**

A proposta relaciona-se a mancais magnéticos para motores elétricos. Os motores com mancais magnéticos, devidos às suas  
5 características de atrito mecânico nulo, ausência de lubrificação e sustentação em altas velocidades de rotação, encontram aplicações na indústria espacial, nas indústrias leve e pesada e em máquinas-ferramenta, sempre que o emprego de mancais mecânicos convencionais torna-se inaceitável.

10 Conhecem-se algumas patentes (por exemplo, US 4381875, US 4337981, US 4634191, US 3845995, US 4611863), bem como os trabalhos do consórcio francês S2M sobre o assunto. Porém, em todos esses casos, utilizam-se enrolamentos e projetos de máquinas especiais para garantir a levitação, ou ainda, os  
15 mancais magnéticos são independentes da máquina rotativa.

Os sistemas convencionais que usam mancais magnéticos em máquinas rotativas constituem-se basicamente por quatro partes tal como é mostrado na Fig. 1, onde (1) são os mancais de posicionamento radial, (2) é a máquina rotativa, e (3) é o  
20 mancal de posicionamento longitudinal.

Esta patente se diferencia das demais justamente por aproveitar a estrutura e enrolamentos de um motor CA

- 2 -

máquina. Estas correntes são controladas por malhas de controle de corrente, que recebem seus sinais de referência provenientes de uma malha externa de controle de posição.

Pelo método apresentado a seguir, o espaço ocupado pelo motor e pelos mancais fica reduzido, uma vez que o próprio motor faz o papel de mancal. O uso dos mancais magnéticos é otimizado, utilizando-se o motor elétrico para duas funções, simultaneamente: posicionamento e rotação. Desta forma, reduz-se o tamanho do sistema, dada a não existência do motor intermediário, como se vê na Fig. 2, onde (1) são os mancais e motores radiais e (2) é o mancal de posicionamento longitudinal.

As forças que atuam sobre o rotor de um motor CA, para propiciar a rotação do mesmo, são predominantemente tangenciais e formam forças binárias. Por outro lado, as forças que devem atuar sobre o rotor para mantê-lo afastado do estator são essencialmente radiais. Além disso, os sinais elétricos para a produção do movimento de rotação do motor são comumente periódicos de frequência 60 Hz ou 50 Hz. Já as correntes necessárias para a produção de forças de levitação têm um comportamento de sinal contínuo. Estes fatos propiciam um fraco acoplamento entre os efeitos de rotação e levitação. Assim, os efeitos de circuitos de controle e atuação para o movimento de rotação e levitação podem ser superpostos.

O princípio de funcionamento do sistema pode ser mais facilmente entendido para o caso de um motor bifásico de indução, conforme apresentado na Fig. 1. No entanto, o princípio aqui apresentado é válido para o caso de motores trifásicos, máquinas síncronas e motores de relutância.

- 3 -

Para atingir-se o objetivo desejado, tem-se que superpor dois sinais de corrente aos enrolamentos do estator:

(1) Correntes alternas polifásicas (neste caso, bifásica), tais que:

$$i_1(t) = I_{\max} \text{ sen } \omega t,$$

$$i_2(t) = I_{\max} \text{ sen } (\omega t + \pi/2)$$

5 (2) Correntes contínuas no tempo ( $I_1, I_2, I_3, I_4$ ), que serão função da posição do rotor.

Uma forma de alimentar as bobinas do estator é mostrada na Fig. 3, onde (1) é o rotor, (2) é o entreferro, e as injeções de corrente são (3) ( $i_1 + I_1$ ), (4) ( $i_2 + I_4$ ), (5) ( $i_1 + I_3$ ),  
10 (6) ( $i_2 + I_2$ ) e o retorno de corrente é (7) ( $I_1 + I_2 - I_3 - I_4$ ).

As correntes alternadas  $i_1(t)$  e  $i_2(t)$  vão gerar um campo  $\vec{B}_{\text{gir}}$  de amplitude constante e girando à velocidade  $\omega_s$ , onde  $\omega_s$  é a frequência angular síncrona.

Assim, também, as correntes  $I_1, I_2, I_3$  e  $I_4$  vão gerar  
15 densidades de campo  $B_1, B_2, B_3$  e  $B_4$ , respectivamente. Estas densidades não dependerão do tempo, só da posição do rotor, e terão pontos de máxima intensidade sobre os eixos "x" e "y".

A densidade do campo em cada ponto do entreferro do rotor se reduz à soma dos efeitos do campo girante variante no tempo  
20 ( $\vec{B}_{\text{gir}}(t)$ ) e do campo de posição independente do tempo ( $\vec{B}_{\text{cc}}$ ), ambos de direção radial, resultando:

$$\vec{B}(t, \alpha) = \vec{B}_{\text{gir}}(t, \alpha) + \vec{B}_{\text{cc}}(\alpha)$$

- 4 -

O sistema de controle para propiciar a levitação em uma direção e a rotação encontra-se na Fig. 4 onde (1) é o sinal de referência, (2) é o controlador, (3) é o estator, (4) é o rotor, (5) é o sensor de posição, (6) é a referência de corrente para levitação ( $i_{\text{L}}$ ), (7) são as referências de corrente senoidais para rotação ( $i_{\text{R}}$ ), (8) são os controladores de corrente, (9) são as correntes impostas ao estator da máquina ( $i_1$  e  $i_2$ ) e (10) é o sinal de realimentação de posição.

### REIVINDICAÇÕES

1."MANCAIS MAGNÉTICOS PARA MOTORES CA UTILIZANDO OS ENROLAMENTOS DO ESTATOR", caracterizado pelo fato dos enrolamentos do motor CA serem usados tanto para produzir a  
5 rotação quanto a levitação do rotor.

2."MANCAIS MAGNÉTICOS PARA MOTORES CA UTILIZANDO OS ENROLAMENTOS DO ESTATOR" conforme a reivindicação 1, caracterizado por o referido motor ser um motor de indução.

3."MANCAIS MAGNÉTICOS PARA MOTORES CA UTILIZANDO OS  
10 ENROLAMENTOS DO ESTATOR" conforme a reivindicação 1, caracterizado por o referido motor ser um motor síncrono.

4."MANCAIS MAGNÉTICOS PARA MOTORES CA UTILIZANDO OS ENROLAMENTOS DO ESTATOR" conforme a reivindicação 1, caracterizado por o referido motor ser um motor de relutância.

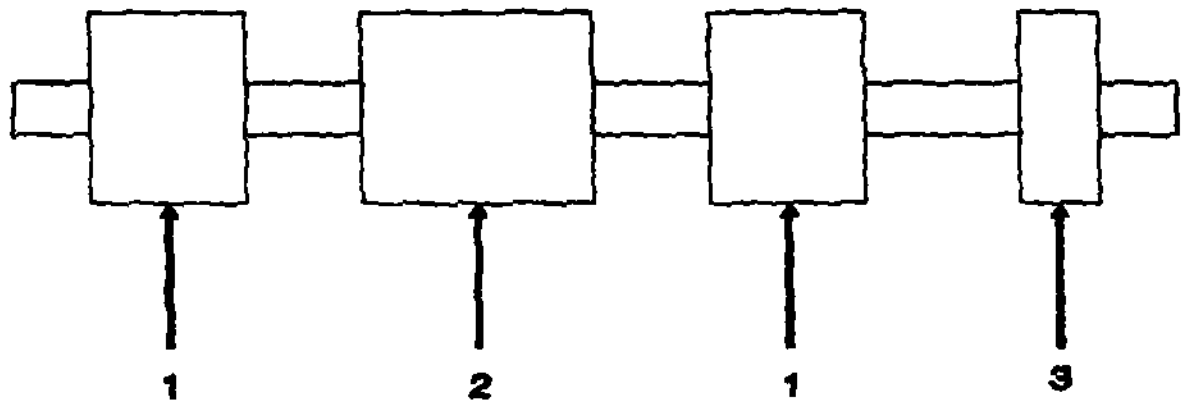


FIG. 1

2963016

SECRET

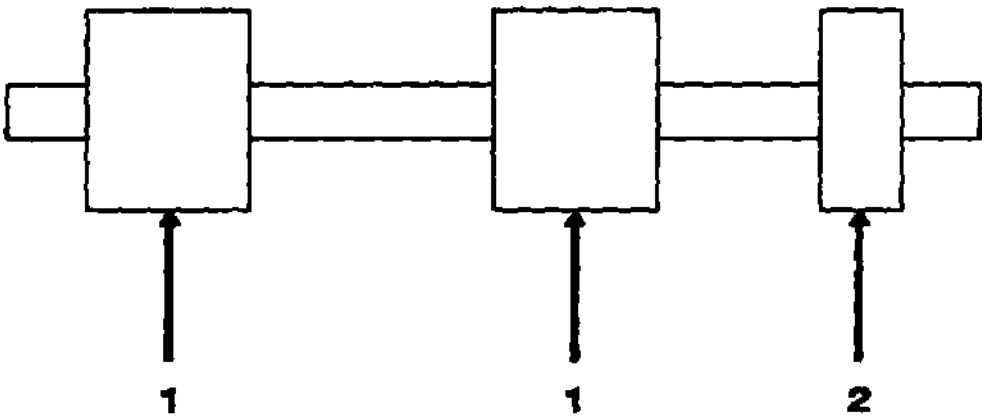


FIG. 2



9103967

REPTA

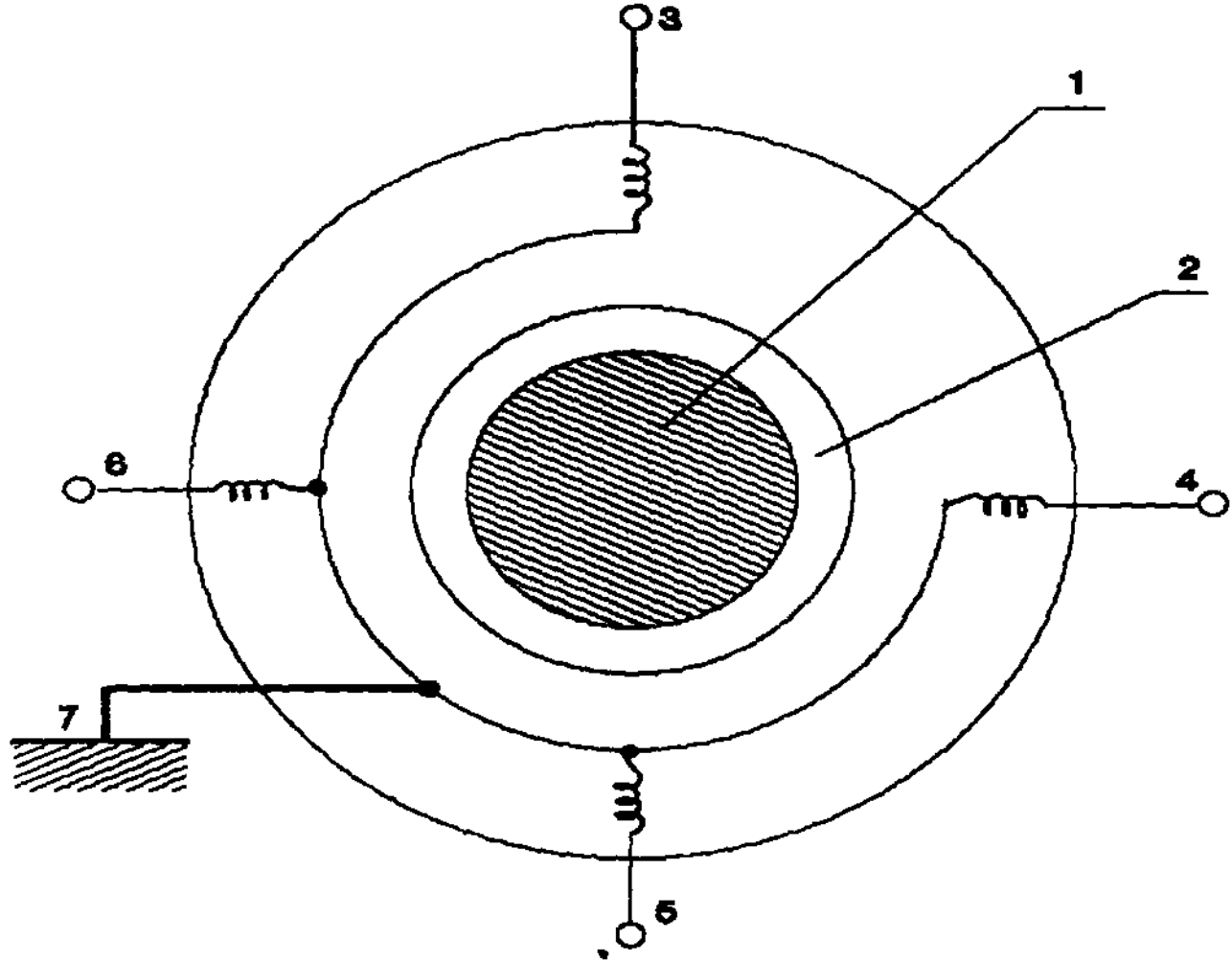


FIG. 3

SECRET

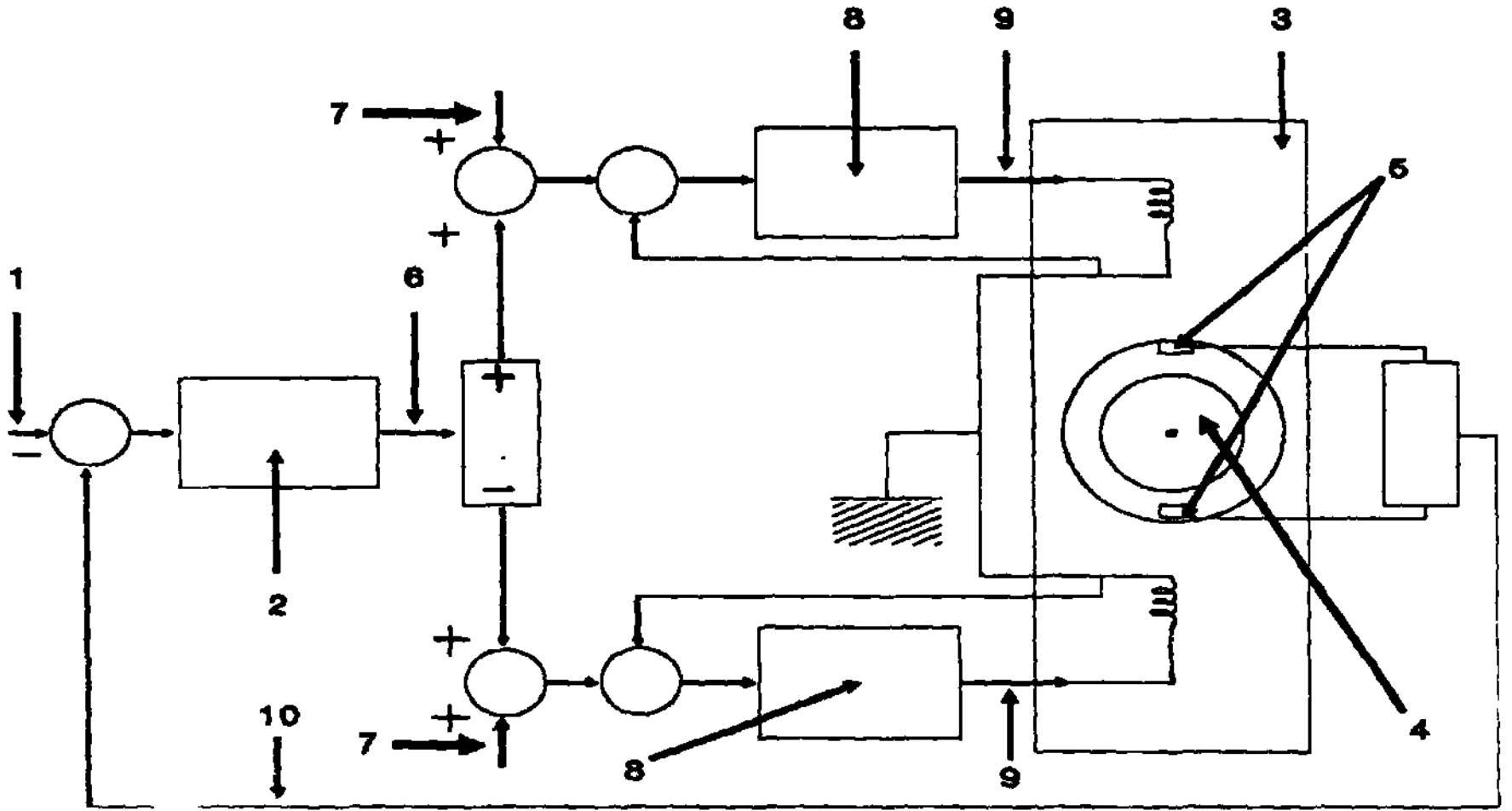


FIG. 4

## RESUMO

Patente de Invenção: "MANCAIS MAGNÉTICOS PARA MOTORES CA UTILIZANDO OS ENROLAMENTOS DO ESTATOR"

Patente de invenção de mancais magnéticos para motores CA  
5 convencionais que aproveitam a estrutura e enrolamentos do motor para produzir tanto a levitação quanto a rotação do rotor. Estes efeitos são atingidos pela injeção de correntes adequadas nos enrolamentos do estator da máquina. Estas correntes são controladas por malhas de controle de corrente, que recebem seus  
10 sinais de referência provenientes de uma malha externa de controle de posição. Dessa forma, o espaço ocupado pelo motor e pelos mancais fica reduzido, uma vez que o próprio motor faz o papel de mancal.