

MEMÓRIA DESCRITIVA

DA

PATENTE DE INVENÇÃO

Nº 92.392

NOME: CONTRAVES ITALIANA S.p.A.

EPIGRAFE: "Actuador do controlo da altitude, em particular para naves espaciais"

INVENTORES: Ing. Domenico Stella
Emílio Greco

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4º da Convenção da União de Paris de 20 de Março de 1883.

Patente Europeia, 11.04.89, sob o Nº 89830162.7

1

4.

CONTRAVES ITALIANA S.p.A.

"ACTUADOR DE CONTROLO DE ATITUDE, EM
PARTICULAR PARA NAVES ESPACIAIS"

FUNDAMENTO DA INVENÇÃO

Têm sido usados vários tipos de actuador nas naves espaciais para o controlo da atitude: motores de jacto, geradores de binário a partir de campos magnéticos ou a partir do gradiente de gravidade, etc. Porém, para a geração de binários fortes dispõe-se correntemente de apenas dois actuadores: motores de jacto mais volantes de inércia e volantes com suspensão Cardan dupla.

No entanto, os actuadores referidos apresentam vários inconvenientes:

1) Os sistemas de motores de jacto apresentam o problema da modulação do impulso o que, no estado actual da técnica, faz surgir ciclos limites;

2) o volante de inércia mantém uma direcção fixa na qual a nave espacial pode ser confinada: pode gerar-se um binário de reacção para rodar a nave espacial para a direcção prescrita fazendo variar a velocidade de rotação do volante em torno do seu eixo, mas é bem sabido que isso implica um fenómeno de saturação e que o valor do binário máximo disponível é muito baixo (0,1 a 1 Nm);

3) o volante com dupla suspensão Cardan é um actuador muito bom porque o volante tem uma velocidade de rotação

L.

constante em torno do seu eixo e, rodando o eixo do volante, ele gera binários muito intensos perpendiculares ao plano que contém a rotação; porém, aqui o plano do binário roda conjuntamente com o eixo, de modo que o controlo deste dispositivo exige cálculos complexos, que sobrecarregam a memória do computador de controlo de atitude e aumentam o tempo de computação.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Por conseguinte, o objecto principal da presente invenção consiste em proporcionar um dispositivo actuador de atitude para naves espaciais que é capaz de gerar binários de funcionamento em qualquer direcção para controlar a altitude da nave espacial usando apenas a energia recolhida pelos painéis solares (ou gerada por baterias, antes de os painéis estarem abertos).

O objecto referido, juntamente com outros objectos e vantagens, tal como podem ver-se na descrição que se segue, são atingidos segundo a presente invenção com um actuador de controlo da atitude para uma nave espacial que compreende:

- a) uma armação ligada rigidamente à nave espacial;
- b) dois volantes accionados por motores respectivos com velocidades de rotação iguais e opostas e suportados por suspensões Cardan montadas rotativamente na armação em torno de eixos respectivos paralelos, perpendiculares aos eixos dos volantes; e
- c) meios motores para rodar as suspensões Cardan com

deslocamentos angulares desejados em torno dos seus eixos de apoio rotativo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Descreve-se com mais pormenor a presente invenção com referência a uma forma de realização preferida ilustrada nos desenhos anexos, cujas figuras representam:

A fig. 1, o actuador numa posição de repouso ou posição de espera, com a capacidade de gerar um binário na direcção (Y); e

A fig. 2, o mesmo actuador numa posição de geração do binário.

DESCRIÇÃO PORMENORIZADA DE UMA FORMA DE REALIZAÇÃO PREFERIDA

A configuração básica do actuador está representada na fig. 1 e é constituída por dois volantes idênticos (F1) e (F2), suportados em suspensões Cardan respectivas (G1) e (G2) e accionados por motores respectivos (M1) e (M2), montados nas respectivas suspensões Cardan, para rodar com velocidades angulares constantes com o mesmo valor e em sentidos opostos, em torno de eixos de rotação (Z1) e (Z2), como se representa pelas setas (V1) e (V2) da fig. 1.

As suspensões Cardan (G1) e (G2) têm veios respectivos (A1) e (A2) que estão apoiados rotativamente numa armação (S) e cujos eixos (X1) e (X2) são paralelos entre si e perpendiculares aos eixos de rotação (Z1) e (Z2) dos volantes. A armação

(S) está ligada rigidamente à nave espacial (não representada).

Um motor (MG) montado na armação (S) suporta uma roda dentada (TG) que engrena, por um lado, com uma roda dentada (T2) enchavetada no veio (A2) da suspensão Cardan (G2) e, por outro lado, com uma roda dentada livre (TF) que, por sua vez, engrena com uma outra roda dentada (T1) enchavetada no veio (A1) da suspensão Cardan (G1), tendo todas as rodas dentadas as mesmas dimensões. Portanto, quando se faz funcionar o motor (MG), as suspensões Cardan (G1) e (G2) rodam em tornodos seus eixos respectivos com deslocamentos angulares do mesmo valor e de sentidos opostos.

Um eixo comum (Y) está definido como estando situado num plano definido pelos eixos de rotação (Z1) e (Z2) e como sendo perpendicular aos eixos (X1) e (X2).

Quando a armação (S) (isto é a nave espacial) for rodada em torno de qualquer eixo arbitrário, enquanto os volantes rotativos estão nas suas posições de repouso representadas na fig.1, a única reacção oposta pelo sistema às forças exteriores é uma reacção devida à sua inércia total, que é a mesma que se os dois volantes estivessem fixos.

Mas, com referência à fig. 2, se se ligar agora o motor (MG) para rodar as suspensões Cardan (G1) e (G2) com um deslocamento angular pretendido, gera-se um binário exterior. Vai agora explicar-se este efeito:

A equação fundamental da rotação de um corpo rígido em torno de um eixo fixo relativamente a uma armação inerte é:

$$\frac{d\vec{J}}{dt} = \vec{M} \quad (1)$$

sendo:

- $\vec{J}$ o momento angular ("spin") do corpo; e
- $\vec{M}$ o binário aplicado.

Numa armação rodando com a velocidade angular ω , a equação fundamental (1) transforma-se em:

$$\frac{d\vec{J}}{dt} + \vec{\omega} \cdot \vec{J} = \vec{M}, \quad (2)$$

e é nesta forma que se aplica aos dois volantes considerados.

Quando se aplica a equação (2) aos dois volantes (F1) e (F2) na unidade da fig. 1, pode ver-se que se produz um binário líquido pelo sistema, que está dirigido ao longo do eixo (Y) e tem a amplitude:

$$|M| = 2 \omega_x H_g \cos(\omega_x t)$$

sendo:

ω_x a velocidade angular de cada um dos eixos dos volantes em torno do eixo (X); e

H_g o momento angular ("spin") de cada um dos volantes.

Um tal binário faz com que a armação (S) rode em torno do eixo (Y) com a aceleração angular:

$$\dot{\omega}_s(t) = \frac{2 \omega_x H_g \cos(\omega_x t)}{I} \quad (3)$$

onde I é o momento de inércia da armação (S).

Se os eixos dos volantes rodarem segundo uma lei arbitrária $\beta(t)$, a equação (3) anterior dá:

$$\dot{\omega}_s(t) = \frac{2 \omega_x(t) H_g \cos \beta(t)}{I}$$

e, por integração:

$$\omega_s(t) = \frac{2 H_g}{I} \sin \beta(t).$$

A velocidade angular da armação (S) depende apenas da posição $\beta(t)$ dos eixos dos volantes, isto é do seu ângulo de rotação, e pode por conseguinte ser ajustada de maneira análoga à de todos os sistemas de controlo convencionais.

Quando se parar a rotação dos eixos dos volantes, anular-se-

-ã o binário e a armação (S) pode ser parada levando de novo os eixos dos volantes às suas posições iniciais ou de repouso.

Embora na forma de realização preferida se proporcionem meios motores para rodar as suspensões Cardan apenas em torno dos eixos (X1) e (X2), deve realçar-se o facto de que se poderia aplicar o mesmo conceito, por exemplo, para a rotação dos eixos dos volantes em torno do eixo (Y), de modo que se obtivesse um binário orientado ao longo do eixo (X). Mais geralmente, o conceito da presente invenção pode ser adaptado para produzir um binário em qualquer direcção.

Se se fizer a comparação com os actuadores de controlo de atitude convencionais, pode ver-se que o dispositivo atrás referido apresenta várias vantagens importantes, algumas das quais foram enumeradas atrás. Em particular, o momento angular total dos volantes está disponível 100%, em contraste com apenas uma disponibilidade de 25% dos actuadores convencionais; pode portanto gerar-se um binário mais intenso com a mesma massa.

O dispositivo descrito encontra aplicação em vários domínios:

- No controlo da nutação das naves espaciais rotativas que rodam em torno de eixos de baixo momento de inércia; como pode aplicar-se um binário sinusoidal, não há já deriva do momento da nave espacial.
- No acoplamento de duas aeronaves, pelo uso simultâneo de um grupo de jacto; este será usado apenas para o deslocamento do centro de massa.
- No assestamento preciso de dispositivos ópticos tais

como telescópios, antenas, etc., devido à elevada resolução do dispositivo quando é utilizado num anel de servocomando.

- No controlo preciso da órbita nas missões interplanetárias, como a Giotto.

Descreveu-se atrás uma forma de realização preferida na qual as suspensões Cardan são deslocadas angularmente por um motor através de uma engrenagem dupla com uma roda dentada livre, mas poderiam usar-se outros mecanismos, tais como engrenagens cônicas, correias e similares, ou dois motores rodando em sentidos opostos para accionar cada uma das suspensões Cardan, por transmissão directa. Esta e outras modificações da forma de realização atrás descrita devem considerar-se como fazendo parte do conceito da presente invenção.

R E I V I N D I C A Ç Õ E S

1.- Actuador de controlo de atitude para naves espaciais, caracterizado por compreender:

- a) uma armação (S) ligada rigidamente com a nave espacial;
- b) dois volantes (F_1, F_2) accionados por motores respectivos (M_1, M_2) com movimentos de rotação opostos e iguais e suportados por suspensões Cardan (G_1, G_2) apoiadas rotativamente na armação em torno de eixos paralelos respectivos e perpendiculares aos eixos dos volantes; e
- c) meios motores (MG, TG, TF, T1, T2) para rodar as suspensões Cardan com deslocamentos angulares desejados em torno dos seus eixos de rotação.

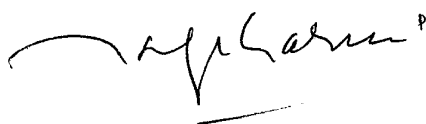
2.- Actuador de atitude de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por os volantes serem idênticos.

3.- Actuador de atitude de acordo com a reivindicação

2, caracterizado por os deslocamentos angulares terem a mesma amplitude e sentidos opostos.

4.- Actuador de atitude de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por os meios motores compreenderem um motor e transmissões respectivas para cada uma das suspensões Cardan,

Lisboa, 23 de Novembro de 1989
O Agente Oficial da Propriedade Industrial

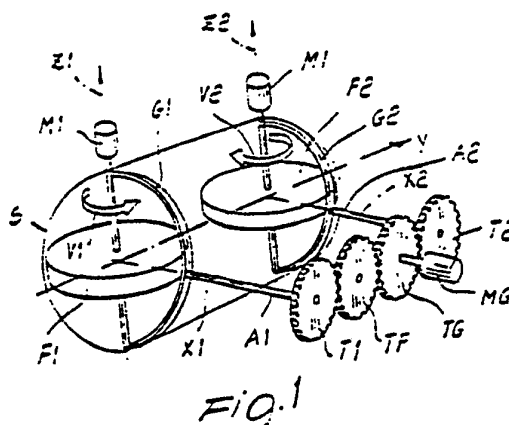


4.

R E S U M O

"Actuador de controlo de atitude, em particular para naves espaciais"

A invenção refere-se a um actuador de controlo de atitude, no qual dois volantes (F_1, F_2) são accionados por motores respectivos (M_1, M_2) com movimentos de rotação opostos e iguais, os quais são suportados por suspensões Cardan (G_1, G_2). As suspensões Cardan estão apoiadas rotativamente numa armação (S), ligada rigidamente à nave espacial, em torno de eixos paralelos respectivos perpendiculares aos eixos dos volantes. Meios motores (MG, TG, TF, T_1, T_2) estão montados na armação para rodar as suspensões Cardan com deslocamentos angulares desejados em torno dos seus eixos de rotação.



Lisboa, 23 de Novembro de 1989

O Agente Oficial da Propriedade Industrial

[Assinatura]

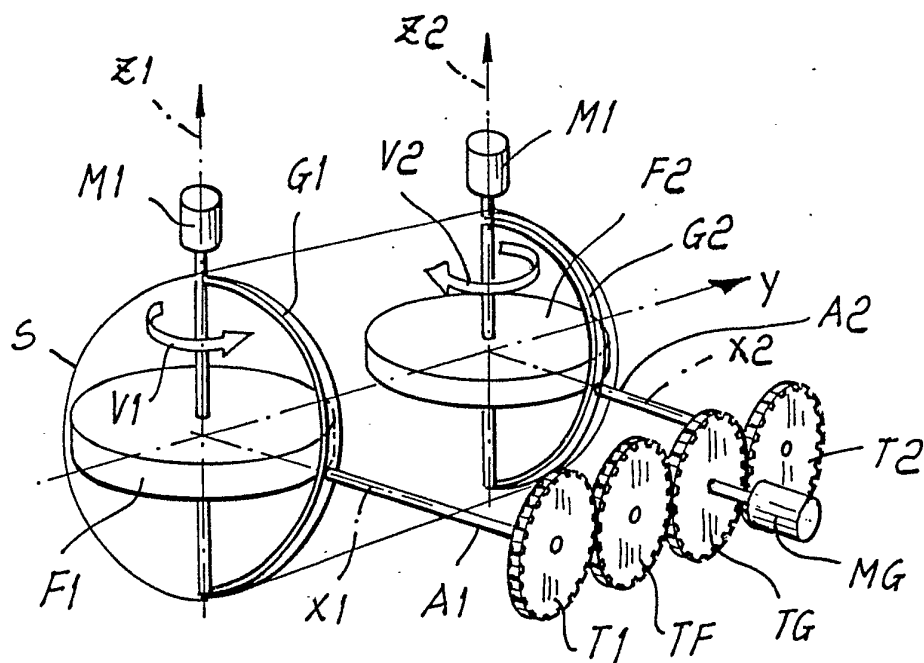


Fig. 1

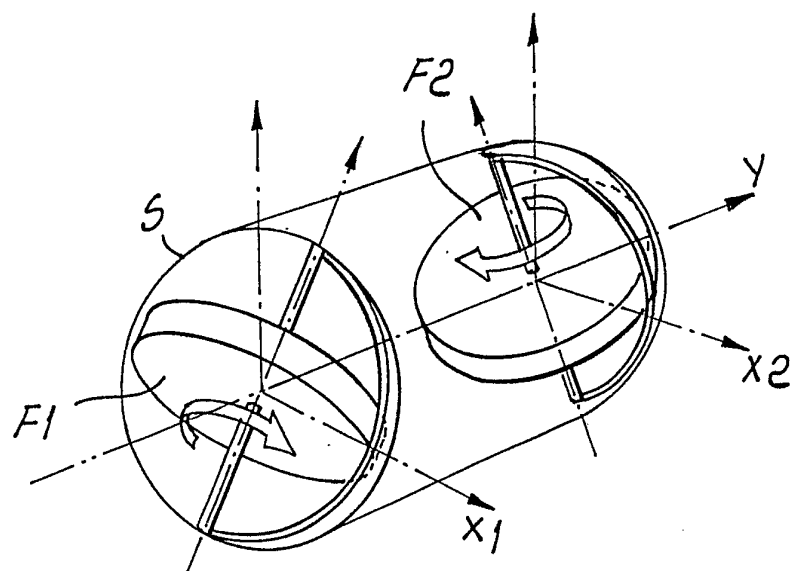


Fig. 2