

ORIENTACIÓN DE SATÉLITES

SATELLITES ORIENTATION

Luis M^a. Aznar Hermosilla
Ingeniero Industrial

Resumen

Los satélites artificiales usan volantes de inercia para su posicionamiento, sistema que les permite tener una vida más larga que el otro sistema posible: eyectar gases al espacio a gran velocidad por dos toberas de tal manera que formen un par de fuerzas, sistema, que evidentemente tiene una vida limitada a la duración de la materia a eyectar. Se explica cómo funciona este sistema de inercia.

Palabras clave: Satélite, momento de inercia, momento cinético, velocidad angular.

Abstract

Satellite orientation in space is important for continuous solar cell and antenna orientation. This orientation is performed by means of flywheels. The technique allows satellites having the largest useful life. Is there any other technique? Yes. It consists in the use of radial jets, constituted by two nozzles producing the moment of a couple. Such a technique allows a limited life to the system, since it lasts when the material to be ejected is finished. The article explains the functioning of the flywheel technique

Key words: Satellite, moment of inertia, angular momentum, angular velocity.

Se han obtenido con el *Hubble* bonitas y muy interesantes fotografías del cosmos, galaxias, nebulosas, etc., pero ¿sabemos cómo se orienta? A continuación explicaremos cómo.

Es habitual que, cuando un satélite ha sido puesto en la órbita deseada, no quede orientado adecuadamente. Por ejemplo, sus paneles solares no apuntan al Sol o su antena parabólica de transmisión de información a la Tierra no apunta en la dirección adecuada o un telescopio no apunta a la parte del espacio deseada, etc.

Todo ello se soluciona mediante el empleo de toberas que, dirigiendo al espacio un chorro de gases en la dirección adecuada, orientan, por ejemplo, una estación orbital.

El sistema tiene como parte negativa el necesitar un producto que, convirtiéndose en gas, es expulsado al espacio, lo cual significa una pérdida de masa y una limitación de la vida útil del satélite, lanzadera, estación orbital, etc.

Existe un sistema de orientar un satélite sin pérdida de masa, con el consumo de una cantidad pequeña de energía y muy preciso que pasamos a explicar.

Consideremos un satélite, sin velocidad angular alguna en cuyo interior disponemos de un motor eléctrico que ponemos en funcionamiento. El satélite comenzará a girar en sentido contrario al del rotor del motor eléctrico debido al principio de acción y reacción referido al movimientos de rotación y que podría enunciarse así:

“Todo cuerpo sometido a un par de fuerzas, ejerce sobre el cuerpo que le aplica dicho par, otro par igual pero de sentido contrario”.

Existe otra forma física de explicar lo anterior y es mediante la conservación del momento cinético definido como el producto de $I\omega$ siendo I el momento de inercia y ω la velocidad de rotación. En el caso del párrafo anterior, dicho momento cinético es cero al serlo ω la velocidad de rotación, lo cual nos lleva a la ecuación: $I\omega = I_r\omega_r + I_{s-r}\omega_{s-r} = 0$

En esta ecuación, los símbolos sin subíndice se refieren a todo el satélite, el subíndice r al rotor y el $s-r$ al satélite excluyendo el rotor siendo

I , el momento de inercia del satélite.

I_r , el momento de inercia del rotor.

I_{s-r} , el momento de inercia del satélite sin rotor.

ω , la velocidad angular del satélite en su conjunto.

ω_r , la velocidad angular del rotor.

ω_{s-r} , la velocidad angular del satélite sin rotor.

Como $\omega = 0$ y ω_r no es cero, el satélite, con exclusión del rotor del motor eléctrico, tiene una velocidad angular ω_{s-r} que no es cero y que puede usarse para posicionar la orientación del satélite. Una vez posicionado correctamente el satélite, se para el motor eléctrico y todo el satélite se queda en su nueva orientación. En el caso de que el satélite sufra una nueva desorientación, se puede volver a usar el sistema tantas veces como sea necesario.

No debe confundirse lo anterior con el uso de masas giratorias (giroscopios), cuyo uso y finalidad sea él de sensores de posición que indiquen cuál es la orientación del satélite.

Una aplicación práctica del mismo debe tener en cuenta que, tanto el momento cinético como el impulso angular, son magnitudes vectoriales y que, para cambiar la orientación del satélite, hay que aplicarle una velocidad de rotación cuya dirección y sentido sean los adecuados, lo cual se traduce en que debe elegirse la dirección en la cual apunta el eje del rotor. La velocidad angular medida en radianes cada segundo del rotor no es crítica.

Aunque la parte física es la fundamental, un poco de matemáticas sencillísimas en este caso nos lleva a:

$$I\omega = I_s\omega_s + I_r\omega_r = 0; I_r\omega_r = -I_s\omega_s$$

Si multiplicamos ambos miembros de la igualdad por t (tiempo durante el cual está girando el rotor) obtenemos:

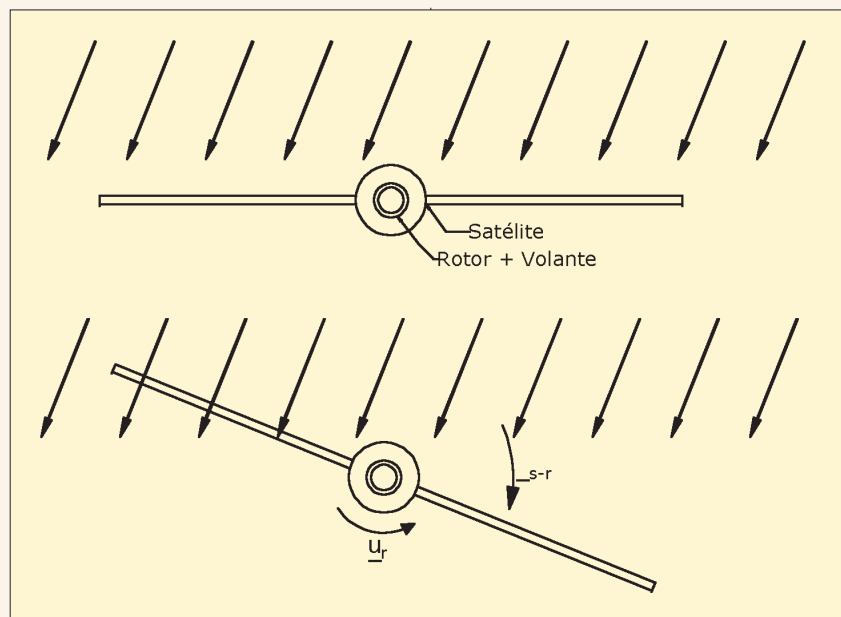
$$I_r\omega_r t = -I_s\omega_s t; \omega_r t = \theta \text{ (ángulo girado)}$$

Tendremos

$$I_r\theta_r = I_s\theta_s; \theta_s = -\frac{I_r}{I_s}\theta_r$$

Es decir, el ángulo girado por el satélite es proporcional al girado por el volante de inercia y su constante es proporcional a su momento de inercia.

Para orientar un satélite puede construirse un cajón orientador que contenga tres motores, cada uno con su volante de inercia, cuyos ejes de giro sean perpendiculares entre sí y, una vez decidido el giro deseado a efectuar al satélite (es un vector),



proyectar el vector sobre los tres ejes de los motores orientadores y aplicar a los motores los giros correspondientes a dichas proyecciones hasta conseguir la orientación deseada, parando finalmente los motores.

Debido a que la masa de un satélite es una variable muy importante, y que es deseable conseguir una masa pequeña del mismo por razones de economía en su puesta en órbita, considero que la solución más recomendable no es la explicada en el párrafo anterior sino que algún dispositivo permita la orientación del eje del conjunto motor volante de inercia (por ejemplo, una junta cardan) antes de su puesta en marcha.

Considero curioso e interesante que se puedan mantener dos puntos de vista aparentemente contradictorios siendo rigurosamente ciertos los dos.

Primer punto de vista: sin aplicación de un par exterior, ningún cuerpo puede cambiar su momento cinético por lo cual es imposible girarlo.

Sí damos una vuelta completa al volante de inercia en el satélite anterior, el satélite aparentemente gira y es prácticamente imposible deducir que en realidad no ha girado, ya que el giro aparente del satélite queda compensado con la vuelta completa del volante, imposible de detectar.

En el caso de que un satélite quede en órbita con una cierta velocidad angular, es posible en principio anu-

larla haciendo que su momento cinético se transmita al volante de inercia, orientando adecuadamente dicho volante y dándole la velocidad de rotación adecuada, pero en este caso dicho volante tiene que mantener la velocidad de rotación. Si se para el volante, el satélite volverá a girar.

Aunque lo hasta ahora expuesto es fruto de mi imaginación, el uso de toberas en las lanzadoras americanas tales como el Challenger para orientarlas parece ser el sistema de orientación. No obstante, muchos satélites emplean el sistema inercial aquí descrito.

Finalmente cayeron en mis manos unos libros sobre satélites artificiales, en los que figuraba incluso un plano de un dispositivo de orientación. Según parece el uso de tres dispositivos orientadores a 90° formando sus ejes un triedro trirrectángulo, es lo más habitual, usan imanes para el centro del volante de inercia y, en su diseño, se tiene en cuenta la aceleración a que se le someterá durante su lanzamiento.

Comentario adicional ¿Cómo es posible que un gato caiga siempre de pie (siempre que la altura desde la que cae sea suficiente)?

La respuesta tiene dos explicaciones: el uso del aire como medio de orientación, tal como lo hacen los paracaidistas y el uso de lo anteriormente explicado: el movimiento de sus patas hace de rotor. ■