

# INSTABILIDADES EM SATÉLITES *DUAL-SPIN* COM UM AMORTECEDOR DE NUTAÇÃO AXIAL

Alex Thaumaturgo Dias (Bolsista PIBIC/CNPq)  
 Aluno da Universidade de Taubaté (UNITAU)  
 Orientador: Dr. Mário César Ricci

Esse trabalho tem como objetivo fazer uma investigação sobre a instabilidade no movimento de um satélite *dual-spin* com um amortecedor de nutação axial. O estudo da dinâmica do movimento de um satélite *dual-spin* é um caso especial de muito interesse na área de engenharia e tecnologia de satélites. Alguns satélites de sensoriamento remoto e de comunicação possuem partes rotativas que podem ser representadas pelo esquema *dual-spin*. Essa denominação é dada a satélites que combinam as vantagens de uma plataforma orientada e de um rotor encarregado de manter a rigidez giroscópica. Para efeito de estabilização em torno do eixo de menor momento de inércia um dispositivo dissipador de energia deve ser incluído na parte orientada.. As equações do movimento foram obtidas através da energia cinética total do sistema e utilizando as equações de Lagrange para coordenadas generalizadas e para quase-coordenadas.

Em muitos casos, que ocorrem na prática, a plataforma gira em torno do eixo z, que é o eixo axial do rotor. Esse eixo faz parte do sistema x, y, z que é fixo na plataforma a qual gira com uma velocidade angular  $\omega_p$  (constante) em torno de z. Em muitos casos práticos  $\omega_p$  é a taxa orbital que permite o apontamento contínuo da plataforma em relação à Terra (essa condição é a nominal e supõe-se também que  $\omega_x = \omega_y = 0$ ). O rotor deve girar com relação à plataforma com uma velocidade constante  $\Omega_r$ , de tal forma que a velocidade angular absoluta do rotor em torno do eixo z, será  $\omega_r = \omega_p + \Omega_r$ . Ora, o módulo do momento angular total do satélite é, então,  $h = I_p \omega_p + I_r \omega_r$ , onde  $I_p$  e  $I_r$  são os momentos de inércia da plataforma e do rotor em relação ao eixo do rotor (eixo z). É possível mostrar, para um satélite *dual-spin* com um amortecedor tipo massa-mola na plataforma, que para o movimento ser estável nessas condições (ver Kaplan, 1976) é necessário observar as seguintes condições de estabilidade

$$h - I_x \omega_p > 0, \quad h - I_y \omega_p > 0,$$

onde  $I_x$  e  $I_y$  são os momentos de inércia do satélite em relação aos eixos x e y.

Algumas conclusões importantes desse trabalho são as seguintes:

- a) Em muitas aplicações a plataforma não possui giro nenhum ( $\omega_z = \omega_p = \omega_x = \omega_y = 0$ ). Então a condição de estabilidade se torna  $h > 0$ . Essa condição pressupõe amortecimento somente na plataforma (um amortecedor de nutação deve ser colocado na plataforma). Observe que a condição não especifica qualquer relação de inércias. Logo, o eixo z pode ser, por exemplo, o eixo de menor momento de inércia do satélite.
- b) Suponha que o rotor não gira absolutamente ( $\omega_r = 0$ ) e a plataforma, com amortecedor, gira com  $\omega_p$ . A estabilidade requer

$$I_p - I_x > 0, \quad I_p - I_y > 0,$$

que é análoga a regra do giro em torno do eixo de maior momento de inércia (o momento de inércia da plataforma em torno do eixo de giro z deve ser maior que os momentos de inércia do satélite em torno dos eixos x e y).

- c) Se ambos, plataforma e rotor, giram com velocidades diferentes, tem-se

$$I_r \omega_r + \omega_p (I_p - I_x) > 0, \quad I_r \omega_r + \omega_p (I_p - I_y) > 0.$$

Se  $\omega_r$  e  $\omega_p$  têm o mesmo sinal verifica-se que é necessário uma rotação mínima no rotor para alcançar a estabilidade em torno do eixo de menor momento de inércia. Se  $\omega_r$  e  $\omega_p$  têm sinais opostos pode acontecer que as condições para a estabilidade não sejam atendidas mesmo que  $I_z$  seja o eixo de maior momento de inércia. Então, é possível que um satélite *dual-spin* seja instável mesmo girando em torno de seu eixo de maior momento de inércia.