

## Aula 19: Sensores de velocidade empregados em determinação, navegação e controle de atitude: Giroscópios.

### Giroscópios

Um *giroscópio*, ou *giro*, como será visto mais adiante em maior profundidade, é qualquer instrumento possuindo uma massa que gira em alta velocidade com o intuito de sentir e responder a mudanças na orientação inercial do eixo que gira com a massa. Em satélites são usados três tipos básicos de giroscópios: *giros de velocidade* (*rate gyros* - RGs) e *giros integradores de velocidade* (*rate-integrating gyros* - RIGs) - são sensores de atitude usados para medir alterações na atitude do satélite; e *giros para controle de atitude* (*control moment gyros* - CMGs) - que geram torques de controle para alterar ou manter a orientação do satélite.

Os *giros de velocidade* medem as velocidades angulares do satélite e, em geral, fazem parte de um sistema realimentado para controle de velocidade de giro ou estabilização de atitude. As saídas de velocidades dos RGs podem ser integradas por um computador de bordo para fornecer uma estimativa do deslocamento de atitude do satélite a partir de alguma referência inicial. Os *giros integradores de velocidade* fornecem os deslocamentos angulares do satélite diretamente. Em algumas aplicações, a saída do RIG consiste da rotação total do satélite a partir de uma referência inercial. Em outros casos, a saída consiste da quantidade de rotação incremental durante pequenos intervalos de tempo. Uma medida precisa do deslocamento total de atitude pode, então, ser obtida, integrando as velocidades médias angulares construídas dos deslocamentos incrementais. As velocidades médias angulares, construídas desta forma, podem, também, serem usadas para controle de giro ou para estabilização via realimentação. Os RIGs são geralmente mais precisos que os RGs, quando usados para ambos os procedimentos. Entretanto, são mais caros também.

Os *giros para controle de atitude* não são sensores de atitude como os RGs e os RIGs, mas são usados para gerar torques de controle de atitude em resposta a comandos de bordo ou de Terra. Eles operam de modo parecido com as rodas de reação, a não ser pelo fato de que seus eixos de giro são montados sobre uma estrutura móvel chamada *gimbal*. Os torques são gerados para comandar rotações das estruturas e, portanto, alterações na orientação do eixo de giro. Os CMGs podem ser usados em conjunção com RGs ou RIGs e um computador de bordo, como componentes de um sistema de determinação e controle de atitude. Os CMGs são usados apenas para grandes satélites, dado o alto custo e peso.

Todos os giros têm a geometria básica mostrada na Fig. 45. O vetor momento angular de um RG ou de um RIG é constante em módulo e paralelo ao eixo de giro do instrumento. Dado que esse vetor mantém a sua orientação inercial na ausência de torques aplicados, a rotação do satélite em torno do *eixo de entrada* ocasiona a precessão da estrutura, que suporta o eixo do rotor, em torno do *eixo de saída*, ou *eixo de rotação da estrutura*. A saída de um RG ou RIG é obtida do movimento do *gimbal*. Um CMG opera essencialmente de maneira reversa. Um deslocamento comandado no *gimbal* e a alteração resultante no vetor momento angular causa um controle de torque em torno do eixo de entrada do giro.

O exemplo mostrado na Fig. 45 é o de um giro de apenas um grau de liberdade (ou *single-degree-of-freedom*, *SDOF*, *gyro*), pois o eixo de giro é suportado por apenas um *gimbal*, e o giro é, então, sensível a somente uma direção. Em muitas aplicações o eixo de giro é também suportado por um segundo *gimbal*, resultando num giro de dois graus de

liberdade (ou *2-degree-of-freedom*, *TDOF*, *gyro*). Pode-se utilizar dois ou mais giros TDOF ou três ou mais giros SDOF para sentir ou controlar todos os três eixos. Por exemplo, uma configuração de quatro RIGs, conhecida como um Conjunto de Referência Inercial (ou *Inertial Reference Assembly*, *IRA*), foi utilizada para determinação de atitude e controle de velocidade no satélite HEAO-1. Os eixos de entrada desses giros estão orientados de tal forma que qualquer combinação de três giros fornecem informação completa sobre os três eixos. O giro extra é incluído por razões de redundância. O IRA proposto para o SMM consistiu de três TDOF RIGs. Uma configuração de três TDOF CMGs, mostrada na Fig. 46, foi usada no sistema de controle de atitude do *Skylab*.

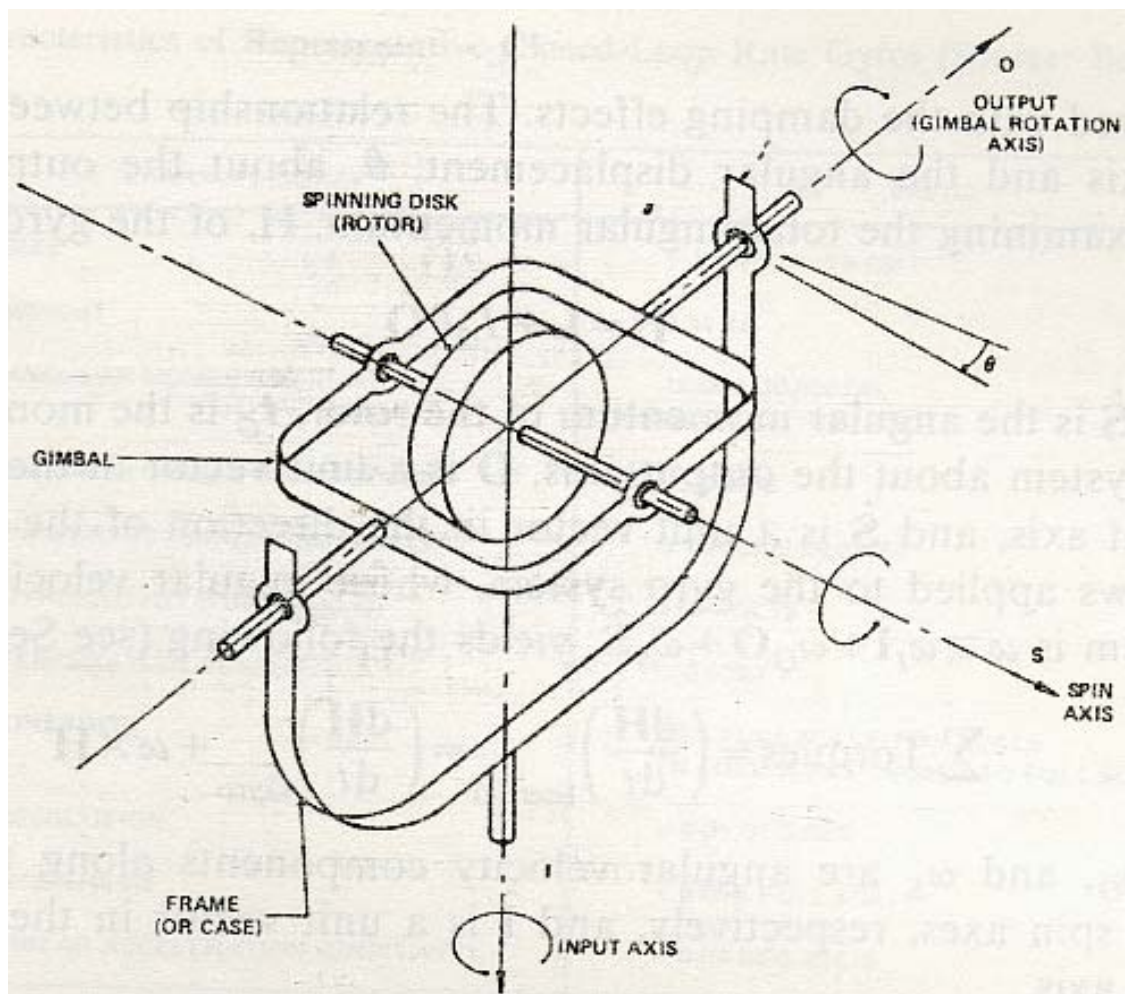


Fig. 45 – Geometria da construção de um giroscópio de um grau de liberdade.

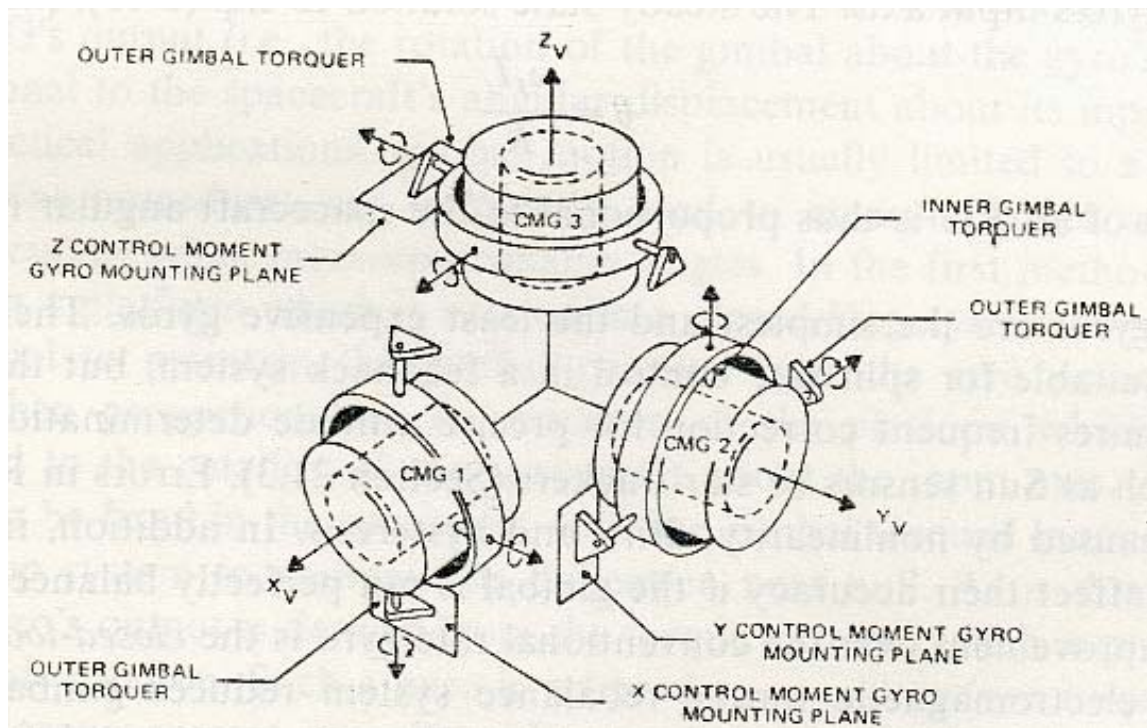


Fig. 46 – Configuração dos giros para gerar torques de controle no *Skylab*.