

Aula 20: Sensores de velocidade empregados em determinação, navegação e controle de atitude: Giroscópios. Giros de Velocidade.

Giros de Velocidade

A saída de um giro de velocidade é obtida medindo a rotação do *gimbal*, ou estrutura que suporta o eixo de giro, em torno do eixo de saída. A excursão dessa estrutura é impedida pelo amortecimento viscoso e por uma mola de restrição, onde a constante da mola é escolhida de forma que a força de mola é bem maior que a força devido ao amortecimento. A relação entre a velocidade em torno do eixo de entrada e o deslocamento angular, θ , em torno do eixo de saída, pode ser obtida examinando o momento angular total, \mathbf{H} , do sistema giro, ou

$$\mathbf{H} = \mathbf{L} + I_o \dot{\theta} \hat{\mathbf{O}}, \quad (12)$$

onde $\mathbf{L} \equiv L \hat{\mathbf{S}}$ é o momento angular do rotor, I_o é o momento de inércia do sistema *gimbal* em torno do eixo de saída, $\hat{\mathbf{O}}$ é o vetor unitário na direção do eixo de saída do giro e $\hat{\mathbf{S}}$ é o vetor unitário na direção do eixo de giro. A velocidade angular do giro em relação a um sistema inercial é $\boldsymbol{\omega} \equiv \omega_I \hat{\mathbf{I}} + \omega_O \hat{\mathbf{O}} + \omega_S \hat{\mathbf{S}}$. As leis de Newton aplicadas ao sistema giro resulta na seguinte expressão

$$\sum \text{Torques} = \left(\frac{d\mathbf{H}}{dt} \right)_{\text{inercial}} = \left(\frac{d\mathbf{H}}{dt} \right)_{\text{giro}} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{H}, \quad (13)$$

onde ω_I, ω_O e ω_S são as componentes da velocidade angular em torno dos eixos de entrada, de saída e de giro, respectivamente, e $\hat{\mathbf{I}}$ é um vetor unitário na direção do eixo de entrada do giro.

O torque de um giro de apenas um grau de liberdade é a soma do torque de restauração da mola mais o torque de amortecimento viscoso, a saber

$$\sum \text{Torques} = -(K\theta + D\dot{\theta}) \hat{\mathbf{O}}. \quad (14)$$

Substituindo as Equações (12) e (14) na Equação (13), resulta

$$I_o \ddot{\theta} + D\dot{\theta} + K\theta - \omega_I L = 0. \quad (15)$$

A Equação (15) fornece o comportamento da posição do eixo de saída, θ , dado uma velocidade ω_I no eixo de entrada. A solução da Equação (15) em regime permanente, isto é, $\ddot{\theta} = \dot{\theta} = 0$, é

$$\theta = \frac{\omega_I L}{K}. \quad (16)$$

A Equação (16) mostra que a saída de um giro de velocidade é proporcional a velocidade de rotação do satélite em torno do eixo de entrada.

Os giros de velocidade são os mais simples e os mais baratos. A precisão geralmente é aceitável para controle de velocidade de giro num sistema realimentado, mas, para determinação precisa de atitude, a saída integrada freqüentemente requer correções, usando para isso outros sensores, tais como solares ou estelares. Os erros na saída dos giros de velocidade geralmente são ocasionados por não-linearidade, deriva e histerese. Além do mais, acelerações de entrada podem afetar a precisão se o *gimbal* não estiver perfeitamente balanceado.

O *giro de velocidade em malha fechada* é uma melhoria em relação ao giro de velocidade convencional. Nele um sistema de balanço eletromagnético reduz a excursão angular do *gimbal* em cerca de três ordens de magnitude. A saída do giro é obtida da corrente necessária para manter o *gimbal* na posição de deslocamento nulo. A restrição na deflexão do *gimbal* melhora a linearidade e reduz a instabilidade da velocidade de deriva. Algumas características de giros de velocidade em malha fechada, fabricados pela Bendix Corporation, estão listadas na Tabela 8. Descrições de vários outros tipos de giros de velocidade são dadas em Schimdtbauer, *et al.*, 1973. Detalhes adicionais em relação a operação de giros de velocidade são fornecidos por Greensite (1970) e Thomson (1963).

Tabela 8 - características de giros de velocidade em malha fechada (fonte: Bendix Corporation)

Característica	Valor
Dimensões	~7,8 x 3,0 x 4,8 cm
Peso	0,34 kg
Momento angular	15.000, 30.000 ou 60.000 gm.cm ² /s
Deslocamento máximo do <i>gimbal</i>	± 0,6°
Faixa de velocidades angulares de entrada (Fundo de Escala)	5 a 1.000 °/s
Saída do giro (Fundo de Escala)	± 10 V
Sensibilidade de Temperatura	< 0,02% /° K
Linearidade	0,5% Full Scale to ½ Scale 2% Full Scale from ½ to Full Scale
Resolução	< 0,01 °/s
Histerese	< 0,01% Fundo de Escala
Sensibilidade de aceleração linear	< 0,03 °/s/g