

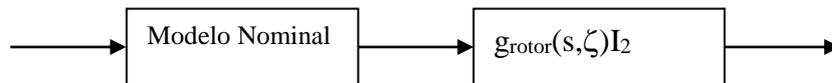
## Exemplo - Incerteza

**Adriano Almeida Gonçalves Siqueira**

O modelo nominal da dinâmica do helicóptero CH-47 numa determinada condição de operação é o seguinte:

$$\dot{x}_p = \begin{bmatrix} -0.02 & 0.005 & 2.4 & -32 \\ -0.014 & 0.44 & -1.3 & -30 \\ 0 & 0.018 & -6 & 1.2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \dot{x}_p + \begin{bmatrix} 0.14 & -0.12 \\ 0.36 & -8.6 \\ 0.35 & 0.009 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} u_p$$
$$\dot{y}_p = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 57.3 \end{bmatrix} x_p$$

Suponha que o erro de modelagem predominante esteja associado à dinâmica do rotor, de modo que a planta "real" possa ser representada aproximadamente da seguinte forma:

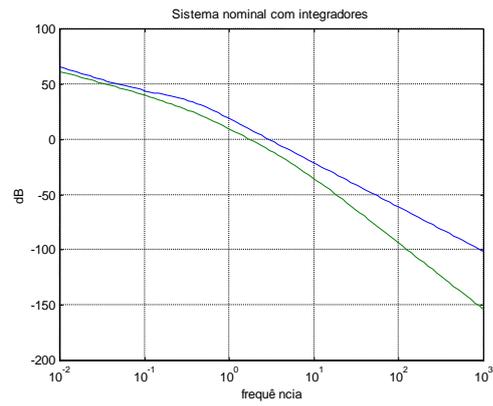
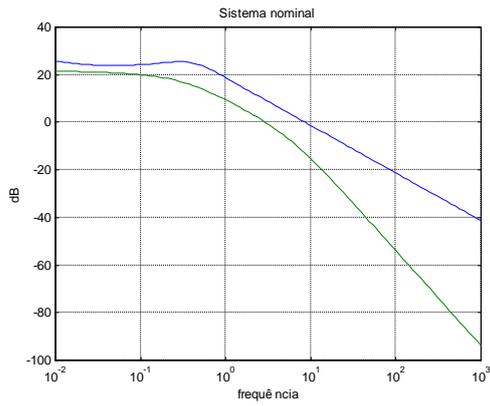


onde:

$$g_{rotor}(s, \zeta) = \frac{625}{s^2 + 50\zeta s + 625}, \quad 0,1 \leq \zeta \leq 1,0$$

$I_2$  é a matriz identidade (2x2).

Para que o sistema tenha erro estacionário nulo para entrada degrau os valores singulares do sistema devem ter uma declividade de 20dB/década para baixas frequências o que é conseguido incluindo-se integradores no modelo nominal. As figuras abaixo mostram os valores singulares do sistema nominal G sem integradores e com integradores:



Nota-se que a planta com integradores apresenta declividade de 20 dB/dec em baixas frequências, o que garante erro estacionário nulo para entrada degrau.

A barreira da estabilidade foi determinada encontrando-se o maior valor do inverso dos valores singulares do erro, variando-se a constante  $\zeta$  de 0,1 a 1,0, para uma dada frequência. A variação em toda a frequência fornece a barreira da estabilidade.

A figura abaixo mostra as barreiras de desempenho e de estabilidade.

