SAA0169
Sistemas de Controle de Aeronaves II

Sistemas de Aumento de Estabilidade por Espaço de Estados

Prof. Dr. Jorge Henrique Bidinotto
jhbidi@sc.usp.br

Revisão

- Representando a matriz **A** na forma canônica controlável, tem-se o sistema representado da seguinte forma:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -a_0 & -a_1 & -a_2 & \cdots & -a_{n-1} \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix};$$

- Sendo que dessa forma a equação característica do sistema é:

$$s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \cdots + a_1 s + a_0 = 0$$

- Em malha fechada, tem-se a entrada como: $u = -\mathbf{K}\mathbf{x}$

Ganhos de realimentação das variáveis de fase

- Onde: $\mathbf{K} = [k_1 \quad k_2 \quad \cdots \quad k_n]$

Revisão

- Com as matrizes fornecidas, pode-se obter:

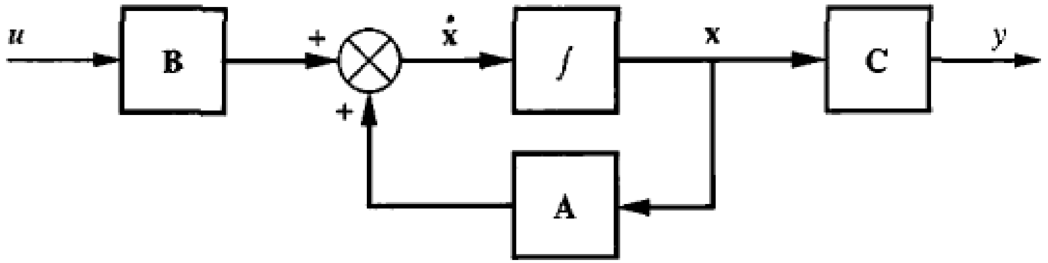
$$\mathbf{A} - \mathbf{BK} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -(a_0 + k_1) & -(a_1 + k_2) & -(a_2 + k_3) & \cdots & -(a_{n-1} + k_n) \end{bmatrix}$$

- Como a matriz acima está na forma de variáveis de fase, a equação característica do sistema é dada por

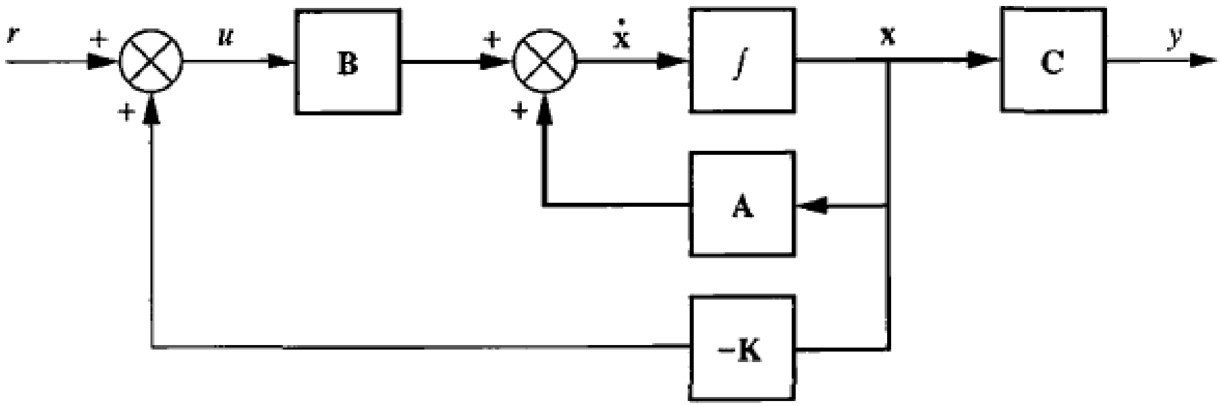
$$\begin{aligned} \det(s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{BK})) = s^n + (a_{n-1} + k_n)s^{n-1} + (a_{n-2} + k_{n-1})s^{n-2} \\ + \cdots (a_1 + k_2)s + (a_0 + k_1) = 0 \end{aligned}$$

Revisão

- Sistema em Espaço de Estados não compensado:



- Sistema em Espaço de Estados compensado:



$$\boxed{\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}u = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}(-\mathbf{K}\mathbf{x} + r) = (\mathbf{A} - \mathbf{B}\mathbf{K})\mathbf{x} + \mathbf{B}r}$$

Revisão

- Representação de autovalores pela frequência natural e amortecimento

$$a + bi = -\zeta\omega_n \pm i\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$$

SAS Longitudinal

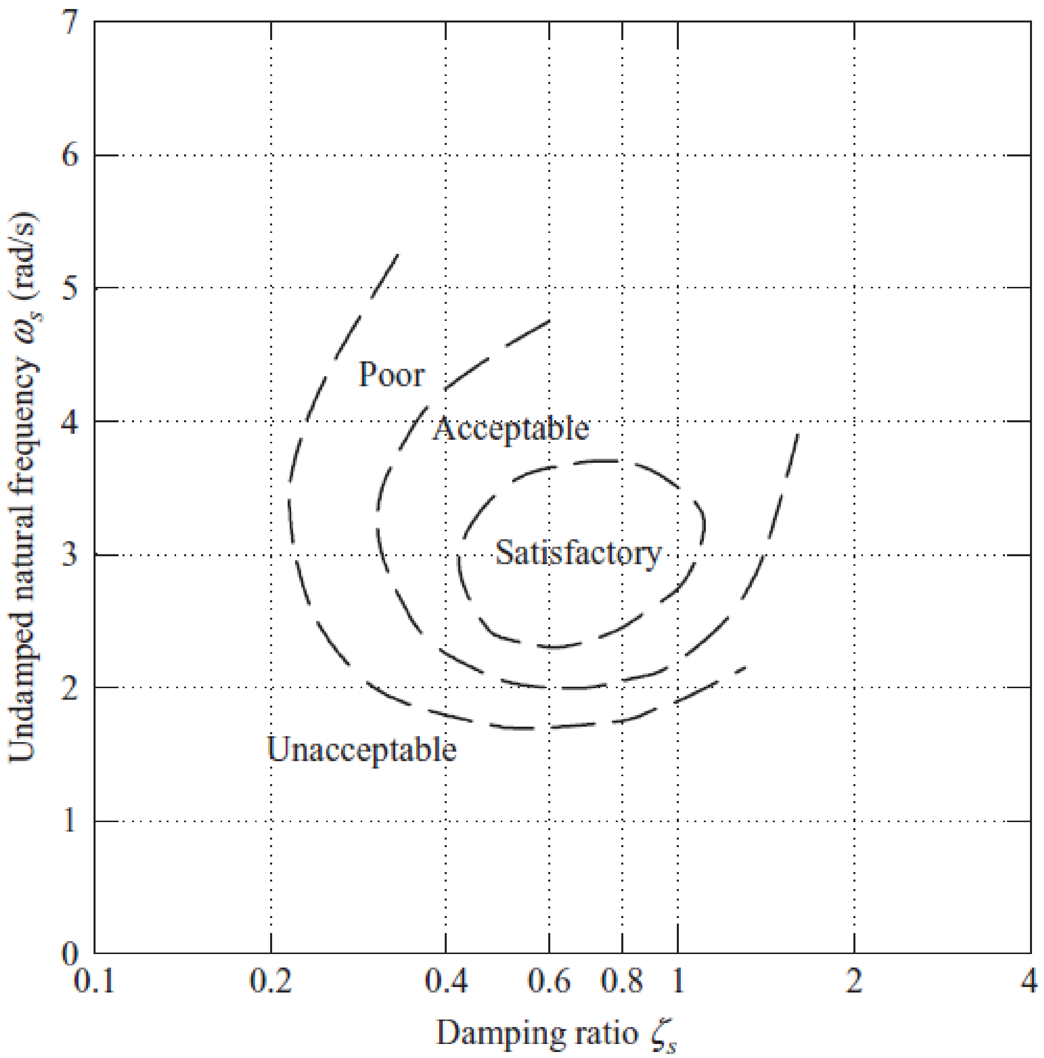
- Encontrar uma matriz K que altere o movimento de Curto Período, levando-o para uma condição satisfatória, de acordo com o gráfico de “thumb print”

- O movimento de fugóide deve manter as características originais

- Ao final, determinar:
  - As características (amortecimento e frequência natural) do sistema não controlado
  - As características do sistema controlado
  - Plotar os gráficos (controlado e não controlado) de atitude de arfagem, com entrada degrau unitário em profundor, para comparação

SAS Longitudinal

- “Thumb Print”



SAS Látero-direcional

- Encontrar uma matriz K que altere o movimento da seguinte forma:
  - O Dutch-Roll, deve ter razão de amortecimento de 0,1
  - A frequência Natural do Dutch-Roll deve manter seu valor original
  - O movimento de Espiral deve ter constante de tempo de 500 segundos, e ser estável
  - O movimento de rolamento deve manter as características originais (se for instável, inverter o sinal)

- Ao final, determinar:
  - As características (amortecimento e frequência natural) do sistema não controlado
  - As características do sistema controlado
  - Plotar os gráficos (controlado e não controlado) de atitude de rolamento e guinada, com entrada degrau unitário em aileron e entrada degrau unitário em leme, para comparação

Modelamento

- Para a aeronave entregue ao seu grupo:

  - Gerar o seguinte modelo, para a aeronave do seu grupo:
  - Matrizes Longitudinais:
    - Matriz Along (material de dinâmica de voo);
    - Matriz Blong (material de dinâmica de voo);
    - Matriz Clong (Matriz identidade 4x4);
    - Matriz Dlong (Matriz de zeros, 4x1).

  - Matrizes Látero-direcionais:
    - Matriz Ald (material de dinâmica de voo);
    - Matriz Bld (material de dinâmica de voo);
    - Matriz Cld (Matriz identidade 4x4);
    - Matriz Dld (Matriz de zeros, 4x2).

2.a Entrega

- Esta entrega é o capítulo seguinte do trabalho (a ser ACRESCENTADO no texto)

- Deve ser entregue (no mínimo), para cada movimento (LONG e LD):
  - Dimensionamento do controlador
  - Matriz K
  - Resultados (gráfico de resposta no tempo e numérico), sem controle e com controle
  - Comentário comparando os casos sem controle e com controle
  - Apêndice II – rotina(s) utilizada(s) neste controlador

- Entrega
  - Data: até 19/10 – 23:59h
  - Submissão em formato .pdf, via e-disciplinas
  - Apenas uma submissão por grupo