

CONTROLE DE UM SISTEMA DE PILOTAGEM DE UM NAVIO-TANQUE UTILIZANDO CONTROLE CONVENCIONAL POR REALIMENTAÇÃO DE ESTADOS.

Eliseu de Assis Felix, José Paulo Fernandes Garcia. – Engenharia Elétrica – Departamento de Engenharia Elétrica - Faculdade Júlio de Mesquita Filho – Campus de Ilha Solteira.

O objetivo do trabalho foi projetar um controlador automático de pilotagem de um navio-tanque através de técnicas de Controle Convencional, utilizando a ferramenta de programação e simulação MatLab / Simulink.

O projeto foi realizado a partir de um modelo matemático do sistema de pilotagem para um navio-tanque, considerando que o navio esteja em movimento com velocidade constante e a pequenos desvios do curso desejado. O sistema de equações diferenciais na forma de variáveis de estado é:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + B\delta(t) = \begin{bmatrix} -0,05 & -6 & 0 & 0 \\ -10^{-3} & -0,15 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 13 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} -0,2 \\ 0,03 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \delta(t)$$

e

$$y(t) = Cx(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x(t)$$

assim

$$y(t) = x(t) = \begin{bmatrix} \dot{v} \\ \omega_s \\ y \\ \theta \end{bmatrix}$$

As variáveis de estado são:

- $x_1 = \dot{v}$: velocidade transversal;
- $x_2 = \omega_s$: velocidade angular do sistema de coordenadas do navio em relação ao sistema de coordenadas da resposta;
- $x_3 = y$: distância do desvio segundo um eixo perpendicular ao eixo da rota;
- $x_4 = \theta$: ângulo de desvio;

Através do sistema de equações diferenciais na forma de variáveis de estado estudou-se as condições necessárias e suficientes para alocação arbitrária de pólos. Admitindo-se que o sinal de controle seja:

$$\delta(t) = -Kx(t)$$

em que K é a matriz de ganho de retroação, deve-se determinar se o sistema é de estados completamente controláveis. Para isto, encontrou-se o posto da matriz de controlabilidade verificando se este era igual ao posto da matriz A. Em seguida, foram escolhidos os pólos arbitrariamente

deduzindo a matriz de ganho de retroação de estados K com a aplicação da fórmula de Ackermann. Estes procedimentos foram programados em MatLab.

A simulação foi realizada implementando o sistema a malha fechada no software Simulink. O diagrama de blocos está mostrado a seguir:

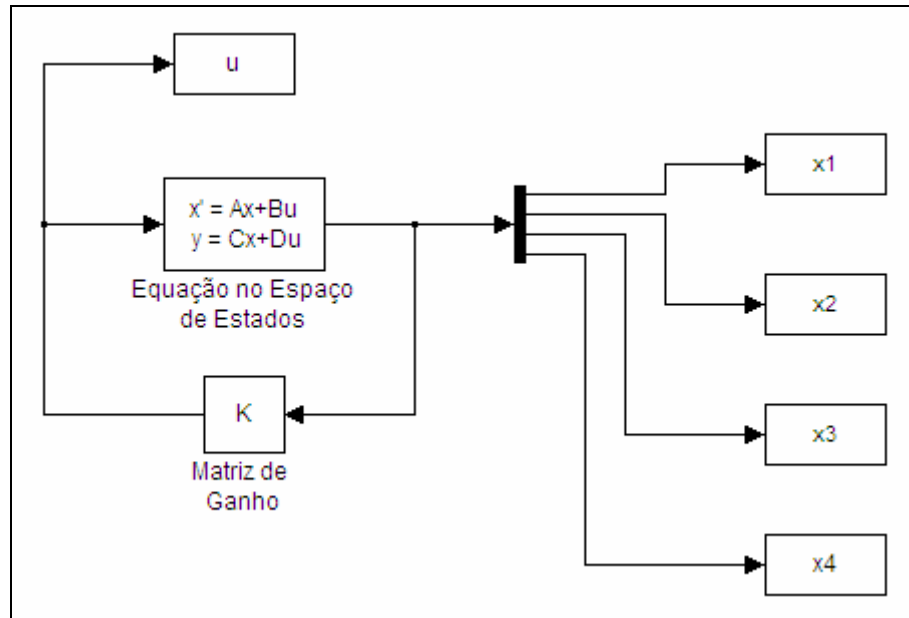


Figura 1: Diagrama de blocos da simulação.

Os parâmetros necessários para a simulação foram obtidos a partir da programação MatLab. Os resultados foram visualizados utilizando os recursos de elaboração de gráficos disponíveis no software MatLab. A seguir estão mostrados os gráficos encontrados para cada saída:

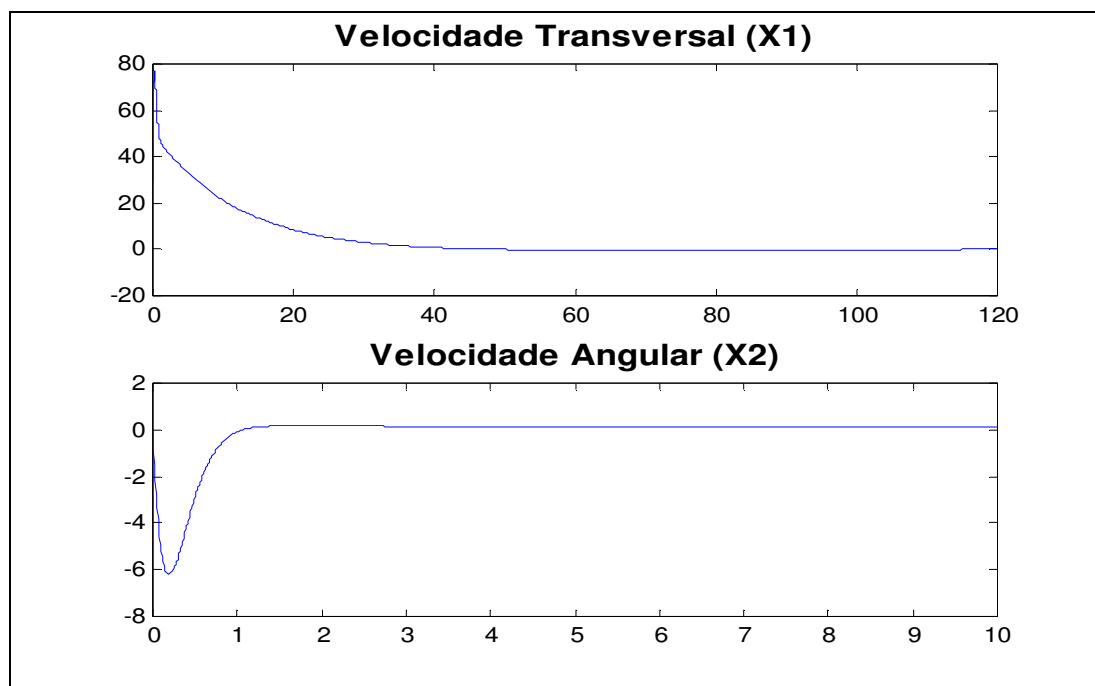


Figura 2: Resposta da velocidade transversal e da velocidade angular do navio-tanque.

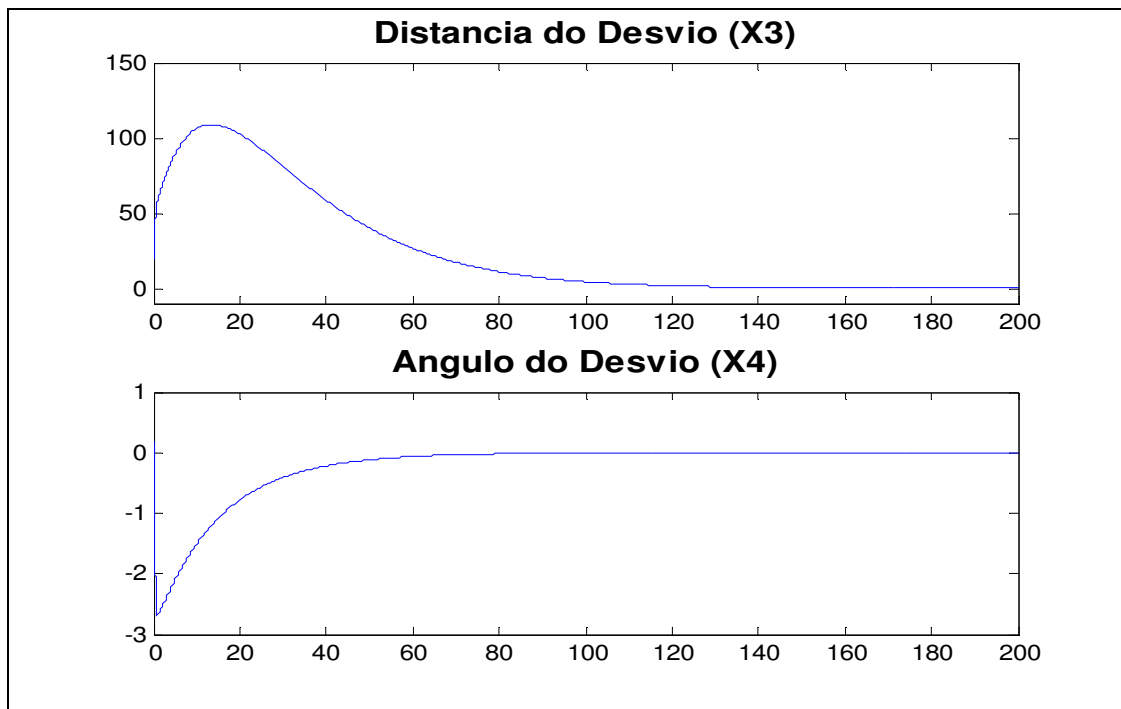


Figura 3: Resposta da distância do desvio do eixo da rota e ângulo do desvio.

Sabe-se que a resposta da saída para um sistema navio-tanque deve ser relativamente lenta. Assim, foi necessário alocar devidamente os pólos para este critério ser atendido. Os pólos escolhidos que proporcionaram respostas adequadas foram:

$$\delta_1 = -0,05$$

$$\delta_2 = -0,07$$

$$\delta_3 = -5 + j2$$

$$\delta_4 = -5 - j2$$

Os resultados obtidos das simulações mostram que o controlador projetado atende as necessidades do sistema. Concluiu-se que a estratégia da lei de controle utilizada foi satisfatória para a obtenção do controle de pilotagem do navio-tanque. O trabalho foi importante para o aprendizado do aluno autor em análise e projeto de sistemas de controle no espaço de estados.

Referências Bibliográficas

- [1] Ogata, K., Engenharia de controle moderno, 3ª Edição - Ed. LTC – 2000.
- [2] Dorf, Richard C., Sistemas de controle modernos, 8ª Edição - Ed. LTC – 2001.

Bolsa: PET