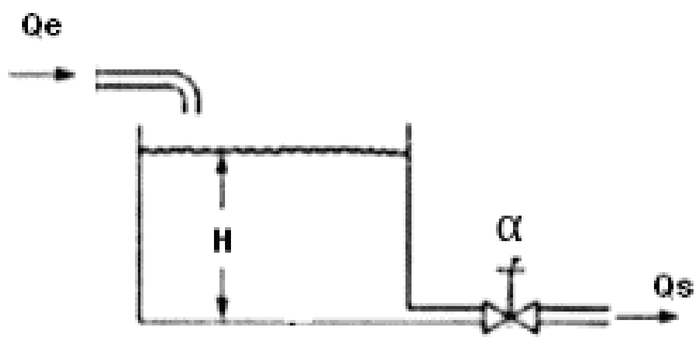
Universidade Federal do Ceará
Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia
Elétrica Disciplina: Lab. de Controle de Sistemas
Dinâmicos
Profs.: Bismark C. Torrico / Laurinda L N dos Reis

LABORATÓRIO #3 Modelagem de Sistemas em espaço de estados

Objetivos

1. Construir, com o auxílio de programas matemáticos, modelos por representação em espaço de estados de sistemas físicos.
2. Familiarizar-se com programas apropriados para o estudo de sistemas de controle.
3. Implementar/simular modelos em ambiente de simulação com interface visual amigável.
4. Enviar para josesergio@alu.ufc.br até 10/12/2024 às 13:59.

1) Considere o seguinte sistema de nível de líquido.



Modelagem do Sistema em Espaço de Estados:

Inicialmente, é preciso obter as equações matemáticas do nível do tanque. Para isso, pode-se considerar a vazão do tanque como:

$$A_T \frac{dh}{dt} = Q_E - Q_S$$

onde A_T é a área de secção transversal do tanque cilíndrico com altura de nível h, Q_E é a vazão de entrada e Q_S é a vazão de saída.

Desenvolvendo a expressão, tem-se:

$$A_T \frac{dh}{dt} = Q_E - \alpha A_V \sqrt{2gh}$$

onde α é a constante de fluxo da válvula de saída, A_V é a área de secção transversal da válvula de saída e g é o valor da gravidade.

Com isso, tem-se que:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{A_T} Q_E - \frac{\alpha A_V \sqrt{2g}}{A_T} \sqrt{h}$$

Linearizando a expressão anterior em torno de um ponto de equilíbrio $(x_0,\ u_0)$, obtém-se a seguinte expressão:

$$\frac{dh}{dt} = f(x,u) \approx f(x_0,u_0) + \frac{\delta f(x)}{\delta x}\Big|_{x_0}\Delta x + \frac{\delta f(x)}{\delta u}\Big|_{u_0}\Delta u$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{A_T}u_0 - \frac{\alpha\, A_V\sqrt{2g}}{A_T}\sqrt{h_0} + \left(\frac{-\alpha\, A_V\sqrt{2g}}{2\,A_T\sqrt{h_0}}\right)\Delta h + \frac{1}{A_T}\Delta u$$

$$\frac{d\Delta h}{dt} = \left(\frac{-\alpha\, A_V\sqrt{2g}}{2\,A_T\sqrt{h_0}}\right)\Delta h + \frac{1}{A_T}\Delta u$$

Onde o ponto de equilíbrio pode ser encontrado por:

$$Q_E = U = Q_S$$

$$U_0 = \alpha\, A_V\sqrt{2g}\sqrt{h_0}$$

$$h_0 = \left(\frac{U_0}{\alpha\, A_V\sqrt{2g}}\right)^2$$

Por fim, a representação do sistema em espaço de estados é representada por:

$$\dot{\Delta x} = \frac{\alpha A_V\sqrt{2g}}{2A_T\sqrt{h_0}}\Delta x + \frac{1}{A_T}\Delta u$$

$$y = 1\Delta x + 0\Delta u$$

<u>ROTEIRO</u>

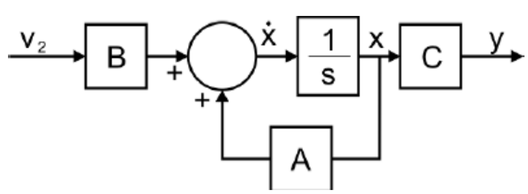
1) Estude as funções ‘ss’ e ‘ss2tf’.

2) Obtenha a representação em espaço de estados do sistema em malha aberta (use o comando *ss*).

3) Obtenha a função de transferência Y(s)/U(s) (use o comando *ss2tf*) e comente sobre os erros numéricos do Matlab.

4) Obtenha a função de transferência pólo/zero (ZPK) (use o comando *ss2zp*).

5) Monte o seguinte diagrama de blocos usando o SIMULINK e simule a resposta do sistema. Compare com a resposta obtida no MATLAB por linha de código e comente sobre.



6) Repetir 5) utilizando o bloco “State-Space” no Simulink.

7) Repetir 5) em malha fechada considerando realimentação unitária.