

SISTEMAS DE CONTROLO

Trabalho 2: Controlo de Seguimento e Estimação de Estado

Objectivos:

- Projecto de Controladores por retroação de variáveis de estado com efeito integral;
- Implementação considerando os estados acessíveis;
- Projecto de um estimador de estado de ordem total;
- Projecto de um observador de ordem mínima.

Descrição do Sistema:

Considere o sistema de vasos comunicantes (Fig. 1) constituído por três reservatórios, electrobomba, válvulas de regulação de caudal e sensores de nível. Os reservatórios apresentam uma forma cilíndrica com 40 cm de diâmetro interno, no caso dos tanques 1 e 2 e 50 cm no caso do tanque 3. As electrobombas em funcionamento nominal, desprezando o efeito transitório, apresentam uma relação entre os caudais volúmcos \dot{v}_1 e \dot{v}_2 e as tensões aplicadas aos terminais das respectivas electrobombas, u_1 e u_2 , descrita por:

$$\dot{v}_1(t) = 20 \times 10^{-4} u_1(t), [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$\dot{v}_2(t) = 20 \times 10^{-4} u_2(t), [\text{m}^3/\text{s}]$$

Os caudais volúmcos entre tanques adjacentes e os respectivos caudais volúmcos de descarga são genericamente descritos por $\dot{v}_{i,j}(t) = \eta_{i,j} (h_i(t) - h_j(t))$, $[\text{m}^3/\text{s}]$.

onde,

$$\eta_{1,3} = 4,0 \times 10^{-3}; \eta_{3,2} = 4,0 \times 10^{-3}; \eta_0 = 5,0 \times 10^{-3}; \eta_{1,0} = \eta_{3,0} = 3,0 \times 10^{-4} [\text{m}^3/\text{m.s}] \text{ (descarga directa)}.$$

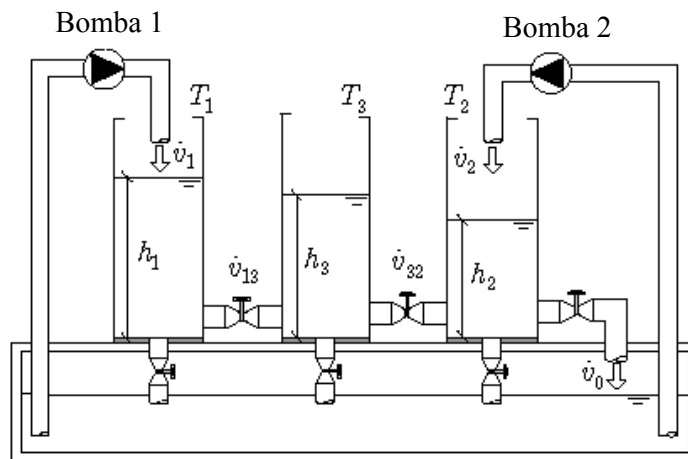


Figura 1 – Representação esquemática dos três-tanques.

I. Modelação

1. Obtenha a descrição da dinâmica do sistema no espaço de estado, assumindo como variáveis de estado os níveis de líquido em cada tanque, como entradas a tensão eléctrica em Volt aplicada cada electrobomba e como saídas o nível de líquido nos tanques T_1 e T_2 .
2. Estude o sistema em relação às propriedades de controlabilidade e observabilidade.
3. Implemente em Simulink o diagrama de simulação do sistema, utilizando para o efeito blocos adequados, como sejam, integradores, somadores e ganhos, entre outros que considerar necessários.

II. Controlo de Seguimento

Pretende-se projectar um controlador por retroacção de variáveis de estado (RVE) de modo que o sistema em anel fechado verifique as seguintes condições de dimensionamento:

- a) Variáveis controladas correspondentes ao nível nos tanques 1 e 2;
 - b) erro estático nulo na resposta ao degrau;
 - c) tempo de estabelecimento a 1% igual a 220 s;
 - d) sobrelevação igual a 1%.
1. Assumindo todos os estados acessíveis, implemente um controlador por RVE com efeito integral que cumpra as especificações de projecto;
 2. Incorpore o controlador no modelo em Simulink e simule a resposta do sistema em anel fechado assumindo $x(0) = \mathbf{0}$, considerando como referência para os níveis de líquido nos tanques 1 e 2, designadamente, $r_1(t) = 0,7\varepsilon(t)$ e $r_2(t) = 0,4\varepsilon(t)$;
 3. Analise a resposta obtida em função das condições base de dimensionamento.

III. Implementação com Observador

1. Supondo os estados não acessíveis, projecte um observador de ordem total com dinâmica adequada;
2. Incorpore o observador no modelo do sistema de controlo em Simulink, implementado na secção anterior;
3. Obtenha a resposta do sistema com esta arquitectura, adoptando como referências $r_1(t) = 0,7\varepsilon(t)$ e $r_2(t) = 0,4\varepsilon(t)$. Considere $x(0) = \mathbf{0}$ e $\hat{x}(0) = [0,05 \quad 0,02 \quad 0,01]^T$;
4. Projecte em alternativa um observador de ordem mínima e integre-o na estrutura de controlo desenvolvida em Simulink. Obtenha a resposta do sistema considerando as condições apropriadas definidas em 3);
5. Compare as respostas obtidas através das diferentes arquitecturas, utilizando para o efeito erro quadrático médio e esforço médio de controlo, ou outra métrica que julgar apropriada.
6. Considere uma perturbação aditiva na saída do tanque 2, caracterizando uma falha sobre o respectivo sensor e definida por $\omega = 0,05 + \eta$ [m], em que η corresponde a uma variável aleatória Gaussiana de média nula e variância $10^{-3}[m^2]$, $\eta \sim \mathcal{N}(0, 10^{-3})$. Simule tal perturbação nas 3 arquitecturas de seguimento implementadas, designadamente, assumindo os estados acessíveis e recorrendo aos dois tipos de observadores projectados. Analise os resultados obtidos.