## CONTROLE DIGITAL - SEL0620

## Tarefa 13 - Realimentação de Estados com Ação Integrativa

Hugo Hiroyuki Nakamura NUSP: 12732037 Isaac Santos Soares NUSP: 12751713

Para esta tarefa, a entrada foi um degrau de amplitude de 1,25 [V]. Também foi aplicado um degrau de distúrbio de -0,15 [V], aplicado após 15 [s].

1. Projete os ganhos do controlador por realimentação de estados com ação integrativa. Para isso, escolha os mesmos dois pólos que foram utilizados no Lab 11, e adicione um pólo para a ação integrativa (este último deve ser responsável por uma resposta mais lenta ou equivalente que os demais).

A representação de estados discreta da planta, utilizada na prática 11, está apresentado abaixo:

$$\begin{cases} x[k+1] = Fx[k] + Hu[k] \\ y[k] = Cd \cdot x[k] + Dd \cdot u[k] \end{cases}$$

$$F = \begin{bmatrix} 0,001 & -0,382 \\ 0,350 & 0,739 \end{bmatrix}; \quad H = \begin{bmatrix} 0,350 \\ 0,239 \end{bmatrix}; \quad Cd = \begin{bmatrix} 0 & 1,092 \end{bmatrix}; \quad Dd = 0$$

$$K = [-2.014, -0.933]; P_d = [0.834 + 0.172i, 0.834 - 0.172i]$$

Para a realimentação de estados com ação integrativa devemos calcular os novos parâmetros F', H', K', para isso assumimos I=1 e calculamos os parâmetros apresentados abaixo:

$$\begin{bmatrix} x(k+1) \\ q(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F & 0 \\ -c & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k) \\ q(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} H \\ 0 \end{bmatrix} u(k) + \begin{bmatrix} 0 \\ I \end{bmatrix} r(k)$$

$$F' = \begin{bmatrix} 0,001 & -0,382 & 0 \\ 0,350 & 0,739 & 0 \\ 0 & -1,092 & 1 \end{bmatrix}; \quad H' = \begin{bmatrix} 0,350 \\ 0,239 \\ 0 \end{bmatrix};$$

Para que um polo de ação integrativa torne a resposta mais lenta ou equivalente às demais, é preciso que sua parte real seja menos negativa que a parte real dos polos dominantes, no plano-s. Isso significa, no plano-z, que o polo de ação integrativa deve estar mais próximo da circunferência unitária, entretanto, também deve estar distante dos polos dominantes para que não haja mudança na dinâmica do sistema. Dessa forma, definindo o polo de ação integrativa como z=0.734, os polos do sistema são  $P'_d$ :

$$P'_d = \begin{bmatrix} 0.834 + 0.172i & 0.834 - 0.172i & 0.734 \end{bmatrix}$$

Aplicando o comando place da seguinte forma:

$$K' = place(F', H', P'_d)$$

o vetor K' é encontrado pelo:

$$K' = [ -1.402 -0.717 -0.039 ]$$

Observa-se que o vetor de ganhos K' é uma composição de dois outros vetores para o sistema com realimentação de estados com ação de controle:

$$K' = [K - K_i]$$

onde K é o novo ganho do sistema com realimentação de estados, e,  $K_i$  é o ganho do sistema de ação integrativa.

2. implemente o controle por realimentação de estados com ação integrativa no simulink, e simule o sistema mostrando a curva dos estados do sistema, da saída do sistema, e da entrada da planta.

A Figura 1 apresenta o circuito esquemático, projetado no Simulink, com os sistemas realimentados com e sem ação integrativa.

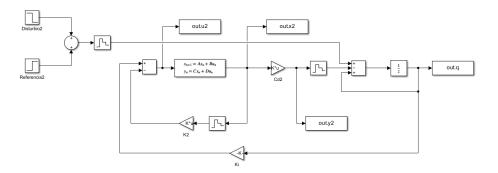


Figura 1: circuito esquemático do sistema de realimentação de estados com ação integrativa.

As Figuras 2a, 2b e 2c apresentam, respectivamente, a entrada da planta, os estados do sistema e a saída do sistema.

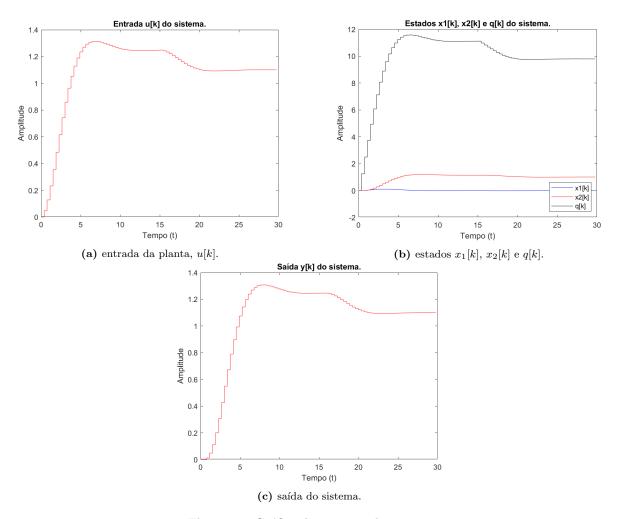


Figura 2: Gráfico da resposta do sistema.