Universidade de Brasília
Departamento de Engenharia Elétrica
Controle Digital

Exercício de Simulação 2

Aluno:
Arthur de Matos Beggs ———————————— 12/0111098

Brasília
2º/2019

1^a Discretize a função de transferência

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{(s+2)(s+3)}$$

usando os métodos a seguir.

Para cada caso, calcule a solução para $u(t) = 0\ \forall\, t \geq 0$, $y(0) = 100$, $\dot{y}(0) = 0$, $T = 0.1s$ e compare no Matlab a solução exata a tempo contínuo com os resultados obtidos.

(a) Transformada de $G(s)$ com segurador de ordem zero em série:

(b) Regra retangular para frente:

(c) Regra retangular para trás:

(d) Regra trapeizodal:

(e) Mapeamento exato de pólos e zeros:

2^a Considere uma planta com entrada $u(t)$ e saída $y(t)$, cuja função de transferência é dada por

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{k_p}{Js^2}$$

Deseja-se utilizar um controlador com a estrutura

$$U(s) = \frac{bk_C}{a}U_c(s) - k_C\frac{s+b}{s+a}Y(s),$$

onde $U_C(s)$ é o sinal de referência. O polinômio característico de malha fechada deve ser

$$P(s) = (s+\omega_0)(s^2+\omega_0 s+\omega_0^2) = s^3 + 2\omega_0 s^2 + 2\omega_0^2 s + \omega_0^3.$$

Para isso, basta escolher os parâmetros do controlador como $a = 2\omega_0$, $b = \omega_0/2$ e $k_C = 2\frac{J\omega_0^2}{k_P}$. Nesse caso, é possível verificar que o tempo de acomodação de 5% do sistema a malha fechada para a entrada degrau é $t_s(5\%) = 5.52/\omega_0$. Quando necessário, utilize $\omega_0 = 1$.

(a) Mostre que a função de transferência de malha fechada é dada por

$$\frac{Y(s)}{U_C(s)} = \frac{(\frac{\omega_0^2}{2})(s + 2\omega_0)}{s^3 + 2\omega_0 s^2 + 2\omega_0^2 s + \omega_0^3}:$$

(b) Obtenha o diagrama de Bode do sistema a malha fechada e determine a frequência de corte ω_c:

(c) Verifique que a ação de controle pode ser escrita como

$$U(s) = k_C\left(\frac{b}{a}U_C(s) - Y(s) + X(s)\right);$$

$$X(s) = \frac{a-b}{s+a}Y(s).$$

Passando essas equações para o domínio do tempo e fazendo $\frac{dx(t)}{dt} \approx \frac{x(t+T)-x(t)}{T}$, onde T é o período de amostragem, mostre que o controlador pode ser discretizado da seguinte forma

$$u[k] = k_C\left(\frac{b}{a}u_c[k] - y[k] + x[k]\right);$$

$$x[k+1] = x[k] + T\left[(a-b)y[k] - ax[k]\right].$$

(d) Implemente no Simulink esse sistema com controlador a tempo contínuo e com controlador discretizado com períodos de amostragem $T = 0.2/\omega_0$, $T = 0.5/\omega_0$ e $T = 1.08/\omega_0$:

(e) Para cada período de amostragem, calcule a relação entre a frequência de amostragem e a frequência de corte do sistema a malha fechada ω_s/ω_c:

(f) Para cada período de amostragem, compare a saída do sistema a malha fechada com controlador contínuo com a saída do sistema a malha fechada com controlador discretizado. O que se pode afirmar sobre o tempo de assentamento para os sistemas com controlador discretizado?

(g) Para cada período de amostragem, compare a ação de controle do sistema a malha fechada com controlador contínuo com a saída do sistema a malha fechada com controlador discretizado:

(h) O que pode ser concluído acerca da seleção da frquência de amostragem para a discretização de controladores a tempo contínuo?