

# SEL0620 - Controle Digital

---

Projeto de Controladores - Parte 3

(uma entrega por dupla, peso 2)

## Controlador PID

Uma vez que o controlador P não elimina o erro de regime permanente, um controlador PID será implementado nesta prática para zerar esse erro.

### Valores que você vai precisar para o projeto do PID

Anote no início do relatório desta etapa, os seguintes valores que foram obtidos das experiências anteriores, e que serão utilizados como base para o projeto do controlador PID:

1. Período de amostragem,  $T_{08}$ , utilizado no Lab4 para a malha fechada com controlador proporcional com  $K = 8$ .
2. Planta do sistema discretizada com retentor de ordem zero para o período de amostragem  $T_{08}$  (indicado o item anterior).
3. Tempo de subida,  $t_{r1}$ , do sinal de saída da planta obtido com o sistema de malha fechada com controlador proporcional  $K = 1$ .
4. Tempo de acomodação  $t_{s1}$ , do sinal de saída da planta obtido com o sistema de malha fechada com controlador proporcional  $K = 1$ .

### Responda as seguintes questões

1. Projete um controlador PID discreto que proporcione além do erro de regime nulo, um tempo de subida semelhante (não mais que 20% maior) ou melhor que  $t_{r1}$ , um sobresinal máximo  $M_p$  de 6% ou menor, e um tempo de acomodação  $t_{s1}$  de aproximadamente  $2.4t_{r1}$ . Caso não consiga atender os três requisitos ao mesmo tempo, dê preferência para  $M_p$ , depois para  $t_{s1}$ , e então para  $t_{r1}$ . Algumas sugestões de como fazer o projeto:

(a) Utilize a seguinte função de transferência para o controlador PID:

$$G_{PID}(z) = \frac{q_0 z^2 + q_1 z + q_2}{z^2 - z}$$

Escolha por tentativa e erro os parâmetros do controlador obedecendo as restrições:  $q_0 \leq 10$  ;  $q_1 \leq -q_0(1 - q_0 b_1)$  ;  $-(q_0 + q_1) \leq q_2 \leq q_0$

Lembre-se que o componente proporcional do controlador é  $K = q_0 - q_2$ , o componente integrativo é  $c_i = (q_0 + q_1 + q_2)/K$ , e o componente derivativo é  $c_d = q_2/K$ . Portanto, ao variar o parâmetro  $q_2$  altera-se todos os parâmetros, mas principalmente o componente derivativo  $c_d$ . Também nota-se que  $q_1$  influencia apenas o componente integrativo.

**Sugestão e recomendação:** anote em uma folha de papel ou planilha os valores de  $q_0$ ,  $q_1$ ,  $q_2$  que já foram testados, e aproximadamente quais os tempos de subida, acomodação e máximo sobresinal obtidos. Limite o tempo que você vai gastar no processo de tentativa e erro, ou o número de tentativas. Ao final, escolha a melhor resposta. Se não ficar satisfeito, ou não encontrar uma resposta que satisfaça pelo menos o critério de erro e  $M_p$ , e houver tempo disponível, tente usar o procedimento a seguir (item b). Mas não deixe de entregar o relatório dentro do prazo com o melhor resultado conseguido, mesmo que não consiga atender completamente os requisitos.

- (b) Como alternativa ao método anterior, projete um compensador PI, ou um compensador de atraso, ou de preferência um controlador PID contínuo na seguinte forma modificada:

$$G_{PID}(s) = \frac{K}{s} \left[ (T_D s + 1) \left( s + \frac{1}{T_I} \right) \right]$$

Este controlador pode ser considerado um compensador de avanço e atraso que equivale ao PID.

A explicação de como projetar compensadores utilizando o gráfico de bode está neste video a partir do minuto 43:50 e neste video.

Após projetar o compensador contínuo e simular a resposta de malha fechada do sistema contínuo para verificar se atende os requisitos de projeto, discretize o controlador considerando um retentor de ordem zero, discretize a planta considerando um retentor de ordem zero, e simule o sistema de malha fechada discreto.

2. Mostre no relatório a função de transferência discreta do controlador projetado  $G_{PID}(z)$ .
3. Mostre no relatório a função de transferência discreta do sistema de malha fechada (desconsiderando o distúrbio).
4. Mostre no relatório os pólos de malha fechada em  $z$ .
5. Implemente no **xcos** o sistema de malha fechada com controlador discreto projetado, e mostre no relatório apenas as **curvas discretas de resposta do sistema** (sinal de erro, sinal de controle, e sinal de saída do sistema).
6. Quais os valores do erro de regime permanente antes do distúrbio e após o distúrbio?
7. Quais os tempos de subida e de acomodação (5%) da saída do sistema de malha fechada antes do distúrbio? Qual o sobresinal do sinal de saída antes do distúrbio?