

Laboratório de Controle de Sistemas

Profa. Grace S. Deaecto

Faculdade de Engenharia Mecânica / UNICAMP
13083-860, Campinas, SP, Brasil.
grace@fem.unicamp.br

Primeiro Semestre de 2023

1 Experimento 5

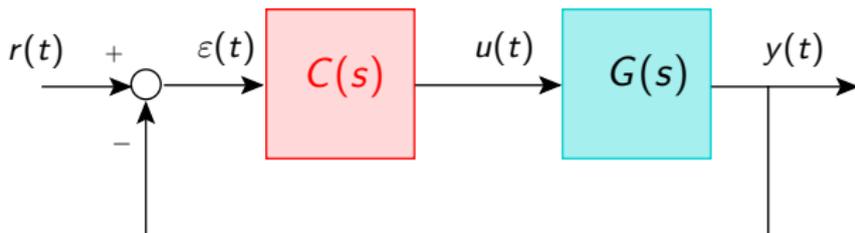
- Objetivo
- Conceitos fundamentais
- Pré-roteiro
- Roteiro

Experimento 5

Controle de plantas eletrônicas utilizando um controlador atraso-avanço digital

Objetivo

O objetivo deste experimento é projetar um controlador Atraso-Avanço utilizando uma técnica de controle no domínio da frequência. A figura a seguir apresenta um diagrama de blocos do sistema de controle. Como pode ser observado ele é idêntico ao utilizado nos experimentos anteriores.



Conceitos fundamentais

- Para fins de projeto de controle, podemos aproximar os controladores **Atraso**, **Avanço** por controladores **PI** e **PD**, respectivamente. De fato, note que

$$k_p + \frac{k_i}{s} = k \frac{s+z}{s+p} \longrightarrow k = k_p, z = \frac{k_i}{k_p} > p = 0$$

$$k_p + k_d s = k \frac{s+z}{s+p} \longrightarrow k = k_d p, z = \frac{k_p}{k_d} < < p$$

Para o controlador PD a aproximação foi realizada através de um controlador Avanço com p suficientemente grande. A utilização deste valor para p permite sua implementação prática através de dispositivos bastante simples.

Conceitos fundamentais

- **Controlador PI (Atraso)** - Características básicas :

Transitório : Conforme $z > p \geq 0$ aumenta, no lugar das raízes o coeficiente linear das assíntotas aumenta e, portanto, os polos tendem para a direita e, conseqüentemente, o tempo de estabilização tende a aumentar.

Regime permanente : Como $C(0) \approx kz/p \rightarrow \infty$ os erros de regime permanente tendem a diminuir.

- **Controlador PD (Avanço)** - Características básicas :

Transitório : Conforme $z \ll p$ diminui, no lugar das raízes o coeficiente linear das assíntotas diminui e, portanto, os polos tendem para a esquerda e, conseqüentemente, o tempo de estabilização tende a diminuir.

Regime permanente : Como $C(0) \approx kz/p \rightarrow 0$ os erros de regime permanente tendem a aumentar.

Pré-roteiro

- Neste experimento deseja-se projetar um controlador Avanço-Atraso de forma que o sistema em malha fechada atenda as seguintes especificações :
 - Erro em regime permanente a uma entrada rampa de 2%.
 - Margem de fase de pelo menos 45° .
 - Sobrelevação de no máximo 20% para uma entrada degrau.
 - Amplitude do esforço de controle não pode ultrapassar ± 10 [volts].
- Para a realização deste projeto, siga o procedimento apresentado a seguir.

Pré-roteiro

- O controlador do tipo Avanço-Atraso pode ser representado pela seguinte função de transferência

$$C(s) = \kappa C_v(s) C_t(s)$$

sendo que as funções em avanço e atraso são respectivamente

$$C_v(s) = \frac{\alpha_v \tau_v s + 1}{\tau_v s + 1}, \quad C_t(s) = \frac{\alpha_t \tau_t s + 1}{\tau_t s + 1}$$

Para o projeto, pode-se seguir o seguinte procedimento.

- 1 Considere $C(s) = \kappa$ e determine $\kappa > 0$ de forma a satisfazer o critério relacionado ao erro de regime permanente.
- 2 Obtenha a margem de fase de $\kappa G(s)$ e denote-a M_f .

- 3 Sendo M_d a margem de fase desejada, determine $\phi = M_d - M_f$ em radianos e calcule

$$\alpha_v = \frac{1 + \text{sen}(\phi)}{1 - \text{sen}(\phi)}$$

- 4 Determine a frequência ω_g em que o diagrama de Bode de $\kappa G(s)$ cruza a amplitude $20\log_{10}\sqrt{\alpha_v}$.

- 5 Determine

$$\tau_v = \frac{1}{\omega_g \sqrt{\alpha_v}}$$

- 6 Utilize as relações

$$\alpha_t = \frac{1}{\alpha_v} \quad \text{e} \quad \tau_t = 10 \frac{\alpha_v \tau_v}{\alpha_t}$$

- 7 Escreva a função de transferência $C(s) = \kappa C_v(s) C_t(s)$.
- 8 Compare através de simulações o desempenho deste controlador com o dos controladores proporcional e PID projetado pelo sisotool para as entradas degrau e rampa

Roteiro

- Realize a mesma montagem do Experimento 3 que foi utilizada para a implementação do controlador PID digital.
- Elabore um programa em LabVIEW para testar o controlador. O programa é idêntico ao realizado no Experimento 3 mas ao invés do bloco “CD-Construct PID Model” é utilizado o bloco “CD-Construct Transfer Function Model”.
- Visualize a resposta em tempo real para as entradas $r(t)$ e $r_{ramp}(t)$ definidas anteriormente, que simulam degraus e rampas repetidas, respectivamente.
- Compare a resposta obtida com a teórica do pré-roteiro e as respostas experimentais dos controladores projetados nos experimentos anteriores.

- A figura a seguir mostra um esquema da tela de execução

