

Laboratório de Controle Digital

Controle de posição de servomecanismo

1 Modelagem do servomecanismo

A função de transferência do servomecanismo translacional (ou rotacional) considerando como entrada a tensão $v_m(t)$ aplicada no motor e como saída a posição $x(t)$ do carro ao longo do trilho (ou a posição angular $\theta(t)$ da engrenagem) é

$$G(s) = \frac{b}{s(s+a)}, \quad (1)$$

onde a e b dependem de parâmetros do servomecanismo.

O servomecanismo também pode ser descrito por

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}}(t) &= \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}u(t), \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{C}\mathbf{x}(t), \end{aligned} \quad (2)$$

onde

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -a \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix},$$

$u(t) = v_m(t)$ e $\mathbf{x}(t) = [x(t) \ \dot{x}(t)]^T$ para o servomecanismo translacional e $\mathbf{x}(t) = [\theta(t) \ \dot{\theta}(t)]^T$ para o servomecanismo rotacional.

Escolha um dos servomecanismos e obtenha os parâmetros a e b nominais ou utilizando algum método de identificação de parâmetros. Projete um sistema de controle a tempo discreto para o servomecanismo utilizando um dos métodos apresentados a seguir.

2 Projeto do controlador

2.1 Controlador PID discretizado

Discretize a função de transferência (1) e discretize o controlador PID na forma posicional e na forma de velocidade conforme explicado nas páginas 115 a 121 do livro Ogata. Sintonize cada um dos PIDs de modo que a ação de controle não ultrapasse o valor máximo de tensão que o motor pode suportar e que a resposta tenha sobressinal e instante de pico especificados. O erro estacionário deve ser nulo para entrada degrau (e onda quadrada). Escolha período de amostragem compatível com a planta e com a resposta desejada. Ao implementar o controlador, coloque uma limitação de tensão na saída do controlador (ou na entrada da planta) para evitar tensão superior ao que o motor possa suportar ou que o carro patine ao longo do trilho. Compare o desempenho dos controladores e suas vantagens e desvantagens.

2.2 Controle por avanço e/ou atraso de fase usando LGR

Discretize a função de transferência (1). O objetivo é projetar um sistema de controle de posição de modo que requisitos como sobressinal e instante de pico sejam atendidos. O erro estacionário deve ser nulo para entrada degrau (e onda quadrada). O controlador deve ser do tipo avanço e/ou atraso de fase. O projeto deve ser feito utilizando o método do lugar geométrico das raízes. O período de amostragem deve ser compatível com a planta e com os requisitos de projeto escolhidos. Utilize um limitador de tensão no Simulink na saída do controlador (ou na entrada da planta) para evitar sobretensão no motor ou que o carro patine no trilho.

2.3 Sistema de controle com resposta *deatbeat*

Discretize a função de transferência (1) e projete um controlador de modo que o sistema em malha fechada tenha resposta *deadbeat* para entrada degrau (e onda quadrada). Verifique se a ação de controle ultrapassa o valor máximo de tensão que o motor pode suportar. Nesse caso, refaça o projeto aumentando o tempo necessário para que o erro passe a ser nulo e verifique novamente se a ação de controle pode ser implementada. Ao implementar o controlador, limite a tensão na saída do controlador (ou na entrada da planta) para evitar sobretensão no motor ou que o carro patine no trilho.

2.4 Controle PI no espaço de estados

Discretize a descrição de estados (2). Para implementar a ação integral aumente a planta como explicado na seção 6-7 do livro Ogata. Projete uma realimentação de estados para o sistema escolhendo autovalores que garantam um desempenho especificado para resposta transitória e estacionária. Se necessário, projete um estimador de estados. Verifique se ação de controle ultrapassa o limite do motor e, nesse caso, reveja as especificações do projeto. Implemente o controlador com limitação de tensão na saída (ou na entrada da planta) para evitar sobretensão no motor ou que o carro patine no trilho.

3 Outras informações

Todas as aulas a partir de 24/10 serão no Laboratório de Controle (SG-11). A presença nos dias e horários de aula designados para seu grupo é obrigatória e contabilizada na frequência. A chamada será feita depois de 10 minutos do início horário designado e os alunos deverão permanecer durante todo o período. Os grupos devem ter 2 alunos¹. Não está prevista a utilização do laboratório fora do horário de aula. Recomenda-se, portanto, uma boa programação para utilização do tempo.

O relatório deve ter resumo, introdução, modelagem (e identificação de parâmetros), projeto, resultados (de simulação e experimentais), conclusões e bibliografia. Deve ter informações suficientes para que outro aluno da disciplina possa reproduzir o experimento e obter os mesmos resultados. Todas as escolhas, como de período de amostragem ou especificações de projeto, devem ser justificadas. A data de entrega do relatório é 03/12. Os projetos deverão ser apresentados por todos os grupos nas aulas dos dias 03/12, 05/12 e 10/12. Na apresentação, todos os componentes do grupo serão questionados pelo professor e receberão notas individualmente.

¹Serão permitidos grupos de 3 alunos se todos os grupos já tiverem completos