

Teoria de Controle: A proposta do curso remoto

Docentes do Eixo de Modelagem e Controle de Processos

18 de Agosto de 2020

Apresentamos a estratégia que usaremos para estudar as técnicas para projeto de controladores necessárias à disciplina de Teoria de Controle.

1 Objetivos

Entender as diferentes topologias de controle e como utilizar as técnicas para projeto de controladores usando abordagens baseadas em:

1. representação polinomial;
2. lugar geométrico das raízes (LGR);
3. representação frequencial;
4. espaço de estados;

para o controle de processos. Além disso, busca-se a familiarização com técnicas para sintonia de controladores do tipo PID.

1.1 Como será feito?

Para aplicar as técnicas de controle seguiremos os seguintes passos:

1. Selecionar o processo a ser controlado.
2. Obter o modelo do processo¹.
3. Especificar o desempenho desejado.
4. Aplicar a técnica (cada uma das listadas na seção 1).
5. Verificar os resultados alcançados e voltar ao item anterior à especificação desejada, se necessário.
6. Análise da malha fechada
7. Realização o controlador.

Cada um desses passos são descritos na sequência:

¹Apenas para o caso 5 especificado mais adiante e para o projeto feito em conjunto com a disciplina de Laboratório.

Selecionar o processo: no nosso caso usaremos modelos que serão usados em todas as técnicas. Esses modelos serão fornecidos de duas maneiras distintas:

- Funções de transferência.
- Resposta temporal a uma entrada em degrau.

Em cada caso, os modelos fornecidos são típicos de situações práticas.

A especificação de desempenho: deve ser feita para cada modelo, fornecendo as características velocidade e de precisão desejadas². Também vamos explorar as especificações no domínio da frequência. Por essa razão, todo sistema controlado, verificaremos a resposta em frequência da malha fechada da referência para a saída, e da entrada da planta (entrada de controle e também de perturbação) para a saída³.

Aplicar a técnica: para cada modelo, a ideia é aplicar cada uma das técnicas mencionadas e fazer todo o procedimento descrito nos passos do início desta seção.

Verificar os resultados: realizando simulações para verificar se as especificações foram atendidas. Note que em alguns casos pode ser necessário rever as especificações, dadas restrições de sinal de controle disponível, não-linearidades, etc. Se for esse o caso, deve-se retornar às especificações e relaxa-las um pouco. Sempre justifique essa alteração.

Análise da malha fechada: uma vez que as especificações foram atendidas, é interessante analisar as propriedades da malha fechada relativas à faixa de passagem, frequências que podem trazer problemas ao funcionamento do sistema, etc. Verificaremos as funções de sensibilidade e sensibilidade complementar. Nessa etapa, introduziremos efeitos de atrasos e algumas não-linearidades típicas de casos reais e veremos como tratá-las. Por exemplo: saturação do sinal de controle e zona morta.

Nesta etapa, introduziremos o uso do preditor de Smith, anti-windup e compensação de não-linearidades. Cada um desses aspectos será agregado a pelo menos uma das plantas estudadas.

Realização do controlador: O projeto de um circuito eletrônico que implemente o controlador especificado, será pedido para apenas uma planta, em um dos casos. Portanto, esse aspecto terá um foco bastante secundário. A razão para isso, é que em geral teremos controladores implementados em sistemas digitais: o que aponta para a importância da disciplina de Controle Digital.

2 Processos escolhidos

Os sistemas a serem estudados e testados com as técnicas de projeto estudadas são elencados na Tabela 1.

O arquivo de dados do item 5 da Tabela 1 será fornecido durante o curso.

²Quais são essas características? Qual a diferença? Pesquise no material de análise de sistemas lineares: você vai precisar!

³Retorne no material de análise e veja como traçar os diagramas de bode para sistemas de primeira e segunda ordens!

Tabela 1: Sistemas a serem estudados e controlados pelas técnicas estudadas.

Modelos de processos		
Caso	Tipo	Informação
1	função de transferência	$G_1(s) = \frac{5(s+0,5)}{(s+2)s}$
2	função de transferência	$G_2(s) = \frac{5(s^2+6s+13)(s+0,5)}{(s-2)(s-1)(s^2+8s+41)}$
3	função de transferência	$G_3(s) = \frac{5(s-5)}{(s-2)(s+2)}$
4	função de transferência	$G_4(s) = \frac{5(s-5)}{(s-2)s^2}$
5	resposta a um degrau	<code>dados1.mat</code>

3 Especificação de desempenho

As especificações de cada sistemas estão dadas na Tabela 2, que será complementada de acordo com as técnicas usadas. Em todos os casos é preciso ter erro nulo para sinais de referência constantes por partes.

Tabela 2: Especificações de desempenho para os sistemas da Tabela 1.

Especificações de desempenho					
Caso	t_s	t_r	$OS\%$	t_p	ω_B
1	1s	< possível	10%	–	–
2	1s	qualquer	0%	–	–
3	1s	< possível			
4	< 0,8s	sem restrições	< 15%	< 1s	
5					

As especificações do item 5 da Tabela 2 serão fornecidas durante o curso.

4 Aplicar técnica de projeto

Para cada uma das técnicas teremos um material de referência a ser estudado. Esse material será fornecido gradualmente. A base, porém, está nos livros de controle que utilizamos (Ogata, Dorf e Nise).

5 Verificar o resultado

Analisar as respostas de malha fechada, medir o desempenho alcançado e comparar com os valores especificados.

6 Análise da malha fechada

Verificar o efeito de erros nos parâmetros do modelo, presença de atrasos. Possibilidades de outras topologias.

Incluir o estudo da resposta em frequência da malha fechada, observando o traçado do diagrama de Bode de três casos para:

1. referência para saída
2. entrada de distúrbio para a saída
3. ruído na saída para a saída

Note que também é possível investigar o efeito do distúrbio no sinal de controle ou no erro. Esses aspectos serão tratados como bônus.

Investigar o efeito de ruído de medição e o projeto de filtros para o medidor.

7 Realização do controlador

Projeto do circuito eletrônico, usando valores de componentes comerciais, para implementação analógica de um dos controladores de uma das plantas. Avaliar o efeito do erro percentual dos componentes do circuito projetado na dinâmica da malha fechada.