



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO:	COMPONENTE CURRICULAR: Controle de Processos Químicos II	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: Faculdade de Engenharia Química	SIGLA: FEQUI	
CH TOTAL TEÓRICA: 60	CH TOTAL PRÁTICA: -	CH TOTAL: 60

OBJETIVOS

Ao final da disciplina é esperado que o aluno seja capaz de:

- a) Selecionar algoritmos de controle e analisar seus efeitos na resposta de um processo;
- b) Analisar características de estabilidade de sistemas de controle;
- c) Projetar sistemas de controle avançado;
- d) Analisar sistemas de controle MIMO para plantas químicas.

EMENTA

Funções de transferência e diagramas de blocos; análise do efeito de perturbações em sistemas de primeira ordem, segunda ordem, sistemas com tempo morto, com resposta inversa, em série, com e sem interação; sistemas de controle *feedback*: efeito das ações de controle, estabilidade e ajuste de controladores (curva de reação, síntese direta, IMC e minimização das integrais de erro; desenvolvimento de modelos empíricos para aplicação em controle de processos.; técnicas de controle avançado: *feedforward*, controle de razão, estratégias de controle (cascata, compensação de tempo morto, controle seletivo, adaptativo), controle MIMO (desacoplamento) e controle supervisório; controle preditivo; estudo de casos com softwares disponíveis.

PROGRAMA

1 Introdução ao Controle de Processos

- 1.1 Exemplo motivador
- 1.2 Classificação das estratégias de controle
- 1.3 Instrumentos de uma malha de controle
- 1.4 Controle de processos e diagrama de blocos
- 1.5 Justificativa econômica do controle de processos
- 1.6 Segurança de processos e controle
- 1.7 Projeto de processos e controle
- 1.8 Revisão de aspectos matemáticos: (a) Graus de liberdade, (b) Linearização de modelos, (c) transformada de Laplace, (d) autovalores, autovetores e valores singulares
- 1.9 Revisão de modelagem de processos: fenomenológica e empírica
- 1.10 Solução de modelos dinâmicos e o uso de simuladores digitais

2 Funções de Transferência

- 2.1 Desenvolvimento
- 2.2 Propriedades
- 2.3 Diagrama de blocos
- 2.4 Modelo em espaço de estados e na forma de matrizes de função de transferência
- 2.5 Pólos e zeros
- 2.6 Aproximação de funções de transferência para sistemas de ordens elevadas

3 Resposta de Sistemas em Malha Aberta

- 3.1 Perturbações
- 3.2 Resposta de sistemas de primeira ordem
- 3.3 Resposta de sistemas de segunda ordem
- 3.4 Resposta de sistemas integrantes
- 3.5 Efeitos de polos e zeros na resposta de um sistema
- 3.6 Processos com tempo morto
- 3.7 Processo com interação e sem interação
- 3.8 Processos com múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO)

4 Resposta de Sistemas em Malha Fechada

- 4.1 Representação de diagramas de blocos
- 4.2 Funções de transferência da malha fechada
- 4.3 Resposta de sistemas em malha fechada
- 4.4 Comportamento dinâmico em malha fechada
- 4.5 Análise da estabilidade
- 4.6 Critério de Routh-Hurwitz
- 4.7 Diagrama de lugar das raízes
- 4.8 Critério de desempenho de processos em malha fechada

5 Sistemas de Controle *Feedback*

- 5.1 Seleção de variáveis controladas, manipuladas e medidas
- 5.2 Projeto de controladores baseado em modelos: síntese direta e IMC
- 5.3 Projeto de controladores para resposta transiente
- 5.4 O controlador PID contínuo e discreto – características e propriedades
- 5.5 Sintonia de controladores PID
- 5.6 Diretrizes para o controle de variáveis de processo

6 Projeto e Análise de Controladores Baseado na Resposta Frequencial

- 6.1 Resposta de processo a uma perturbação senoidal
- 6.2 Diagrama de Bode
- 6.3 Característica de resposta frequencial de controladores
- 6.4 Diagrama de Nyquist
- 6.5 Critérios de Estabilidade: (a) Bode, (b) Nyquist
- 6.6 Margem de fase e margem de ganho
- 6.7 Resposta frequencial e malha fechada e funções de sensibilidade
- 6.8 Análise de robustez
- 6.9 Projeto de controladores baseado em resposta frequencial

7 Controle *Feedforward* e de Razão

- 7.1 Introdução
- 7.2 Controle de razão
- 7.3 Projeto de controladores *feedforward* baseados em modelos estacionários
- 7.4 Projeto de controladores *feedforward* baseados em modelos dinâmicos
- 7.5 Configurações para controle *feedback-feedforward*
- 7.6 Sintonia de Controladores *feedforward*

8 Técnicas de Controle Avançadas

- 8.1 Controle cascata
- 8.2 Compensação de tempo morto
- 8.3 Controle inferencial
- 8.4 Controle seletivo/*override*
- 8.5 Sistemas de controle não lineares
- 8.6 Controle adaptativo

9 Controle de Processos Multivariáveis (MIMO)

- 9.1 Interações
- 9.2 Pareamento
- 9.3 Análise de valor singular
- 9.4 Sintonia de controladores PID múltiplas malhas
- 9.5 Desacoplamento de estratégias de controle multivariáveis
- 9.6 Estratégias para redução de interação de malhas
- 9.7 Controle preditivo baseado em modelos

10 Estudo de Casos

- 10.1 Estudos de casos com *softwares* disponíveis

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

CONSIDINE, D. M.; CONSIDINE, G. D. **Process/industrial instruments and controls handbook.** 3. ed. New York: McGraw Hill, 1989.

SEBORG, D. E.; EDGAR, T. F.; MELLICHAMP, D. A. **Process dynamics and control.** 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons. 2004.

SIGHIERI, L.; NISHINARI, A. **Controle automático de processos industriais: instrumentação.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

GREEN, D. W.; PERRY, R. H. **Perry's chemical engineers' handbook.** 8. ed. New York: McGraw-Hill, 2005.

LUYBEN, W. L. **Process modeling, simulation and control for chemical engineers.** 2. ed. New York: McGraw Hill, 1990.

MC CABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOTT, P. **Unit operations of chemical engineering.** 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2005.

SMITH, C. A.; CORRIPIO, A. B. **Principles and practice of automatic process control.** 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2006.

STEPHANOPOULOS, G. **Chemical process control: an introduction to theory and practices.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1984.

TURTON, R. **Analysis, synthesis, and design of chemical processes.** Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1998.

APROVAÇÃO

19/03/2015

Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Dr. Ricardo Amâncio Malagoni
Coordenador do Curso de Graduação em
Engenharia Química - Portaria R N° 240/2014

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

17/04/2015

Universidade Federal de Uberlândia
Profa. Valéria Viana Murata
Diretora da Faculdade de Engenharia
Química-Portaria R N° 671/09

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica

3 de 3