



FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

| | | |
|---|--|------------------------------|
| CÓDIGO: | COMPONENTE CURRICULAR: CONTROLE DE SISTEMAS LINEARES | |
| UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: Faculdade de Engenharia Mecânica | SIGLA: FEMEC | |
| CH TOTAL TEÓRICA: 60 horas | CH TOTAL PRÁTICA: 15 horas | CH TOTAL: 75 horas |

1. OBJETIVOS

Permitir ao aluno ter o conhecimento da área de controle de sistemas lineares no tempo contínuo, envolvendo o controle clássico e introdução ao controle moderno. Estudar aplicações para sistemas mecânicos e eletromecânicos. Apresentar e utilizar programas computacionais para simular sistemas lineares e controladores.

2. EMENTA

Conceitos fundamentais. Ações de controle básicas. Aplicações industriais. Critérios de estabilidade e lugar das raízes. Posicionamento de pólos. Controladores PID. Técnicas de projeto de sistema de controle pelo método do lugar das raízes. Técnicas de projeto de sistema de controle pelo método da resposta em frequência. Técnicas de projeto de sistemas de controle no espaço de estados.

3. PROGRAMA

1. Introdução

1.1. Conceitos fundamentais sobre sistemas de controle automático: Histórico. Aplicações.

1.1. Diagramas de blocos

1.2. Conceito e comparação entre sistemas em malha aberta e fechada.

1.3. Vantagens da realimentação.

1.4. Análise dinâmica de sistemas: aspectos gerais

1.5. Modelagem de sistemas dinâmicos

1.6. Análise e projeto de sistemas dinâmicos

1.7. Sistemas lineares e não lineares, linearização

1.8. Simulação de sistemas de controle em malha fechada.

1.9. Controle PID: funcionamento; regras de sintonia para controladores PID; variantes

de controladores PID

2. Projeto de sistemas de controle pelo método do lugar das raízes

- 2.1. O gráfico do lugar das raízes e análise de estabilidade
- 2.2. Posicionamento de pólos e zeros.
- 2.3. Pólos dominantes.
- 2.4. Critérios de desempenho do sistema no domínio do tempo.
- 2.5. Compensadores por avanço de fase.
- 2.6. Compensadores por atraso de fase.
- 2.7. Compensadores por avanço e atraso de fase.
- 2.8. Compensação em paralelo.

3. Análise de sistemas lineares no domínio do tempo

- 3.1. Resposta transiente de sistemas de 1^a ordem
- 3.2. Resposta transiente de sistemas de 2^a ordem
- 3.3. Resposta impulsiva de sistemas mecânicos
- 3.4. Sistemas de ordem superior

4. Projeto de sistemas de controle pelo método da resposta em freqüência

- 4.1. Diagrama de Bode
- 4.2. Diagrama polar
- 4.3. Diagrama de módulo em dB x ângulo de fase
- 4.4. Critério de estabilidade de Nyquist
- 4.5. Critérios de desempenho do sistema no domínio da freqüência
- 4.6. Compensadores por avanço de fase
- 4.7. Compensadores por atraso de fase.
- 4.8. Compensadores por avanço e atraso de fase

5. Projeto de sistemas de controle no espaço de estados.

- 5.1. Controlabilidade e observabilidade.
- 5.2. Alocação de polos.
- 5.3. Observadores de estado.
- 5.4. Projeto de sistemas reguladores com observadores.
- 5.5. Projeto de sistemas de controle com observadores

Atividades de laboratório

1 - Introdução

1.1 – Componentes mecânicos e eletrônicos de um sistema de controle ativo

1.2 – Identificação experimental de sistemas dinâmicos

1.3 – Obtenção dos dados experimentais

1.4 – Identificação experimental da função de transferência da planta

2 - O sinal de erro e a polaridade da realimentação

2.1 – A influência do ganho

2.2 – Efeito do ganho sobre a velocidade e exatidão da resposta à entrada degrau

2.3 – Efeito do ganho sobre a estabilidade

3 - Realimentação de velocidade

3.1 – Descrição e funcionamento

3.2 – Efeitos da realimentação de velocidade sobre a estabilidade do sistema e o erro em regime permanente

4 - Sistemas seguidores

4.1 – Efeito do ganho sobre a resposta à entrada rampa

4.2 – O efeito da realimentação de velocidade sobre sistemas seguidores

5 - Sistemas instáveis

5.1 – Efeito de atrasos do sinal na malha de controle

5.2 – Combinação de atraso com ganho alto: instabilidade

6 - Sistema de controle de velocidade

6.1 – Efeito do carga e do ganho sobre a exatidão da resposta

7 - Introdução ao controlador Proporcional + Integral + Derivativo (PID)

7.1 – Derivação do sinal de erro com amplificador operacional

7.2 – Integração do sinal de erro com amplificador operacional

7.3 – Testes iniciais do controlador PID

8 - Aplicação do PID

8.1 – Controle de posição (entradas degrau e rampa)

8.2 – Controle de velocidade

8.3 – Eliminação de distúrbios

8.4 – PID com amplificador operacional único

9 - Controle de nível e temperatura de líquido

9.1 – Calibração dos sensores de nível e temperatura

9.2 – Ajuste da malha de controle de nível e temperatura

4. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

DORF, R.C., BISHOP, R. H. Modern control systems, 11th ed. Ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ (USA), 1018 p., 2008.

D'AZZO, John J., HOUPIS, CONSTANTINE H., Linear Control System Analysis and Design. 5th ed., Ed. CRC, 832 p., 2003.

NISE, N. , Engenharia de sistemas de controle, 3^a ed. LTC. Rio de Janeiro. Tradução de *Control systems engineering* (Bernardo S. S. Filho), 695 p., 2002.

OGATA, K., Engenharia de Controle Moderno, 4^a ed. Ed. Pearson - Prentice Hall. São Paulo. Tradução de *Modern Control Engineering* (Paulo A. Maya), 788 p., 2003.

5. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BOTTURA,C.P., Análise Linear de Sistemas. Editora Guanabara Dois, 1982.

D'AZZO, John J., HOUPIS, CONSTANTINE H., Análise e Projeto de Sistemas de Controle Lineares. 2a ed. Rio de Janeiro, Guanabara, 1988.

FRANKLIN, G.E. POWELL, J.D. EMAMI-NAEINI, A. Feedback Control of Dynamic Systems, 3rd ed. Addison Wesley, 1994.

KUO, B.C., Sistemas de Controle Automático, Prentice Hall, 1982

MATHWORKS INC., The Student Edition of Matlab, Prentice-Hall, 1992.

STEFANI, R., SAVANT, C., SHAHIAN, B., HOSTETTER, G., Design of Feedback Control Systems, Saunders College Publishing, 1994.

6. APROVAÇÃO

Roberto de Souza Martins

Elaine Gomes Assis

Coordenador(a) do Curso de Graduação em
Engenharia Mecânica

Diretor(a) da Faculdade de
Engenharia Mecânica



Documento assinado eletronicamente por **Roberto de Souza Martins**,
Coordenador(a), em 21/08/2023, às 10:55, conforme horário oficial de Brasília,
com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Elaine Gomes Assis, Diretor(a)**, em 23/08/2023, às 15:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4752796** e o código CRC **E9B61726**.

Referência: Processo nº 23117.041234/2023-08

SEI nº 4752796