
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

PROGRAMA DE DISCIPLINA

DISCIPLINA:

Instrumentação Industrial

CÓDIGO:

ELT010

DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL:

Departamento de Engenharia Eletrônica

UNIDADE:

Escola de Engenharia

CARGA HORÁRIA:

Teórica: 45 | Prática: 0

CRÉDITOS:

3

PERÍODO:

6

CLASSIFICAÇÃO:

OB / OP
(ambas)

PRÉ-REQUISITOS:

Total: 45 horas-aula

PRÉ-REQUISITOS DE CONHECIMENTO:

Eletrônica Analógica Básica e
Sistemas Dinâmicos Lineares ou Análise de Sistemas
Lineares

CARGA HORÁRIA ESTIMADA EXTRA-CLASSE:

3h por semana

EMENTA:

Introdução; Sistemas de medição para aplicação em malha aberta; Modos de operação de instrumentos; Análise funcional de instrumentos; Técnicas de correção de erros; Caracterização estática de instrumentos; Caracterização dinâmica de instrumentos; Análise de sinais em instrumentação; Sistemas eletrônicos para instrumentação; Acoplamento elétrico; Sensores de posição; Sensores de deformação; Sensores de Pressão; Medição de Vazão; Medição de Temperatura; Medição de Nível.

OBJETIVOS:

Objetiva-se que ao final do curso o aluno: 1) esteja familiarizado com conceitos básicos da área; 2) seja capaz de descrever as principais classes de sensores para as grandezas estudadas; 3) seja capaz de ler folhas de especificação de instrumentos e literatura técnica sobre o assunto; 4) entender os principais pontos e requisitos na especificação de sensores para aplicações industriais.

METODOLOGIA DE ENSINO:

Aulas Expositivas em Quadro-Negro
 Utilização de Transparências ou Slides
 Aulas Práticas Demonstrativas
 Aulas Práticas de Montagem
 Trabalho Teórico Extra-Classe

Trabalho Prático Extra-Classe
 Estudo Dirigido / Listas de Exercícios
 Aulas em Salas de Microcomputadores
 Outros - Especificar:

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO:

Provas e eventualmente um trabalho. Todas as avaliações são individuais.

PROGRAMA:

- 1) Introdução
 - a. Sistemas de medição para aplicação em malha aberta
 - b. Sistemas de medição para aplicação em malha fechada
 - c. Elementos principais de um laço de controle
- 2) Modos de operação de instrumentos
 - a. Operação por deflexão
 - b. Operação por detecção de nulo
 - c. Características
- 3) Análise funcional de instrumentos
 - a. Conceitos
 - b. Análise entrada-saída de instrumentos
 - c. Exemplos
- 4) Técnicas de correção de erros
 - a. Método da insensibilidade inerente
 - b. Filtragem de entrada
 - c. Filtragem de saída
 - d. Método dos erros calculados
 - e. Método das entradas em oposição
 - f. Realimentação de ganho elevado
 - g. Exemplos
- 5) Caracterização estática de instrumentos
 - a. Conceito de erro e distribuição de probabilidade de erros
 - b. Erros sistemáticos
 - c. Erros com características aleatórias
 - d. Incerteza e incerteza padrão
 - e. Função de propagação de incerteza
 - f. Calibração estática
 - g. Características estáticas (e.g. linearidade, repetibilidade, sensibilidade, resolução, limiar etc.)
 - h. Exemplos
- 6) Caracterização dinâmica de instrumentos
 - a. Instrumentos não lineares: determinação de condições de equilíbrio e linearização.
 - b. Resposta temporal de sistemas de ordem zero, um e dois
 - c. Resposta em frequência de sistemas de ordem zero, um e dois
 - d. Modelagem no domínio do tempo e no domínio da frequência
 - e. Representações para retardo puro de tempo
- 7) Análise de sinais em instrumentação
 - a. Modulação em amplitude
 - b. Demodulação sensível à fase
 - c. Caracterização de sinais aleatórios
 - d. Funções de correlação cruzada e auto-correlação
 - e. Carregamento
- 8) Sistemas eletrônicos para instrumentação
 - a. A ponte de Wheatstone
 - b. Amplificadores operacionais em configuração inversora, não-inversora e diferencial
 - c. Amplificador de instrumentação
 - d. Amplificador síncrono
- 9) Acoplamento elétrico
 - a. Acoplamento resistivo: o problema da aterragem
 - b. Acoplamento capacitivo: a solução por blindagem
 - c. Acoplamento indutivo: blindagem, disposição de circuitos e trancamento de fios
- 10) Sensores de posição
 - a. Potenciômetros
 - b. Extensômetros (*strain-gages*)
 - c. LVDTs (*linear variable differential transformers*)
 - d. Encoders
 - e. Sensores capacitivos e a cristal
 - f. Sensores de proximidade (Hall, indutivos, capacitivos)
 - g. Acelerômetros
 - h. Ultrassônicos
 - i. Tacômetros

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

- 11) Sensores de deformação
 - a. Sensores de força 1D e 3D
 - b. Sensores de conjugado
- 12) Sensores de Pressão
 - a. Manômetros em U
 - b. Tubos de Bourdon
 - c. Foles (Bellows)
 - d. Diafragmas
 - e. Sensores absolutos (piezoresistivos, capacitivos etc.)
 - f. Sensores com referência à atmosfera (piezoresistivos, capacitivos etc.)
 - g. Sensores diferenciais (piezoresistivos, capacitivos etc.)
- 13) Medição de Vazão
 - a. Tubo de Pitot
 - b. Tubo de Venturi
 - c. Placa de Orifício
 - d. Anemômetro de fio (ou filme) quente
 - e. Anemômetro de LASER Doppler
 - f. Rotâmetros
 - g. Turbinas
 - h. Ultrassônicos
 - i. Eletromagnéticos
 - j. Medidor baseado em vórtices
 - k. Medidores de vazão mássica
 - l. Tubo de Coriolis
- 14) Medição de Temperatura
 - a. Líquido ou gás em bulbo (e.g. termômetros de mercúrio)
 - b. Termopares
 - c. RTDs (*resistance temperature detectors*)
 - d. Termistores semicondutores
 - e. Termistores de junção
 - f. Pirômetros
 - g. Medidores sensíveis à radiação infra-vermelho
- 15) Medição de Nível
 - a. Ultrassônicos
 - b. Resistivos
 - c. Capacitivos

BIBLIOGRAFIA:

Measurement Systems: Applications and Design, 5th Edition, E. O. Doebelin, McGraw Hill,

PROFESSOR RESPONSÁVEL:

Luis Antonio Aguirre e Leonardo Antônio Borges Tôres

DATA DA APROVAÇÃO: