

4-065 - Instrumentação Industrial

Plano de Aula - 16 Aulas (Aulas de 1 Hora)



Aula 1

Capítulo 1 - Conceitos Básicos de Instrumentação Industrial

1.1. Processo.....	23
1.2. Classificações dos Processos Industriais.....	23
1.2.1. Processo Contínuo.....	24
1.2.2. Processo por Batelada.....	24
1.2.3. Processo de Manufatura.....	24
1.3. Terminologias.....	24
1.3.1. Range.....	25
1.3.2. Span.....	26
1.3.3. Erro.....	26
1.3.3.1. Erro Sistemático.....	26
1.3.3.2. Erro Aleatório.....	27
1.3.3.3. Erro Grosseiro.....	27
1.3.4. Desvio.....	27
1.3.5. Exatidão.....	27
1.3.6. Repetitividade.....	28
1.3.7. Precisão.....	28
1.3.8. Resolução.....	28
1.3.9. Zona Morta.....	29

Aula 2

Capítulo 1 - Conceitos Básicos de Instrumentação Industrial

1.3.10. Histerese.....	29
1.3.11. Sensibilidade.....	29
1.3.12. Set Point.....	29
1.4. Identificação de Instrumentos.....	29
1.4.1. Considerações da Tabela.....	32
1.5. Tagueamento – Construção do TAG.....	34
1.5.1. Outros Símbolos Usados nos Diagramas de Processo.....	36
1.5.2. Simbologia Geral.....	37
1.6. Classificação dos Instrumentos.....	37
1.6.1. Instrumento Indicador (Mostrador).....	38
1.6.2. Instrumento Registrador.....	38
1.6.3. Instrumento Transdutor.....	39
1.6.4. Instrumento Controlador.....	40
1.6.5. Instrumento Elemento Final de Controle.....	40
1.6.6. Instrumento Transmissor.....	41

Aula 3

Capítulo 2 - Telemetria

2.1. Conceito.....	53
2.2. Vantagens da Telemetria.....	54
2.3. Transmissores.....	55
2.4. Sinais Analógicos.....	55
2.4.1. Sinal Pneumático.....	56
2.4.2. Sinal Elétrico.....	56
2.4.3. Sinal Hidráulico.....	57
2.4.4. Sinal Eletrônico.....	58
2.4.5. Sinal Via Rádio.....	58

Aula 4

Capítulo 2 - Telemetria

2.4.6. Sinal Via Modem.....	59
2.5. Sinal Digital.....	59
2.6. Comunicação Digital X Analógica.....	60

2.7. Protocolos de Comunicação.....	61
2.7.1. FIELDBUS ou Barramento de Campo.....	62
2.7.2. Modbus.....	63
2.7.3. Hart.....	64
2.7.4. Profibus.....	65

Aula 5

Capítulo 3 - Conceitos Básicos de Controle de Processos

3.1. Processo.....	73
3.2. Classificação dos Processos Industriais.....	74
3.3. Variáveis de Processo.....	75
3.3.1. Distúrbios.....	76
3.4. Objetivos de um Sistema de Controle.....	77
3.5. Malhas de Controle.....	77

Aula 6

Capítulo 4 - Variáveis de Processo - Pressão

4.1. Medição de Pressão e um Pouco de História.....	86
4.1.1. Definições Básicas.....	86
4.2. Princípios, Leis e Teoremas da Física, Utilizadas na Medição de Pressão.....	87
4.2.1. Lei da Conservação de Energia (Teorema de Bernoulli).....	88
4.2.2. Teorema de Stevin.....	88
4.2.2.1. Vasos Comunicantes.....	90
4.2.3. Princípio de Pascal.....	90
4.2.4. Equação Manométrica.....	91
4.3. Definição de Pressão.....	91
4.3.1. Tipos de Pressão Medidas.....	92
4.3.2. Relação Entre Tipos de Pressão Medida.....	93
4.3.3. Unidades de Pressão.....	93
4.4. Técnicas de Medição de Pressão.....	94
4.4.1. Introdução.....	94
4.4.2. Composição dos Medidores de Pressão.....	95
4.5. Principais Tipos de Medidores.....	95
4.5.1. Manômetros.....	95
4.5.2. Manômetro de Líquido.....	96
4.5.2.1. Construção e Princípios de Funcionamento.....	96
4.5.2.2. Líquidos de Enchimento.....	97
4.5.2.3. Faixa de Medição.....	97
4.5.2.4. Como Fazer a Leitura de Forma Correta (Formação de Menisco no Capilar).....	97

Aula 7

Capítulo 4 - Variáveis de Processo - Pressão

4.5.2.5. Influência Gerada pela Temperatura nas Leituras.....	98
4.5.3. Tipos de Manômetro de Líquido.....	99
4.5.3.1. Manômetro tipo Coluna em "U".....	99
4.5.3.2. Manômetro Tipo Coluna Reta Vertical.....	100
4.5.3.3. Manômetro do Tipo Coluna Inclinada.....	101
4.5.3.4. Manômetro Tipo Elástico.....	102
4.5.3.4.1. Funcionamento do Medidor Tipo Elástico.....	103
4.5.3.5. Manômetro Tubo Bourdon.....	104
4.5.3.5.1. Construção e Característica dos Tubos de Bourdon.....	104
4.5.3.5.2. Materiais dos Bourdons.....	105
4.5.3.5.3. Classificação dos Manômetros o Tipo BOURDON.....	105
4.5.4. Tipos Construtivos de Manômetros de Bourdon.....	106
4.5.4.1. Manômetro Fechado.....	107
4.5.4.2. Manômetro de Pressão Diferencial.....	107
4.5.4.3. Manômetro Duplo.....	108
4.5.4.4. Manômetro com Selagem Líquida.....	108
4.5.4.5. Manômetro Tipo Diafragma.....	110
4.5.4.6. Manômetro Tipo Fole.....	111
4.5.4.7. Manômetro Padrão.....	112
4.5.4.8. Manômetro Tipo Coluna Líquida.....	112
4.5.4.9. Manômetro Tipo Balança de Peso Morto.....	112

Aula 8

Capítulo 4 - Variáveis de Processo - Pressão

4.6. Acessórios para Manômetro Tipo Bourdon.....	115
4.6.1. Amortecedores de Pulsação.....	115
4.6.2. Sifões.....	116
4.6.3. Supressor de Pressão.....	116
4.7. Instrumento de Transmissão de Sinal.....	117
4.7.1. Escolha do Tipo de Medidor.....	117
4.8. Instrumentos para Alarme e Intertravamento.....	118
4.8.1. Pressostato.....	119
4.8.2. Tipos de Pressostatos.....	119
4.8.2.1. Diferencial Fixo ou Ajustável.....	119
4.8.2.2. Contato SPDT e DPDT.....	120
4.8.3. Como Selecionar Corretamente um Pressostato.....	120
4.8.3.1. Vida Útil do Pressostato.....	120
4.8.3.2. Pressostato de Teste.....	121
4.8.3.3. Função do Pressostato.....	121
4.8.3.4. Seleção da Faixa Ajustável.....	122

Aula 9

Capítulo 5 - Variáveis de Processo - Nível

5.1. Definição.....	129
5.2. Princípios da Medição de Nível.....	129
5.3. Método de Medição Direta.....	130
5.3.1. Régua Graduada.....	130
5.3.2. Gabarito.....	131
5.3.3. Visores de Nível.....	131
5.3.4. Visores Tubulares.....	132
5.3.5. Visores de Vidro Plano.....	132
5.3.6. Reflex ou Refletivos.....	133
5.3.7. Boia ou Flutuador.....	134
5.3.8. Medidor de Nível com Flutuador Interno.....	135
5.3.9. A Escolha do Flutuador Adequado.....	135
5.4. Medição de Nível Indireta.....	136
5.4.1. Medição de Nível por Pressão Hidrostática.....	136
5.4.2. Medição de Nível por Pressão Diferencial.....	137
5.5. Supressão e Elevação de Zero.....	139
5.5.1. Supressão de Zero.....	139
5.5.2. Elevação de Zero.....	140
5.5.3. Medição de Nível com Borbulhador.....	140
5.5.4. Medição de Nível por Empuxo.....	141
5.5.5. Medição de Nível por Interface.....	142
5.5.6. Medição de Nível com Raios Gama.....	143
5.5.7. Medição de Nível Capacitivo.....	144

Aula 10

Capítulo 5 - Variáveis de Processo - Nível

5.5.8. Medidor de Nível por Ultrassom.....	145
5.5.8.1. Princípios Físicos.....	146
5.5.8.2. Geração do Ultrassom.....	146
5.5.9. Medição de Nível por Radar.....	148
5.6. Medição de Nível Descontínua.....	148
5.6.1. Medição de Nível por Condutividade.....	149
5.6.2. Medição de Nível Descontínua por Boia.....	149
5.7. Métodos de Medição de Nível de Sólidos.....	150
5.7.1. Medição de Nível por Pesagem.....	150
5.8. Escolha do Tipo de Medidor de Nível.....	152
5.9. Instrumentos para Alarme e Intertravamento.....	152
5.9.1. Chaves de Nível.....	152
5.10. Tipos de Chave de Nível.....	153
5.10.1. Tipo Vibratória.....	153
5.10.1.1. Princípio de Operação.....	153
5.10.1.2. Construção Básica da Chave de Nível de uma Lâmina.....	153
5.10.1.3. Aplicações.....	154
5.10.1.4. Instalação.....	154
5.10.2. Chave de Nível Capacitiva a Dois Terminais.....	154

5.10.3. Chave de Nível a Três Terminais.....	155
5.10.3.1. Aplicações	156
5.10.3.2. Cuidados na Instalação.....	156

Aula 11

Capítulo 6 - Variáveis de Processo - Temperatura

6.1. Um Pouco da História.....	167
6.1.1. Conceito.....	168
6.1.2. Temperatura e Calor.....	169
6.1.3. Escalas de Temperatura.....	170
6.1.4. Conversão de Escalas.....	172
6.1.5. Escala Internacional de Temperatura.....	173
6.2. Medidores de Temperatura	175
6.2.1. Termômetro para Dilatação de Líquido.....	176
6.2.1.1. Recipiente de Vidro Transparente.....	176
6.2.1.2. Recipiente Metálico.....	177
6.2.2. Termômetros para Dilatação de Sólidos (Termômetros Bimetálicos).....	178
6.3. Sensores de Temperatura Tipo Termopar.....	179
6.3.1. Efeitos Termoelétricos.....	180
6.3.1.1. Efeito Termoelétrico de SEEBECK.....	180
6.3.1.2. Efeito Termoelétrico de PELTIER.....	181
6.3.1.3. Efeito Termoelétrico de THOMSON.....	182
6.3.2. Efeito Termoelétrico Volta.....	183
6.3.3. Leis Termoelétricas.....	183
6.3.4. Lei do Circuito Homogêneo.....	184
6.3.5. Lei dos Metais Intermediários.....	184
6.3.6. Lei das Temperaturas Intermediárias.....	185
6.3.7. Correlação da FEM em Função da Temperatura.....	185

Aula 12

Capítulo 6 - Variáveis de Processo - Temperatura

6.4. Medição de Temperatura por Termopar.....	186
6.4.1. Tipos e Características dos Termopares.....	187
6.4.2. Correção das Juntas de Referência.....	192
6.4.3. Associação de Termopares.....	194
6.4.4. Associação Série – Oposta.....	195
6.4.5. Fios de Compensação e Extensão.....	196
6.5. Medição de Temperatura por Termorresistência.....	196
6.5.1. Princípio de Funcionamento.....	197
6.5.2. Construção Física do Sensor.....	198
6.5.3. Bulbo de Resistência Tipo Pt-100.....	199
6.5.4. Vantagens e Desvantagens dessa Medição.....	201
6.5.5. Princípio de Medição.....	201
6.5.5.1. Ligação a Dois Fios.....	202
6.5.5.2. Ligação a 3 Fios.....	204
6.5.5.3. Ligação a 4 Fios.....	205
6.5.6. Recomendações para a Instalação de Termorresistências.....	205
6.5.7. Vantagens e Desvantagens de Termorresistência x Termopar.....	206
6.6. Sensores sem Contato.....	206
6.6.1. Termômetros de Radiação.....	207
6.6.2. Radiômetro ou Pirômetro de Radiação.....	207

Aula 13

Capítulo 7 - Variáveis de Processo - Vazão

7.1. Introdução.....	221
7.1.1. Definição.....	221
7.1.2. Conceitos Físicos para Medição de Vazão	224
7.2. Distribuição de Velocidade em um Duto.....	225
7.3. Medidores de Vazão	226
7.3.1. Medidores de Deslocamento Positivo.....	227
7.3.2. Medidor de Engrenagens.....	227
7.3.3. Medidor de Engrenagens Ovais.....	228
7.3.4. Medidor de Palhetas.....	228
7.3.5. Lóbulos Rotativos.....	229
7.3.6. Medidores de Diafragma.....	230
7.4. Medidores de Pressão Diferencial.....	231
7.4.1. Placa de Orifício.....	232

7.4.2. Tubo Venturi.....	234
7.4.3. Tubo Pitot.....	234

Aula 14

Capítulo 7 - Variáveis de Processo - Vazão

7.5. Medidor de Vazão Área Variável	235
7.5.1. Rotâmetros.....	235
7.5.1.1. Tipos de Boias	236
7.6. Medidores Especiais de Vazão	237
7.6.1. Tipo Turbina.....	237
7.6.2. Medidor de Vazão por Eletromagnetismo.....	239
7.6.3. Medidores Ultrassônicos.....	239
7.6.3.1. Medidores de Efeito Doppler.....	240
7.6.3.2. Medidores de Tempo de Trânsito	241
7.6.4. Medidor de Vazão Tipo Vortex	242
7.6.5. Medidor por Efeito Coriolis.....	244
7.7. Conclusão.....	246

Aula 15

Capítulo 8 - Elementos Finais de Controle

8.1. Válvulas de Controle.....	256
8.2. Partes Principais de uma Válvula de Controle.....	257
8.2.1. Atuador.....	257
8.2.2. Corpo	257
8.3. Válvulas de Deslocamento Linear da Haste.....	258
8.3.1. Válvulas Globo.....	258
8.3.1.1. Válvulas Globo Sede Simples.....	259
8.3.1.2. Válvula Globo Sede Dupla.....	260
8.3.2. Válvula Globo Tipo Gaiola.....	261
8.3.3. Válvula Globo Tipo Gaiola Sede Simples.....	262
8.3.4. Válvula Gaiola Sede Simples não Balanceada.....	262
8.3.5. Válvula Globo Tipo Gaiola Sede Simples Balanceada.....	263
8.3.6. Válvula Tipo Diafragma ou Saunders.....	263
8.3.7. Válvula de Controle Tipo Guilhotina.....	264

Aula 16

Capítulo 8 - Elementos Finais de Controle

8.4. Válvulas de Deslocamento Rotativo da Haste.....	264
8.4.1. Válvula de Controle Tipo Borboleta.....	264
8.4.2. Válvula Esfera.....	266
8.4.1.2. Tipos de Guia do Obturador na Válvula Esfera.....	266
8.4.3. Válvula de Controle Tipo Obturador Rotativo – Excêntrico.....	267
8.5. Atuadores Pneumáticos	268
8.5.1. Atuador Pneumático Tipo Mola e Diafragma	268
8.5.2. Atuador Pneumático Tipo Pistão	269
8.5.3. Atuador Elétrico	269
8.5.4. Atuador Eletro-Hidráulico	270
8.5.5. Posição de Segurança por Falha.....	270
8.5.6. Vantagens e Desvantagens dos Atuadores.....	270
8.6. Posicionadores.....	272
8.6.1. Limitações do Uso do Posicionador.....	272
8.7. Boosters Pneumáticos de Volume e de Pressão.....	273
8.7.1. Boosters de Volume.....	273
8.7.2. Booster de Pressão	273
8.7.3. Posicionador Inteligente.....	273
8.8. Válvula de Segurança.....	274
8.8.1. Tipos de Válvulas.....	275