

Sumário

1. Conceitos básicos de automação	13
Benefícios da automação	13
Automação de processos	14
2. Instrumentação	19
Classes e sistemas de instrumentação	19
Terminologia	23
3. Medição de pressão	40
Conceitos de pressão	40
Unidades de pressão	41
Tabela de conversão de unidades de pressão	42
Escalas de pressão	43
Tipos de pressão	44
Medidores de pressão	49
4. Sistemas de selagem	65
Sistema de selagem	65
Tipos de selagem	66
Tomadas de impulso	70
Tubulação de impulso	70
Instalação de tubulação	71
5. Medição de nível	77
Medição de nível	77
Métodos de medição de nível de líquido	77
Métodos de medição de nível de sólidos	94
6. Telemetria em instrumentação	96
Transmissão pneumática	97
Transmissão eletrônica	98
Transmissão digital	99
Exemplos de aplicação da telemetria	100

7. Medição de temperatura	103
Medição da temperatura na indústria	103
Conceito de temperatura	104
8. Escalas de temperatura	106
Escala relativa de temperatura	108
Escala absoluta de temperatura	110
Escala Internacional de Temperatura (ITS90)	111
Conversão de unidades	112
9. Termômetros	114
Classificação	114
10. Termômetros de dilatação	117
Termômetros de dilatação de líquido	117
Descrição de diversos tipos de medidores	117
Termômetro de dilatação de gás	128
Termômetro a pressão de vapor	130
Termômetro de dilatação de sólido (bimetálico)	132
11. Termômetros de resistência	136
Termistores	137
Termorresistências	139
Construção do sensor	142
12. Termopares	149
Leis da termoeletricidade	149
Classificação dos termopares	157
Principais qualidades requeridas por um termopar	163
Proteção de termopares	178
Envelhecimento dos termopares	183
13. Termômetros de radiação	186
Radiação eletromagnética	187
Ondas eletromagnéticas	187
Medição de temperatura por radiação	189
Pirômetros de radiação total	191
Pirômetros óticos	194
Termômetros infravermelhos	199
14. Atividades de laboratório – temperatura	203
Calibração de termômetro – bimetálico	203
Ajuste de termostato	205

Calibração de termorresistência	208
Medição de temperatura com termopar com compensação automática e manual	211
Calibração de termopar	213
Verificação de erros de inversão com termopares	215
Associação de termopares	217
Configuração de transmissor de temperatura utilizando termorresistência	221
Configuração de transmissor de temperatura utilizando termopar	224
Medição de temperatura com termômetro infravermelho	227
15. Tabelas	229
16. Medição de vazão	259
Métodos de medição de vazão	260
17. Conceitos	262
Vazão volumétrica (Q)	262
Conversão de unidades de vazão volumétrica	264
Vazão mássica (Q _m)	265
Relação entre vazão mássica e vazão volumétrica	265
Conversão de unidades de vazão mássica	265
Viscosidade	266
Regimes de escoamento	268
Número de Reynolds	270
Equação da continuidade	273
Equação de Bernoulli	274
18. Medidores de vazão por pressão diferencial	276
Relação vazão x pressão diferencial	276
Elementos de primogênios	277
Equação básica para cálculos de vazão	277
Coefficiente de descarga	278
19. Placa de orifício	280
Principais características de uma placa de orifício	281
Tipos de orifício	281
Tipos de bordo	282
Tipos de tomada de impulso	283
Linearização da vazão	288
Tipos de instalação de transmissor de vazão com placa de orifício	289
20. Tubo Venturi	294
Tomadas de pressão	294
Principais aplicações	295

21. Bocal de vazão	296
Tipos de bocal de vazão	296
22. Tubo Pitot	298
Tomadas de pressão	299
Relação entre pressão dinâmica e velocidade	299
23. Rotâmetros	304
Princípio básico	305
Condições de equilíbrio	306
Tipos de flutuadores	307
Material do flutuador	308
Instalação	309
Influência da viscosidade	309
Perda de carga no flutuador	309
Fatores de correção	310
Características gerais	310
24. Medidor <i>vortex</i>	312
Relação entre frequência e velocidade	313
Método de detecção dos vórtices	314
Tipos de sensores utilizados	315
<i>Vortex shedder</i>	315
Características gerais	316
25. Turbina	317
Fator de calibração “K”	318
Performance	318
Influência da viscosidade	318
Características gerais	319
Desvantagens	320
26. Medidor magnético	321
Princípio de funcionamento	322
Relação entre a vazão e a FEM	323
Revestimento	324
Eletrodo	324
Tubo detector	324
Limites de condutividade	325
Aterramento	325
Escolha do diâmetro	325
Instalação elétrica	326
Características gerais	327

27. Medidor ultrassônico	329
Medidores de efeito <i>Doppler</i>	329
Medidores de tempo de trânsito	330
Medidores intrusivos (sondas internas)	332
Vazão de gases	332
Influência do número de Reynolds	333
28. Medidor Coriolis	334
Princípio	334
Coriolis em tubo reto	336
Aplicações	336
Características gerais	337
29. Medidores térmicos	338
Medidor térmico por inserção	339
Medidor térmico capilar	339
30. Medidores de vazão por deslocamento positivo	341
Medidor de engrenagens ovais	342
Disco de natação	343
Palhetas rotativas	344
31. Medidores de vazão em canais abertos	345
Principais aplicações	345
Vertedores	346
Calha Parshall	347
32. Atividades de laboratório – vazão	350
Verificar relação vazão x pressão diferencial	350
Medir vazão de ar com placa de orifício	354
Medir vazão de água com placa de orifício	356
Medir vazão com compensação de temperatura e pressão	360
Obter curva de calibração e constante da turbina	363
Medir vazão de ar com turbina	367
Medir vazão de água com turbina	371
Medir vazão com medidor magnético	373
Referências	375