

Contenido

Capítulo 1

Generalidades

1.1	Introducción.....	1
1.2	Características de los instrumentos	6
1.2.1	Generalidades	6
1.2.2	Campo de medida (<i>range</i>)	6
1.2.3	Alcance (<i>span</i>)	6
1.2.4	Error.....	7
1.2.5	Exactitud (<i>accuracy</i>)	10
1.2.6	Precisión	12
1.2.7	Incertidumbre de la medida (<i>uncertainty</i>).....	13
1.2.7.1	Generalidades	13
1.2.8	Trazabilidad (<i>traceability</i>).....	28
1.2.9	Zona muerta (<i>dead zone o dead band</i>).....	30
1.2.10	Sensibilidad (<i>sensitivity</i>)	30
1.2.11	Repetibilidad (<i>repeatability</i>).....	30
1.2.12	Histéresis (<i>hysteresis</i>)	32
1.2.13	Linealidad	32
1.2.14	Otros términos.....	32
1.3	Calibración de un instrumento	34
1.3.1	Generalidades	34
1.3.2	Expresión de la incertidumbre de medida en los certificados de calibración....	35
1.3.3	Certificado de calibración	36
1.3.4	Programas de cálculo de incertidumbres.....	37
1.4	Ejemplos generales de características de instrumentos.....	38
1.5	Cómo se descalibran los instrumentos.....	39

1.5.1 Generalidades	39
1.5.2 Tipos de errores.....	40
1.6 Método general de calibración	42
1.7 Código e identificación de los instrumentos	47
1.7.1 Clases de instrumentos.....	47

Capítulo 2

Transmisores

2.1 Generalidades	55
2.2 Transmisores neumáticos	56
2.3 Transmisores electrónicos	56
2.4 Transmisores digitales.....	58
2.4.1 Generalidades.....	58
2.4.2 Transmisor inteligente capacitivo.....	61
2.4.3 Transmisor inteligente piezorresistivo	61
2.5 Comunicaciones	62
2.5.1 Generalidades.....	62
2.5.2 Protocolos serie.....	63
2.5.3 Protocolos híbridos	64
2.5.4 Protocolos abiertos	66
2.6 Tabla comparativa de transmisores.....	72
2.7 Calibradores de transmisores	73
2.7.1 Generalidades.....	73
2.7.2 Calibradores de instrumentos HART.....	74
2.7.3 Calibradores de instrumentos Fieldbus.....	78
2.8 Calibración y monitorización de instrumentos transmisores en línea ..	78
3.1 Generalidades	83
3.2 Calibradores simples universales neumáticos y electrónicos	83
3.2.1 Calibradores neumáticos.....	83
3.2.2 Calibradores electrónicos.....	84
3.2.3 Calibradores multifunción (presión y temperatura)	85
3.3 Calibradores de presión.....	86
3.4 Calibradores de caudal	93
3.4.1 Instrumentos de presión diferencial	93

3.4.2	Rotámetros	95
3.4.3	Vertedero	98
3.4.4	Medidores de turbina.....	98
3.4.5	Medidor de torbellino y Vortex	99
3.4.6	Medidor magnético de caudal.....	100
3.4.7	Medidor de Coriolis.....	101
3.4.8	Medidores volumétricos.....	101
3.4.9	Medidores de caudal masa	101
3.4.10	Patrones internacionales de calibración de medidores de caudal de líquidos	102
3.4.11	Patrones internacionales de calibración de medidores de caudal de agua	103
3.4.12	Patrones internacionales de calibración de medidores de caudal de gas.....	105
3.5	Nivel.....	107
3.5.1	Instrumentos de medida directa	107
3.5.2	Instrumentos de presión hidrostática	107
3.5.3	Instrumentos de presión diferencial	107
3.5.4	Instrumentos de desplazamiento	109
3.5.5	Instrumentos basado en características eléctricas del líquido	110
3.5.6	Instrumentos de radiación	110
3.6	Instrumentos de temperatura.....	110
3.6.1	Calibradores y patrones	110
3.6.2	Calibración de sondas de resistencia e instrumentos de puente de Wheatstone	114
3.6.3	Termistores	120
3.6.4	Calibración de termopares e instrumentos de temperatura.....	121
3.6.5	Calibración de pirómetros de radiación	133
3.6.6	Calibradores universales de temperatura.....	135
3.7	Calibración de instrumentos para otras variables.....	138

Capítulo 4

Calibración de válvulas de control

4.1	Generalidades	141
4.2	Calibración de la válvula de control	142
4.3	Calibración de posicionadores	144

4.4 Posicionador inteligente y diagnóstico de la válvula.....	146
4.5 Tipos de mantenimiento.....	152

Capítulo 5

Calibración de controladores

5.1 Generalidades	155
5.2 Ajuste de controladores	157
5.2.1 Generalidades.....	157
5.2.2 Método de tanteo (lazo cerrado)	159
5.2.3 Método de ganancia límite (lazo cerrado)	161
5.2.4 Método de curva de reacción (lazo abierto)	162
5.2.5 Método de Cohen-Coon.....	164
5.2.6 Procesos no lineales.....	165
5.3 Calibración de instrumentos digitales	166

Capítulo 6

Tipos de mantenimiento

6.1 Generalidades	169
6.1.1 Mantenimiento correctivo	169
6.1.2 Mantenimiento preventivo	169
6.1.3 Mantenimiento predictivo	170
6.2 Seguridad y fiabilidad de los instrumentos	172
6.2.1 Generalidades.....	172
6.2.2 Nivel integral de seguridad (SIL)	174
6.2.3 Circuitos digitales de tolerancia de fallos.....	175
6.3 Frecuencia de mantenimiento de los instrumentos	178
6.4 Normativa de calidad ISO 9000:2000 aplicada a la instrumentación	179

Apéndice

A.1 Diagramas de tuberías e instrumentos (P&IDs)	183
A.2 Diagramas de lazos de control	185
A.3 Colores de visualización de procesos	188

A.4	Hojas de especificación de instrumentos	189
A.4.1	Instrumentos de presión	189
A.4.2	Instrumentos de caudal	192
A.4.3	Instrumentos de nivel.....	196
A.4.4	Instrumentos de temperatura	197
A.4.5	Instrumentos de otras variables	198
A.4.6	Válvulas de control	201
A5.	Hojas de calibración	202
A.6	Procedimientos de calibración	204
A.6.1	Calibración de un manómetro digital.....	204
A.6.2	Calibración de un transmisor electrónico de temperatura con elemento de termopar tipo K de 2 hilos.....	206
A.6.3	Calibración de una válvula de control digital (protocolo HART)	207
A.6.4	Calibración de un transmisor inteligente (protocolos HART y FIELDBUS).....	208
A.7	Glosario	213
A.8	Referencias	226