

Prólogo a la séptima edición
Prólogo

Capítulo 1. Generalidades

- 1.1. Introducción
- 1.2. Definiciones en control
 - 1.2.1. Campo de medida (range)
 - 1.2.2. Alcance (span)
 - 1.2.3. Error
 - 1.2.4. Incertidumbre de la medida (uncertainty)
 - 1.2.5. Exactitud (accuracy)
 - 1.2.6. Precisión
 - 1.2.7. Zona muerta (dead zone o dead band)
 - 1.2.8. Sensibilidad (sensitivity)
 - 1.2.9. Repetibilidad (repeatability)
 - 1.2.10. Histéresis (hysteresis)
 - 1.2.11. Otros términos
 - 1.2.12. Ejemplos generales de características de instrumentos
- 1.3. Clases de instrumentos
 - 1.3.1. En función del instrumento
 - 1.3.2. En función de la variable de proceso
 - 1.3.3. Código de identificación de instrumentos
 - 1.3.3.1. Resumen norma ISA-S5.1-84 (R 1992)
 - 1.3.3.2. Resumen norma ISA-S5.2-76 (R 1992)
 - 1.3.3.3. Resumen norma ISA-S5.3-1983
 - 1.3.3.4. Resumen norma ISA-S5.4-1991
 - 1.3.3.5. Resumen norma ISA-S5.5-1985
 - 1.3.3.6. Normas DIN e ISO

Capítulo 2. Transmisores

- 2.1. Generalidades
- 2.2. Transmisores neumáticos
- 2.3. Transmisores electrónicos
- 2.4. Transmisores digitales
 - 2.4.1. Ventajas e inconvenientes
- 2.5. Comunicaciones
- 2.6. Tabla comparativa de transmisores

Capítulo 3. Medidas de presión

- 3.1. Unidades y clases de presión
- 3.2. Elementos mecánicos
- 3.3. Elementos electromecánicos
- 3.4. Elementos electrónicos de vacío

Capítulo 4. Medidas de caudal

- 4.1. Medidores volumétricos
 - 4.1.1. Instrumentos de presión diferencial
 - 4.1.1.1. Fórmula general

- 4.1.1.2. Elementos de presión diferencial
- 4.1.1.3. Resumen de las normas ISO 5167-1980
- 4.1.1.4. Tubo Pitot
- 4.1.1.5. Tubo Annubar
- 4.1.1.6. Transmisores de fuelle y de diafragma
- 4.1.1.7. Integradores
- 4.1.2. Área variable (rotámetros)
- 4.1.3. Velocidad
 - 4.1.3.1. Vertederos y Venturi
 - 4.1.3.2. Transductores ultrasónicos
- 4.1.4. Fuerza (medidor de placa)
- 4.1.5. Tensión inducida (medidor magnético)
 - 4.1.5.1. Medidor magnético de caudal
- 4.1.6. Desplazamiento positivo
 - 4.1.6.1. Medidor de disco oscilante
 - 4.1.6.2. Medidor de pistón oscilante
 - 4.1.6.3. Medidor de pistón alternativo
 - 4.1.6.4. Medidor rotativo
 - 4.1.6.5. Accesorios
- 4.1.7. Remolino y vórtex
- 4.1.8. Oscilante
- 4.1.9. Medidor láser
- 4.2. Medidores de caudal masa
 - 4.2.1. Medidores volumétricos compensados
 - 4.2.2. Medidores térmicos de caudal
 - 4.2.3. Medidores de momento angular
 - 4.2.4. Medidor de Coriolis
- 4.3. Comparación de características de los medidores de caudal

Capítulo 5. Medición de nivel

- 5.1. Medidores de nivel de líquidos
 - 5.1.1. Instrumentos de medida directa
 - 5.1.2. Instrumentos basados en la presión hidrostática
 - Medidor manométrico
 - Membrana
 - Burbujeo
 - Presión diferencial
 - 5.1.3. Instrumento basado en el desplazamiento
 - 5.1.4. Instrumentos basados en características eléctricas del líquido
 - 5.1.5. Medidor de nivel de ultrasonidos
 - 5.1.6. Medidor de nivel de radar
 - 5.1.7. Medidor de nivel de radiación
 - 5.1.8. Medidor de nivel láser
 - 5.1.9. Medidor másico de nivel
- 5.2. Medidores de nivel de sólidos
 - 5.2.1. Detectores de nivel de punto fijo
 - 5.2.2. Detectores de nivel continuos

Capítulo 6. Medida de temperaturas

- 6.1. Introducción

- 6.2. Termómetro de vidrio
- 6.3. Termómetro bimetalico
- 6.4. Termómetro de bulbo y capilar
- 6.5. Termómetros de resistencia
- 6.6. Termistores
- 6.7. Termopares
 - 6.7.1. Leyes, curvas y tablas características, tubos de protección y su selección
 - 6.7.2. Circuito galvanométrico
 - 6.7.3. Circuito potenciométrico
 - 6.7.4. Verificación de un instrumento y de un termopar
- 6.8. Pirómetros de radiación
 - 6.8.1. Pirómetros ópticos
 - 6.8.2. Pirómetro de infrarrojos
 - 6.8.3. Pirómetro fotoeléctrico
 - 6.8.4. Pirómetro de dos colores
 - 6.8.5. Pirómetros de radiación total
 - 6.8.6. Otros fenómenos
- 6.9. Velocidad de respuesta de los instrumentos de temperatura
- 6.10. Tabla comparativa de características

Capítulo 7. Otras variables

- 7.1. Variables físicas
 - 7.1.1. Peso
 - 7.1.2. Velocidad
 - 7.1.3. Densidad y peso específico
 - 7.1.3.1. Introducción
 - 7.1.3.2. Areómetros
 - 7.1.3.3. Métodos de presión diferencial
 - 7.1.3.4. Método de desplazamiento
 - 7.1.3.5. Refractómetro
 - 7.1.3.6. Método de radiación
 - 7.1.3.7. Método de punto de ebullición
 - 7.1.3.8. Medidor de ultrasonidos
 - 7.1.3.9. Medidores inerciales
 - 7.1.3.10. Medidor de Coriolis
 - 7.1.3.11. Medidores de balanza
 - 7.1.4. Humedad y punto de rocío
 - 7.1.4.1. Humedad en aire y gases
 - 7.1.4.2. Humedad en sólidos
 - 7.1.4.3. Punto de rocío
 - 7.1.5. Viscosidad y consistencia
 - 7.1.5.1. Introducción
 - 7.1.5.2. Viscosímetros
 - 7.1.5.3. Medidores de consistencia
 - 7.1.6. Llama
 - 7.1.6.1. Detector de calor
 - 7.1.6.2. Detectores de ionización-rectificación
 - 7.1.6.3. Detectores de radiación
 - 7.1.6.4. Tabla comparativa de detectores
 - 7.1.6.5. Programadores

- 7.1.7. Oxígeno disuelto
- 7.1.8. Turbidez
- 7.1.9. Intensidad de radiación solar
- 7.2. Variables químicas
 - 7.2.1. Conductividad
 - 7.2.2. pH
 - 7.2.3. Redox (potencial de oxidación-reducción)
 - 7.2.4. Concentración de gases
 - 7.2.4.1. Conductividad térmica
 - 7.2.4.2. Paramagnetismo del oxígeno
 - 7.2.4.3. Analizador de infrarrojos

Capítulo 8. Elementos finales de control

- 8.1. Válvulas de control
 - 8.1.1. Generalidades
 - 8.1.2. Tipos de válvulas
 - 8.1.2.1. Válvulas con obturador de movimiento lineal
 - 8.1.2.1.1. Válvula de globo
 - 8.1.2.1.2. Válvula en ángulo
 - 8.1.2.1.3. Válvula de tres vías
 - 8.1.2.1.4. Válvula de jaula
 - 8.1.2.1.5. Válvula de compuerta
 - 8.1.2.1.6. Válvula en Y
 - 8.1.2.1.7. Válvula de cuerpo partido
 - 8.1.2.1.8. Válvula Saunders
 - 8.1.2.1.9. Válvula de compresión
 - 8.1.2.2. Válvulas con obturador de movimiento circular
 - 8.1.2.2.1. Válvula de movimiento excéntrico rotativo (Camflex)
 - 8.1.2.2.2. Válvula de obturador cilíndrico excéntrico
 - 8.1.2.2.3. Válvula de mariposa
 - 8.1.2.2.4. Válvula de bola
 - 8.1.2.2.5. Válvula de macho
 - 8.1.2.2.6. Válvula de orificio ajustable
 - 8.1.2.2.7. Válvula de flujo axial
 - 8.1.3. Cuerpo de la válvula
 - 8.1.4. Tapa de la válvula o casquete
 - 8.1.5. Partes internas de la válvula
 - Obturador y asientos
 - 8.1.5.1. Generalidades
 - 8.1.5.2. Materiales
 - 8.1.6. Corrosión y erosión en las válvulas
- Materiales
 - 8.1.7. Características de la válvula
 - 8.1.7.1. Características de caudal inherente
 - 8.1.7.2. Características de caudal efectivas
 - 8.1.7.3. Selección de la característica de la válvula
 - 8.1.8. Servomotores
 - 8.1.8.1. Servomotor neumático
 - 8.1.8.2. Servomotor eléctrico
 - 8.1.8.3. Servomotor hidráulico

- 8.1.8.4. Servomotor digital
- 8.1.8.5. Tipos de acciones en las válvulas de control
- 8.1.9. Accesorios
 - 8.1.9.1. Camisa de calefacción
 - 8.1.9.2. Volante de accionamiento manual
 - 8.1.9.3. Repetidor
 - 8.1.9.4. Microrruptores de final de carrera y transmisores de posición
 - 8.1.9.5. Válvula de solenoide de tres vías
 - 8.1.9.6. Válvula de enclavamiento
 - 8.1.9.7. Válvula de Kv o Cv o carrera ajustables
 - 8.1.9.8. Manifold
 - 8.1.9.9. Posicionador
- 8.1.10. Válvula inteligente
- 8.1.11. Dimensionamiento de la válvula
 - Coeficientes Kv y Cv
 - 8.1.11.1. Definiciones
 - 8.1.11.2. Fórmula general
 - 8.1.11.3. Procedimientos de ensayo
 - 8.1.11.4. Pérdida de carga
 - 8.1.11.5. Caudal máximo
 - 8.1.11.6. Densidad
 - 8.1.11.7. Tamaño de la válvula
 - 8.1.11.8. Líquidos
 - 8.1.11.9. Gases
 - 8.1.11.10. Vapores
 - 8.1.11.11. Régimen bifásico
 - 8.1.11.12. Resumen de cálculo de coeficientes de válvulas
 - 8.1.12. Ruido en las válvulas de control
 - 8.1.12.1. Generalidades
 - 8.1.12.2. Causas del ruido en las válvulas
 - 8.1.12.3. Reducción del ruido
- 8.2. Otros elementos finales de control
 - 8.2.1. Rectificadores controlados de silicio
 - 8.2.2. Bombas dosificadoras
 - 8.2.3. Actuadores de velocidad variable
 - 8.2.4. Elementos finales varios

Capítulo 9. Regulación automática

- 9.1. Introducción
- 9.2. Características del proceso
- 9.3. Tipos de control
 - 9.3.1. Control todo-nada
 - 9.3.2. Control flotante
 - 9.3.3. Control proporcional de tiempo variable
 - 9.3.4. Control proporcional
 - 9.3.5. Control proporcional + integral
 - 9.3.6. Control proporcional + derivado
 - 9.3.7. Control proporcional + integral + derivado
- 9.4. Controladores neumáticos
- 9.5. Controladores electrónicos

- 9.5.1. Controlador todo-nada
- 9.5.2. Control proporcional de tiempo variable
- 9.5.3. Control proporcional
- 9.5.4. Control proporcional + integral
- 9.5.5. Control proporcional + derivado
- 9.5.6. Control proporcional + integral + derivado
- 9.6. Controladores digitales
 - 9.6.1. Componentes
 - 9.6.2. Algoritmos
 - 9.6.3. Controlador digital universal
- 9.7. Selección del sistema de control
- 9.8. Criterios de estabilidad en el control
- 9.9. Métodos de ajuste de controladores
- 9.10. Otros tipos de control
 - 9.10.1. Generalidades
 - 9.10.2. Control en cascada
 - 9.10.3. Programadores
 - 9.10.4. Control de relación
 - 9.10.5. Control anticipativo
 - 9.10.6. Control de gama partida (split-range control)
 - 9.10.7. Control selectivo
 - 9.10.8. Control de procesos discontinuos
 - 9.10.9. Controladores no lineales
 - 9.10.10. Instrumentos auxiliares
- 9.11. Seguridad intrínseca y funcional
 - 9.11.1. Introducción
 - 9.11.2. Nivel de energía de seguridad
 - 9.11.3. Mecanismos de la ignición en circuitos de baja tensión
 - 9.11.4. Clasificaciones de áreas peligrosas
 - 9.11.5. Normas
 - 9.11.6. Barreras Zener
 - 9.11.7. Barreras galvánicas
 - 9.11.8. Factores de seguridad
 - 9.11.9. Seguridad funcional de los instrumentos
- 9.12. Control por computador
 - 9.12.1. Generalidades
 - 9.12.2. Control DDC
 - 9.12.3. Control supervisor
 - 9.12.4. Control distribuido (DCS)
- 9.13. Sistemas de control avanzado
 - 9.13.1. Generalidades
 - 9.13.2. Correctores
 - 9.13.3. Control linealizador global
 - 9.13.4. Control estadístico del proceso (SPC)
 - 9.13.5. Control multivariable
 - 9.13.6. Control óptimo
 - 9.13.7. Control adaptativo
 - 9.13.8. Control predictivo
 - 9.13.9. Sistemas expertos
 - 9.13.10. Control por redes neuronales

- 9.13.11. Control por lógica difusa
- 9.14. Control integrado
 - 9.14.1. Generalidades
 - 9.14.2. Sistema de control básico, control distribuido y control avanzado
 - 9.14.3. Gestión de alarmas
 - 9.14.4. Sistema de gestión de laboratorio
 - 9.14.5. Sistema de gestión de la producción
 - 9.14.6. Red de comunicaciones
 - 9.14.7. Sistema de gestión de seguridad de la planta
 - 9.14.8. Sistema de gestión de la calidad (ISO 9000:2000)
 - 9.14.9. Estándar OPC de intercambio de datos de proceso
 - 9.14.10. Gestión de calibraciones

Capítulo 10. Calibración de los instrumentos

- 10.1. Generalidades
- 10.2. Errores de los instrumentos
- Procedimiento general de calibración
- 10.3. Calibración de instrumentos de presión, caudal y nivel
- 10.4. Calibración de instrumentos de temperatura
- 10.5. Calibración de válvulas de control
- 10.6. Calibración de instrumentos digitales
- 10.7. Mantenimiento de instrumentos
- 10.8. Normativa de calidad ISO 9000:2000 aplicada a la instrumentación

Capítulo 11. Aplicaciones en la industria

Esquemas típicos de control

- 11.1. Generalidades
- 11.2. Calderas de vapor
 - 11.2.1. Control de combustión
 - 11.2.2. Control de nivel
 - 11.2.3. Seguridad de llama
- 11.3. Secaderos y evaporadores
- 11.4. Horno túnel
- 11.5. Columnas de destilación
- 11.6. Intercambiadores de calor
- 11.7. Control del reactor en una central nuclear

Apéndice A. Análisis dinámico de los instrumentos

- A.1. Generalidades
- A.2. Análisis dinámico de los transmisores
 - A.2.1. Elementos fundamentales
 - A.2.2. Diagrama de bloques, diagrama de Bode y función de transferencia de un transmisor
 - A.2.2.1. Transmisor electrónico
 - A.2.2.2. Transmisor digital
- A.3. Análisis dinámico de los controladores
 - A.3.1. Introducción
 - A.3.2. Acción proporcional
 - A.3.2.1. Controlador electrónico
 - A.3.2.2. Control por ordenador

- A.3.2.3. Diagrama de Bode
- A.3.3. Acción proporcional + integral
- A.3.4. Acción proporcional + derivada
- A.3.5. Acción proporcional + integral + derivada
- A.3.6. Ensayo de controladores
- A.4. Iniciación a la optimización de procesos
- A.4.1. Generalidades
- A.4.2. Análisis experimental del proceso
- A.4.3. Estabilidad

Apéndice B. Evolución de la instrumentación

- B.1. Inicios
 - Instrumentos locales y neumáticos
- B.2. Instrumentos electrónicos-convencionales y de alta densidad
- B.3. Computadores
- B.4. Control distribuido
- B.5. Control avanzado y transmisores inteligentes
- B.6. Ergonomía
- B.7. Comunicaciones
- B.8. Futuro

Apéndice C. Hojas de especificación de instrumentos

- C.1. Hojas de especificación de instrumentos de presión
 - C.1.1. Manómetros
 - C.1.2. Receptores de presión
- C.2. Hojas de especificación de instrumentos de caudal
 - C.2.1. Especificación general
 - C.2.2. Medidores magnéticos de caudal
 - C.2.3. Instrumentos de presión diferencial
- C.3. Hojas de especificación de instrumentos de nivel
 - C.3.1. Transmisión hidrostática
- C.4. Hojas de especificación de instrumentos de temperatura
 - C.4.1. Sondajes de resistencia
 - C.4.2. Termopares
- C.5. Hojas de especificación de otras variables
 - C.5.1. Densidad
 - C.5.2. Instrumentos de pH
- C.6. Hojas de especificación de válvulas de control

Glosario

Referencias