

Instrumentação Industrial

Tipos de instrumentos

Prof. Felipe Pinheiro

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
2019.2



Sumário

- 1 Tipos de instrumentos
- 2 Características dinâmicas dos instrumentos



Revisão

- Instituto de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro.
- Principais parâmetros estáticos dos instrumentos.

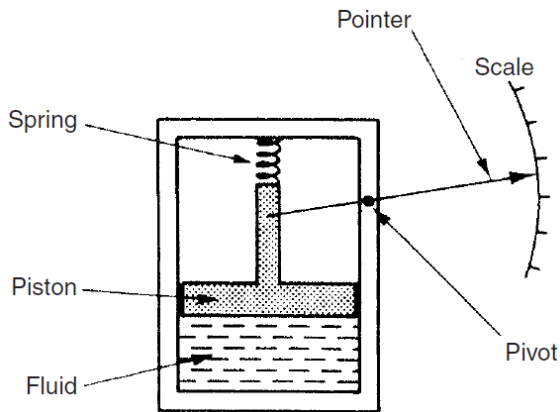


Tipos de Instrumentos

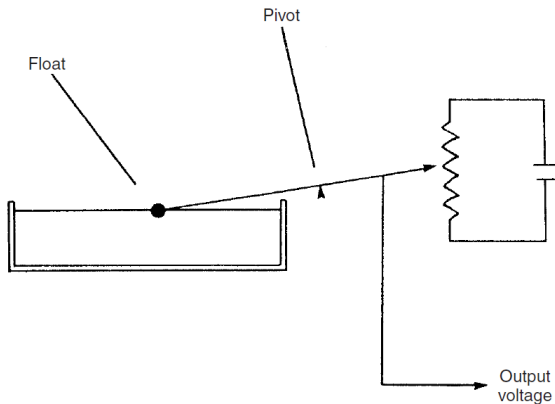
- Os instrumentos podem ser subdivididos em classes de acordo com diversos critérios. Essas subdivisões são úteis para estabelecer atributos como precisão, custo e aplicabilidade.
- A divisão mais comum entre os instrumentos é definí-los como passivos e ativos.
 - Instrumentos passivos: A saída do instrumento é inteiramente produzida pela grandeza que está sendo medida;
 - Instrumentos ativos: A grandeza medida modula a magnitude de uma fonte de energia externa.



Instrumentos Ativos e Passivos



Instrumentos Ativos e Passivos



Instrumentos Ativos e Passivos

- Geralmente, a fonte de energia externa usada por instrumentos ativos é elétrica. Pneumático e hidráulico também é possível.
- Uma diferença importante entre instrumentos passivos e ativos está resolução da medição que pode ser obtida.
 - O ajuste da fonte de energia externa proporciona aos instrumentos ativos melhor controle da resolução do instrumento.

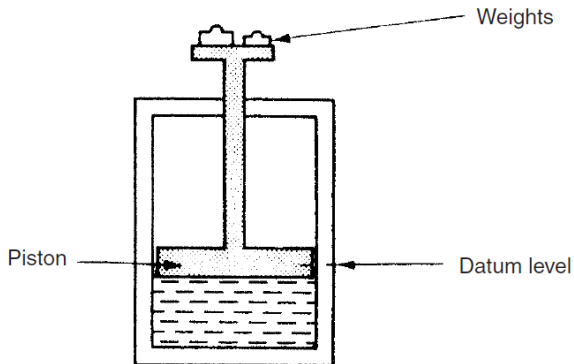


Instrumentos por Deflexão e Detecção de Nulo

- **Instrumentos por deflexão** são aqueles em que a grandeza medida é mostrada em termos da quantidade de movimento realizada por um ponteiro.
- **Instrumentos por detecção de nulo** são uma alternativa aos por deflexão, realizando a medição com base no equilíbrio de duas grandezas.



Instrumentos por Deflexão e Detecção de Nulo



Instrumentos por Deflexão e Detecção de Nulo

Vantagens dos instrumentos por deflexão:

- São mais convenientes.
- Mais aplicados em ambientes de trabalho.

Vantagens dos instrumentos por detecção de nulo:

- Usados para operações de calibração.
- Maior exatidão.

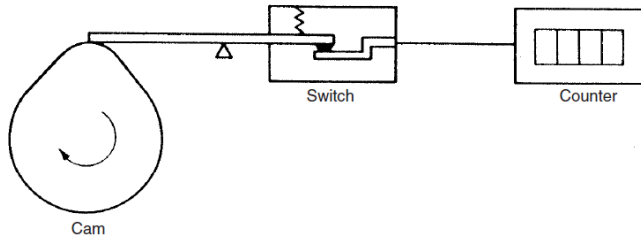


Instrumentos Analógicos e Digitais

- **Instrumentos analógicos** são aqueles em que sua saída varia continuamente conforme a grandeza medida varia.
- Essa saída (analógica) pode ter infinitos valores dentro da faixa de operação do instrumento
- **Instrumentos digitais** são aqueles em que a saída varia e passos discretos, sendo esses valores quantitativamente finitos.



Instrumentos Analógicos e Digitais



Instrumentos Analógicos e Digitais

- A distinção entre instrumentos analógicos e digitais tornou-se importante devido ao rápido crescimento do uso de microcomputadores em sistemas de controle automático.
- Instrumentos digitais podem ser conectados diretamente a um computador.
- Instrumentos analógicos necessitam de um dispositivo que faça a interface entre sinais analógicos e digitais.



Instrumentos Indicadores e com Sinal de Saída

- Instrumentos indicadores apresentam uma manifestação sonora ou visual da grandeza física medida.
 - Inclui todos os instrumentos de detecção de nulo a maioria dos instrumentos passivos.
 - Intervenção humana para a coleta de dados.
- Instrumentos com sinal de saída apresentam a forma do sinal de saída onde a magnitude é proporcional a grandeza medida.
 - Usados em processos de medição automático e em sistemas de controle automático.
 - Geralmente o sinal de saída é elétrico.



Instrumentos Indicadores e com Sinal de Saída

- Instrumentos indicadores apresentam uma manifestação sonora ou visual da grandeza física medida.
 - Inclui todos os instrumentos de detecção de nulo a maioria dos instrumentos passivos.
 - Intervenção humana para a coleta de dados.
- Instrumentos com sinal de saída apresentam a forma do sinal de saída onde a magnitude é proporcional a grandeza medida.
 - Usados em processos de medição automático e em sistemas de controle automático.
 - Geralmente o sinal de saída é elétrico.



Características Dinâmicas dos Instrumentos

- As características estáticas vistas estão ligadas apenas ao estado em regime permanente do instrumento.
- As características dinâmicas descrevem o comportamento de um instrumento entre o início de uma leitura e sua chegada ao regime permanente.
- Em qualquer sistema de medição linear e invariante no tempo, a relação entre entrada e saída pode ser dada por:

$$a_n \frac{d^n q_0}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} q_0}{dt^{n-1}} + \cdots + a_1 \frac{dq_0}{dt} + a_0 q_0 =$$
$$b_m \frac{d^m q_i}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} q_i}{dt^{m-1}} + \cdots + b_1 \frac{dq_i}{dt} + b_0 q_i$$



Características Dinâmicas dos Instrumentos

- Se limitarmos nossas considerações apenas às mudanças na grandeza medida obtém-se:

$$a_n \frac{d^n q_0}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} q_0}{dt^{n-1}} + \cdots + a_1 \frac{dq_0}{dt} + a_0 q_0 = b_0 q_i$$

- Essa consideração é aplicada na maioria dos instrumentos em processos industriais.



Instrumentos de Ordem Zero

- Se os coeficientes a_1, a_2, \dots, a_n da equação geral forem zero, então:

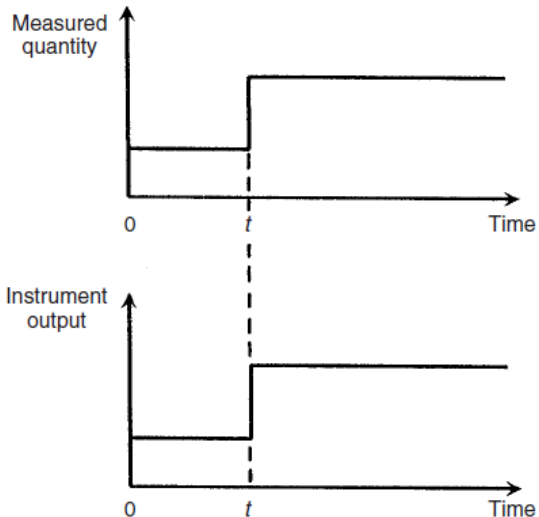
$$a_0 q_0 = b_0 q_i$$

$$q_0 = K q_i$$

- onde K é uma constante conhecida como a sensibilidade do instrumento.
- Instrumentos de ordem zero são os instrumentos cuja resposta obedece uma equação diferencial de ordem zero.



Instrumentos de Ordem Zero



Instrumentos de Primeira Ordem

- Se os coeficientes a_2, a_3, \dots, a_n da equação geral forem zero, exceto a_1 e a_0 , então:

$$a_1 \frac{dq_0}{dt} + a_0 q_0 = b_0 q_i$$

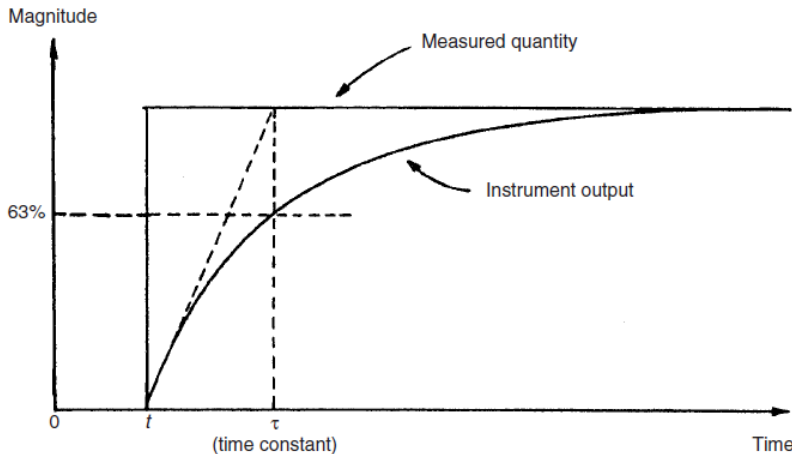
- Aplicando a transformada de Laplace:

$$q_0 = \frac{k q_i}{1 + \tau s}$$

- onde τ é a constante de tempo do sistema.



Instrumentos de Primeira Ordem



Instrumentos de Segunda Ordem

- Se os coeficientes a_3, a_4, \dots, a_n da equação geral forem zero, exceto a_2, a_1 e a_0 , então:

$$a_2 \frac{d^2 q_0}{dt^2} + a_1 \frac{dq_0}{dt} + a_0 q_0 = b_0 q_i$$

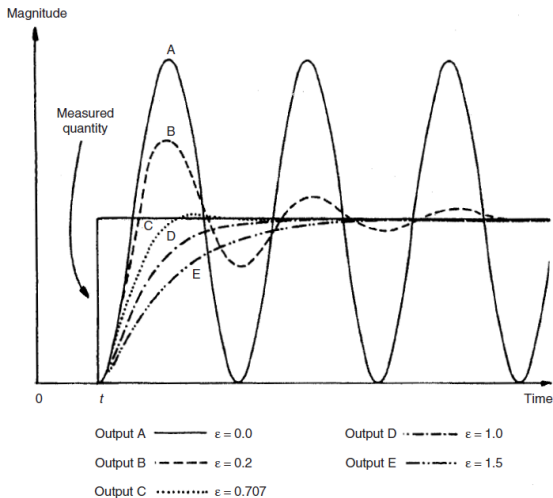
- Aplicando a transformada de Laplace:

$$q_0 = \frac{k q_i}{s^2 + 2\xi\omega s + \omega^2}$$

- onde ξ é o coeficiente de amortecimento e ω é a frequência natural do sistema.



Instrumentos de Segunda Ordem



Importância da Calibração

- Um instrumento só é capaz de seguir seus padrões estáticos e dinâmicos após um processo de calibração.
- Um instrumento tende a vir calibrado quando é fabricado, porém, durante o uso ele perde seus padrões de configuração.
- Diversos fatores influenciam nessa degradação.
- A recalibração de um instrumento é necessária quando as características deste desviam excessivamente do valor aceitável.



Exercício para casa

Um balão meteorológico equipado com instrumentos de medição de temperatura e altitude está ancorado no solo com as saídas dos instrumentos em regime. O instrumento de medição de altitude é de ordem zero e o de temperatura é de primeira ordem com constante de tempo de 15 segundos. A temperatura no solo (T_0) é 10°C e a temperatura T_x à uma altitude de x metros é dada por:

$$T_x = T_0 - 0,01x$$

- Se o balão é solto em $t = 0$ e começa a subir com velocidade de 5 m/s, crie uma tabela que mostre as medições de temperatura e altitude em intervalos de 10 segundos no primeiro minuto de subida. Calcule também o erro de medição de temperatura em cada altitude.
- Qual a temperatura medida pelo balão a uma altitude de 5000 metros?



Exercício para casa

- Cite um exemplo de instrumento (diferente dos vistos em aula) para cada tipo descrito abaixo, explicando o motivo do instrumento se encaixar na categoria usando os conceitos vistos em sala.
 - Instrumento passivo.
 - Instrumento ativo.
 - Instrumento por deflexão.
 - Instrumento por detecção de nulo.
 - Instrumento analógico.
 - Instrumento digital.
 - Instrumento indicador.
 - Instrumento com sinal de saída.

