

Aula 8 – Medidores Mássicos e Magnéticos

Prof. Gerônimo

- Os medidores Magnéticos constituem uma família de aparelhos não invasivo sendo utilizado para medir a velocidade média em função da área da seção de diversos líquidos condutivos.
- Sua operação depende do fato de que um condutor, movendo-se perpendicularmente ao campo magnético, induz uma tensão elétrica sobre o condutor que é proporcional à velocidade do líquido. **Lei de faraday**

$$V_e = \int_a^b \vec{v} \times \vec{B} \cdot dL$$

sendo :

V_e - Força eletro motriz (f.e.m.)

induzida do ponto a ao ponto b (V).

\vec{B} - Densidade de fluxo magnético (T).

a e b - são as localizações dos eletrodos (comprimento L em m).

\vec{v} - é a velocidade do líquido (m/s).

Admitindo que \vec{B} e \vec{v} são uniformes e que \vec{B} , \vec{v} e V_e são ortogonais a seguinte relação resulta em:

$$V_e = \vec{B} \cdot L \cdot \vec{v}$$

Princípio de operação

O princípio de operação do medidor de vazão eletromagnético está baseado na lei da indução eletromagnética de Faraday que estabelece que, quando um condutor se move em um campo magnético, na direção perpendicular ao campo, uma força eletromotriz é induzida perpendicularmente à direção do movimento do condutor e à direção do campo magnético.

O valor da força eletromotriz é proporcional à velocidade do condutor e a densidade do fluxo magnético. Na figura abaixo, quando um fluido condutor flui com uma velocidade média V (m/s) através de um tubo de diâmetro interno D (m), na qual um campo magnético de densidade de fluxo uniforme B (Tesla) existe, uma força eletromotriz E (volts) , induzida perpendicularmente à direção do campo magnético e a direção do fluxo:

$$E = D.V. B(V)$$

A taxa de fluxo magnético , obtido da seguinte equação:

Das duas equações acima, obtemos:

Portanto, a força eletromotriz é expressa como mostrado abaixo:

$$E = \frac{4.B.Q}{\pi.D}$$

Se B e D são constantes, então E será Proporcional a Q na equação acima.

O equipamento eletrônico associado ao Medidor amplifica e converte esta força eletromotriz E para um sinal padrão de 4 a 20 mA ou um sinal em frequência.

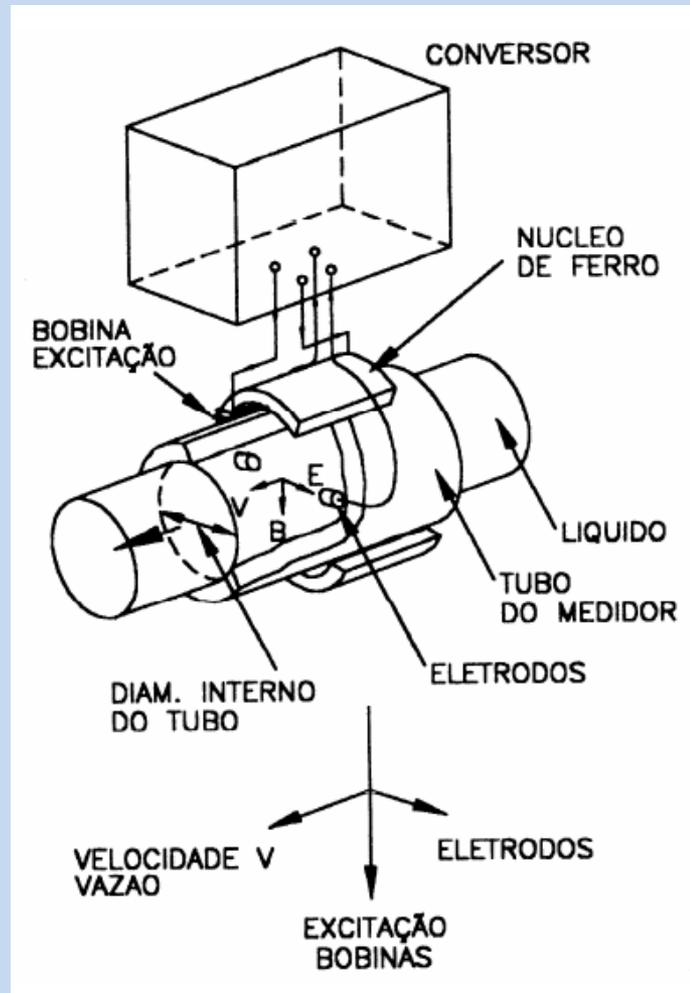


Figura do princípio de funcionamento do medidor de vazão magnético

Aplicações

O medidor de vazão eletromagnético fornece uma alta precisão da medida do fluxo sem obstrução interna ou partes móveis, e sem nenhuma queda de pressão. A medida não é afetada por mudanças na temperatura, pressão ou viscosidade. O medidor eletromagnético de vazão é ideal para medir a taxa de fluxo de líquidos em uma larga variedade de aplicações, em particular, líquidos que contenham materiais sólidos em suspensão. O medidor tem sido mais utilizado nas seguintes aplicações:

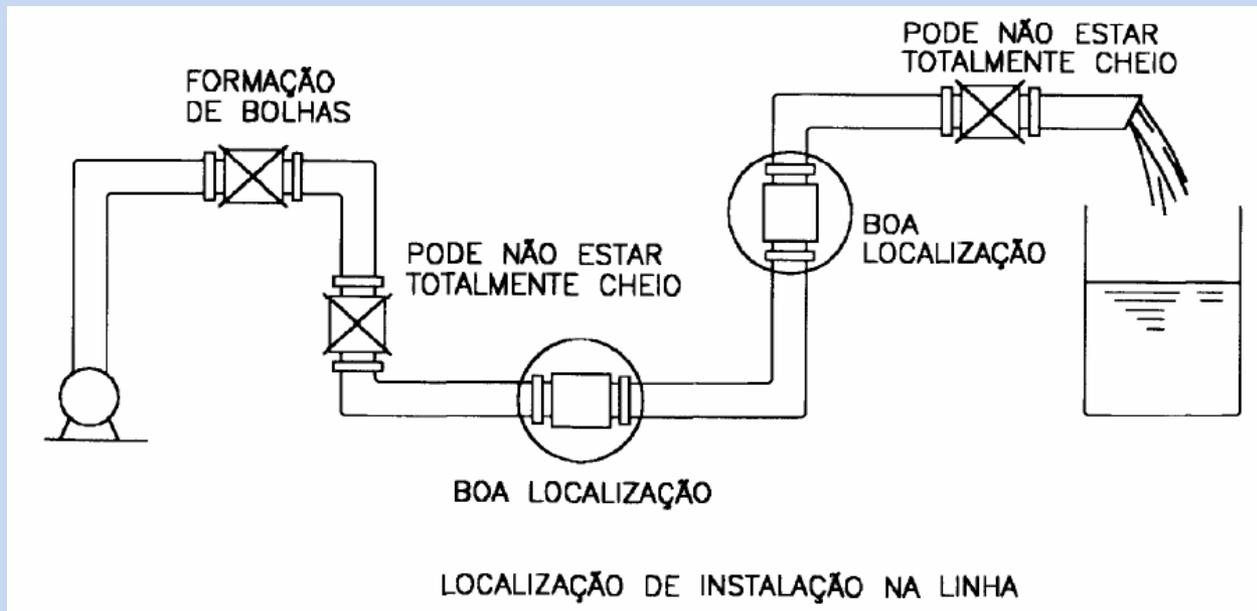
Líquidos viscosos;

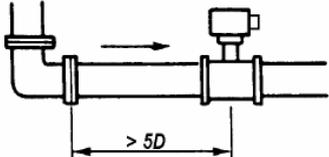
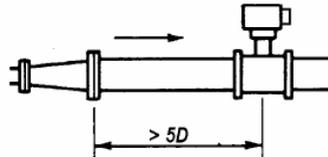
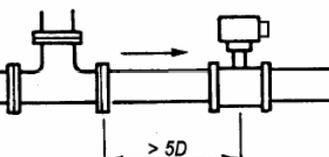
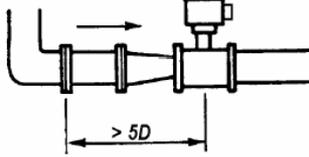
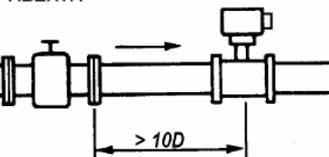
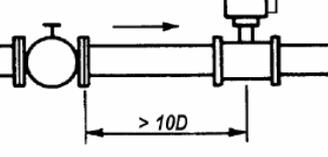
Pastas; Fertilizantes; Produtos inorgânicos; Suspensões; Ácidos, Bases; Água potável; Água suja; Lamas; Cerveja; vinho; leite; água mineral; Álcool; garapa; suco de fruta; Queijos, etc

O fluido processado deve ser um líquido que tenha uma condutividade mínima de $5\mu\text{S}/\text{cm}$, e para desmineralizada mínima de $20\mu\text{S}/\text{cm}$.

Instalação do equipamento

Instale o medidor em um ponto na tubulação onde esteja sempre preenchido com o líquido medido (Ver abaixo). Também, o líquido medido para esta posição deve ter uma condutividade elétrica mínima necessária para medição e deve ser uniformemente distribuída.



MONTANTE		JUSANTE
<p>CURVA 90°</p> 	<p>EXPANSÃO (ANGULO DE 15°)</p> 	> 2D
<p>TEE</p> 	<p>REDUÇÃO</p> 	
<p>VALVULA TOTALMENTE ABERTA</p> 	<p>OUTRAS VALVULAS</p> 	> 5D

Sempre instale o medidor numa seção reta do tubo nos dois lados do medidor. Para as seções retas do tubo recomenda-se uma dada configuração de tubulação, para assegurar bom desempenho dentro das especificações estabelecidas. Instale o medidor tão longe quanto possível de qualquer bomba na linha de modo que não tenha um fluxo pulsante.

Não coloque a unidade:

- Em exposição direta ao sol, raio ou outras intempéries;
- Onde esteja sujeito a interferências eletromagnéticas;
- Onde esteja sujeito a vibrações mecânicas ou em atmosfera corrosiva.

Medidor Mássico Coriolis

- Os medidores de vazão mássica são a base para formulações, balanço de massas, faturamento e transferência de custódia na indústria. Consideradas as mais críticas medições de vazão em plantas de processo, a confiabilidade e a exatidão das medições são muito importantes.
- Foi o engenheiro francês G. G. Coriolis quem primeiro notou que todos os corpos em movimento na superfície da Terra tendem a ser desviados para o lado devido à rotação do planeta para o leste. Esta deflexão assume papel relevante no movimento das marés dos oceanos e na meteorologia do planeta. Um ponto no equador traça, por dia, um círculo de raios maior do que outro próximo ao polo. Assim, um corpo viajando entre os polos será levado para leste, porque ele retém sua maior velocidade circular quando passa para uma superfície da Terra de menor velocidade circular. Esta deflexão é definida como força de Coriolis.
- As primeiras patentes industriais usando o princípio de Coriolis datam dos anos de 1950, enquanto os primeiros medidores de vazão foram construídos na década de 1970. Estes medidores introduzem uma aceleração de Coriolis artificial no escoamento e mede a vazão mássica medindo o momento angular.

Quando um fluido é escoado em um tubo e fica sujeito à aceleração de Coriolis pela introdução mecânica de uma aparente rotação no tubo, a intensidade da força de deflexão gerada pelo efeito inercial de Coriolis será função da vazão mássica do fluido. Se o tubo for girado em torno de um ponto enquanto o líquido é escoado, em direção ou contra o centro de rotação, o fluido irá gerar uma força inercial no tubo, em determinados ângulos na direção do escoamento.

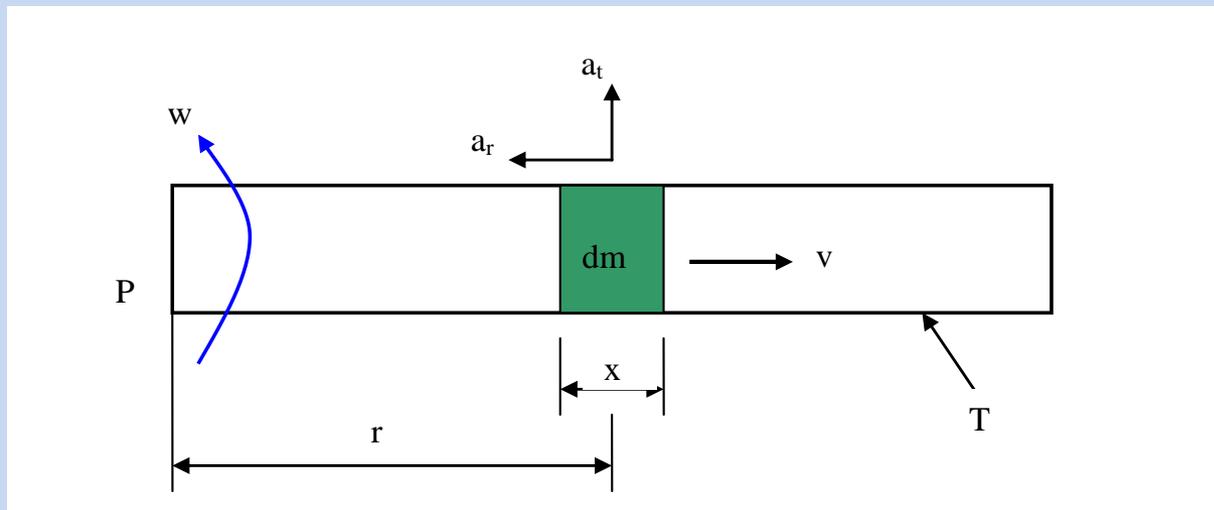
Princípio de funcionamento

Vejam os a figura abaixo:

Um partícula **dm** viaja a uma velocidade **v** dentro do tubo **T**. O tubo está rodando em torno do ponto fixo **P** e a partícula está a uma distância de um raio **r** do ponto fixo.

A partícula se move a uma velocidade angular **W** sob duas componentes de aceleração: uma aceleração centrípeta **a_r** em direção ao ponto **P** e uma aceleração de Coriolis **a_t** agindo a um certo ângulo de **a_r** de forma que:

$$a_r(\text{centrípeta}) = W^2 \cdot r$$
$$a_t(\text{Coriolis}) = 2W \cdot v$$



Princípio do medidor de vazão mássico Coriolis

Para aplicar a aceleração de Coriolis a_t à partícula do fluido, uma $F_c = a_t \cdot dm$ tem que ser gerada pelo tubo. A partícula do fluido reage a esta força com uma força Coriolis igual e oposta:

$$F_c = a_t \cdot dm = 2W \cdot v \cdot dm$$

Considere um fluido de processo de densidade D escoando a uma velocidade constante v dentro de um tubo girando, com área da seção reta igual a A . Então, um segmento de tubo de comprimento x estará a sujeito a uma força de Coriolis:

$$F_c = 2W \cdot v \cdot D \cdot x \cdot A$$

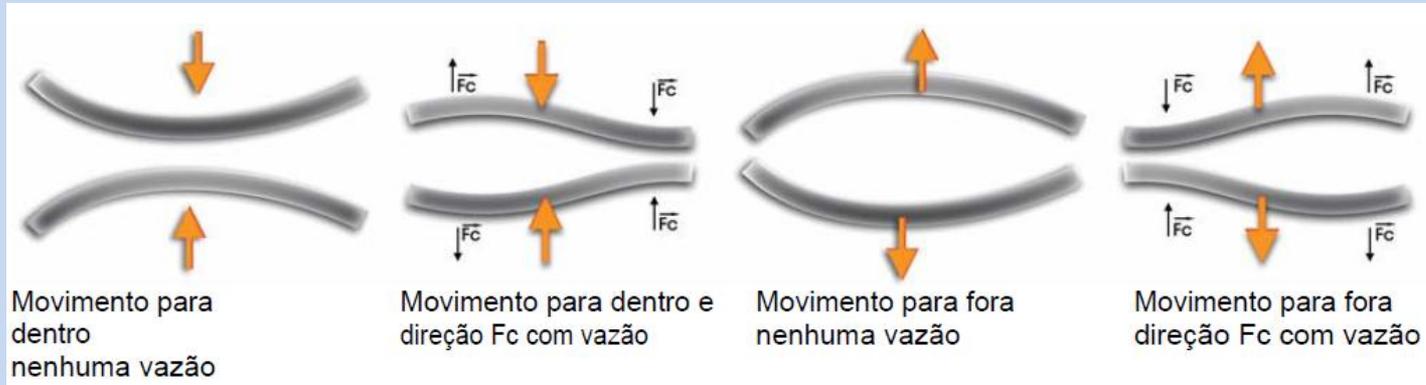
Sendo a **vazão mássica** $\rightarrow Q_m = D \cdot v \cdot A$, então:

$$Q_m = F_c / (2 \cdot W \cdot x)$$

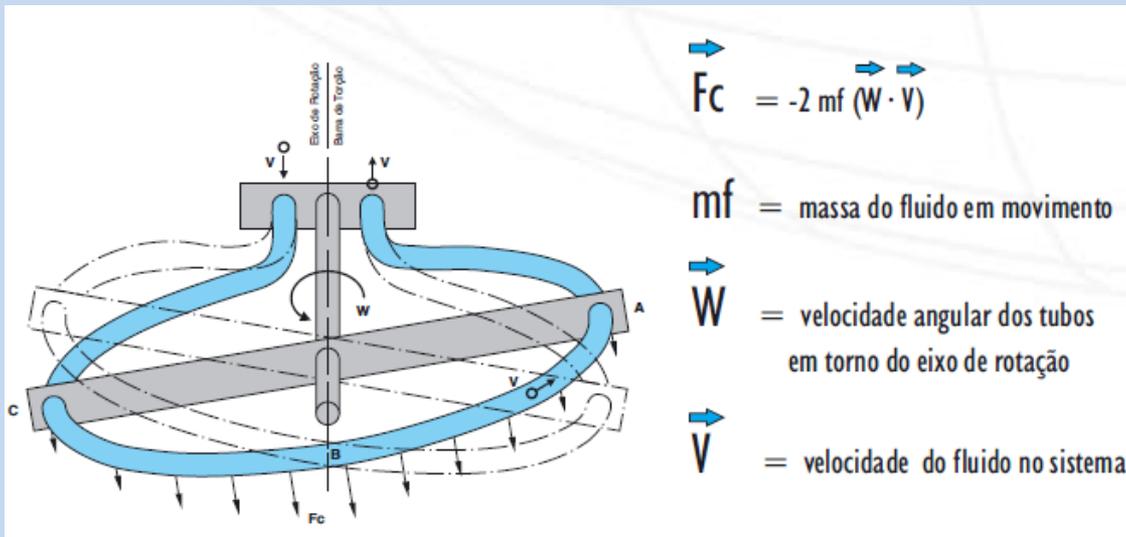
Isto mostra como a medida da força de Coriolis exercida pelo fluido durante o escoamento de um tubo girando pode fornecer uma indicação de vazão mássica. Um tubo girando não é uma maneira prática para a construção de medidor de vazão industrial, mas a oscilação ou vibração de um pode ser usada para o mesmo efeito.

Ciclo de Deformação (simplificado)

Rotação e deformação de dois tubos paralelos em formato circular por força Coriolis, F_c .



Na figura abaixo o corpo em movimento está representado por uma gota do fluido e o sistema pelo par de tubos. O estudo da variação da velocidade radial- V_{rad} é efetuada projetando-se a velocidade V de uma partícula sobre um disco imaginário, solidário ao Loop, perpendicular ao eixo de rotação (Barra de Torção). Esta seção de tubo representa o “Sistema Rotacional de Referência” no qual as partículas do fluido se movimentam, alterando sua posição em relação ao Eixo de Rotação do sistema. A velocidade radial ou relativa de uma partícula do fluido varia em função de sua distância em relação ao eixo de rotação, ou seja, é nula nos pontos A e C e máxima no ponto B. O movimento de partículas do fluido que percorre o par de tubos, oriundo do movimento oscilatório induzido pelas Bobinas de Excitação, resulta no surgimento de



Forças de Coriolis, perpendiculares aos planos que contém o par de tubos, nos trechos AB e BC, orientados de acordo com a regra da mão direita, e cuja intensidade é determinada pela equação:

Aplicações:

Os Medidores Mássicos, em constante evolução, atendem a especificação dos mais variados processos, na medição de líquidos e gases nas indústrias Petroquímicas, Químicas, Petrolíferas, Farmacêuticas, Alimentícias e outros segmentos industriais. O funcionamento dos Medidores Mássicos baseia-se no princípio de Coriolis medindo diretamente em massa o fluxo de líquidos e gases sem a necessidade da compensação de pressão, densidade, temperatura e viscosidade.

Exercícios:

- 1) Apresente o esboço e explique o princípio de funcionamento dos medidores magnéticos.
- 2) Qual aplicação dos medidores magnéticos?
- 3) Explique o princípio de funcionamento dos medidores mássicos Coriolis e que tipo de fluxo esses medidores medem?
- 4) Qual a aplicação dos medidores mássico Coriolis?