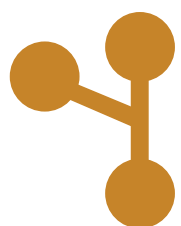


REVISTA TÉCNICO - CIENTÍFICA



robotica®

automação
controlo
instrumentação

**ARTIGO CIENTÍFICO**

- Localização e mapeamento simultâneos globalmente convergentes

INSTRUMENTAÇÃO

- Medição de nível por pressão hidrostática

AUTOMAÇÃO E CONTROLO

- Programação com LabVIEW

ELETRÓNICA INDUSTRIAL

- Eletrónica - 11.ª Parte (Parte 2)

PORTUGAL 3D

- Digital Manufacturing and Teaching in the area of 3D Printing (Parte 2)
- O banco automóvel desportivo (Baquet): do *design* à fabricação aditiva

ESPECIAL SOBRE TECNOLOGIA 4.0 PARA MÁQUINAS E FERRAMENTAS NO FUTURO

- Tecnologia AMADA revoluciona produção na Metalúrgica Falcão
- Interfaces de comando do futuro
- CNC 30i-B Plus: um novo *standard* para a produtividade inteligente
- Maximizando os tempos de execução do *spindle*
- Maquinagem assistida por ferramentas inteligentes
- Manutenção preditiva e monitorização do estado
- Nova fronteira

NOTA TÉCNICA

- Robótica colaborativa: Quais os benefícios da parceria homem-máquina?

REPORTAGEM

- Portugal país-parceiro na Hannover Messe 2022
- ePLC 2020 – O Presente é Digital
- Innovation Summit 2020: Construindo um futuro mais sustentável e resiliente
- Robótica colaborativa na indústria alimentar



Medição de nível por pressão hidrostática

1. CONCEITO DE NÍVEL

Chama-se nível à medida da cota da superfície de separação entre duas fases de um mesmo produto (ou de produtos diferentes), ou entre a mesma fase de produtos diferentes, em repouso num recipiente.

Na maior parte dos casos existem apenas duas fases, sendo uma delas líquida e a outra gasosa. Dizendo-se que se mede o nível do líquido nesse recipiente.

Pode ainda acontecer que os dois produtos sejam dois líquidos não miscíveis, um sólido e um líquido, ou até um sólido e um gás. Pode, ocasionalmente, haver interesse em medir a espessura da espuma que se forma sobre uma determinada superfície líquida. Em certas situações existem mais do que dois produtos no recipiente, podendo surgir duas ou mais superfícies de separação que dão simultaneamente origem à definição de mais do que um nível no mesmo recipiente.

Para se efectuar a medição da cota da superfície de separação entre duas fases, doravante designada apenas por nível, torna-se necessário que os produtos se encontrem em repouso, ou quase em repouso. Caso contrário, a superfície de separação não é bem definida, ou poderá depender das coordenadas horizontais, e estarão em causa outros conceitos, como a medição da ondulação num ponto, a forma da superfície, etc.

Admitindo que os produtos a medir se encontram em repouso, os seus parâmetros característicos são as cotas das superfícies de separação e a pressão em cada ponto. As relações entre estes parâmetros são estudadas na hidrostática, pelo que convirá relembrar a equação fundamental da hidrostática que constata que a variação da cota piezométrica ($p/\gamma + z$) é nula em qualquer direção. Logo, ter-se-á

$$\left(\frac{p}{\gamma} + z \right) = \text{constante} \quad (1)$$

em que p representa a pressão manométrica à cota z e γ o peso volúmico do fluido.

Desta equação conclui-se que, num fluido em repouso (âmbito da hidrostática) e homogéneo, as isobáricas (as superfícies de igual pressão) são planos horizontais.

Considerem-se dois pontos A e B no interior de um fluido (Figura 1). Da equação (1) obtém-se

$$\frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{p_B}{\gamma} + z_B \quad (2)$$

Ou seja:

$$p_B - p_A = \gamma (z_A - z_B) \quad (3)$$

O resultado obtido, já bem conhecido, diz que a diferença de pressão entre dois pontos quaisquer, no seio de um fluido homogéneo e em repouso, é igual ao produto do peso volúmico do fluido pela distância, na vertical, entre os dois pontos considerados.

Este é um método largamente utilizado na indústria, como se verá adiante.

Nos casos de interesse para a indústria o valor de h tem, no máximo, algumas dezenas de metros, ocasionalmente centenas de metros, sendo o fluido praticamente incompressível (propriedade dos líquidos), pelo que γ é constante para todo o fluido.

Se em vez de um fluido houver vários fluidos, terão que ser considerados os seus pesos volúmcicos individuais, obtendo-se:

$$p_B - p_A = \sum_k \gamma_k h_k \quad (4)$$

em que h_k representa a altura da camada de fluido de peso volúmico γ_k .

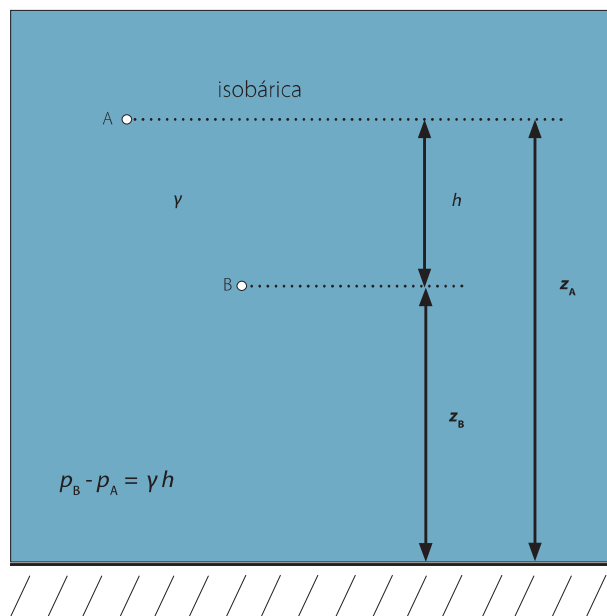


Figura 1. Equação fundamental da hidrostática.

2. NÍVEL POR PRESSÃO HIDROSTÁTICA

Este tipo de sensor é o mais utilizado na indústria, por ser de fácil instalação, fiável e barato. Baseia-se na equação fundamental da hidrostática, traduzida atrás pela equação (3). O sistema aplica-se quando há apenas um líquido no reservatório e o seu peso volúmico é bem determinado. O reservatório pode, ou não, ser

pressurizado. Este método apresenta algumas variantes, que a seguir se indicam. Segundo estimativas efetuadas, 75% a 85% dos dispositivos instalados na indústria, a nível mundial, para a medição de nível, utilizam sensores de pressão¹.

“

Como normalmente a extremidade inferior do tubo de borbulhamento não se encontra visível, como garantia de que existe borbulhamento, utiliza-se um pequeno indicador de caudal de ar.

2.1 Tubo de borbulhamento

2.1.1 Reservatórios abertos

Trata-se de um tubo mergulhado no líquido do qual se pretende medir o nível (figura 2). Injeta-se um pequeno caudal de ar no tubo, até este começar a borbulhar pelo extremo inferior. O facto de haver borbulhamento indica que a pressão dentro do tubo é igual à pressão do líquido, junto ao extremo inferior do tubo. Um aumento do caudal de ar injetado para dentro do tubo não produz nenhum aumento de pressão, apenas aumenta o escape de ar. Um indicador de pressão ligado ao tubo permite conhecer a pressão do líquido, junto ao extremo inferior do mesmo. O valor da pressão, sendo expresso em altura de coluna líquida, indica diretamente o valor do nível. Como normalmente a extremidade inferior do tubo de borbulhamento não se encontra visível, como garantia de que existe borbulhamento, utiliza-se um pequeno indicador de caudal de ar.

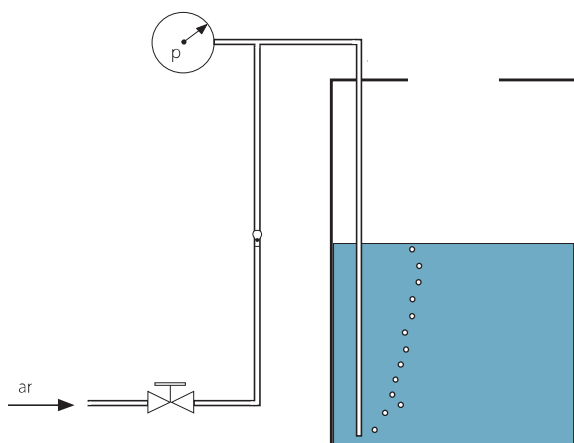


Figura 2. Medição de nível por tubo de borbulhamento em reservatórios abertos.

2.1.2 Reservatórios fechados

O tubo de borbulhamento pode também ser aplicado a reservatórios fechados, desde que a pressão no seu interior não seja demasiado elevada (veja-se a Figura 3). O ar, além de ser

¹ De acordo com J. M. Bacon, "The changing world of level measurement", In-Tech, 43(6), 37-39 (1996).

a **fluidotronica** pode ajudar.

PRODUTOS



SERVIÇOS



WWW.FLUIDOTRONICA.COM

injectado no tubo de borbulhamento, é também introduzido no espaço sobre a superfície livre do líquido. O sensor de pressão, aqui utilizado como indicador de nível, deverá ser do tipo diferencial.

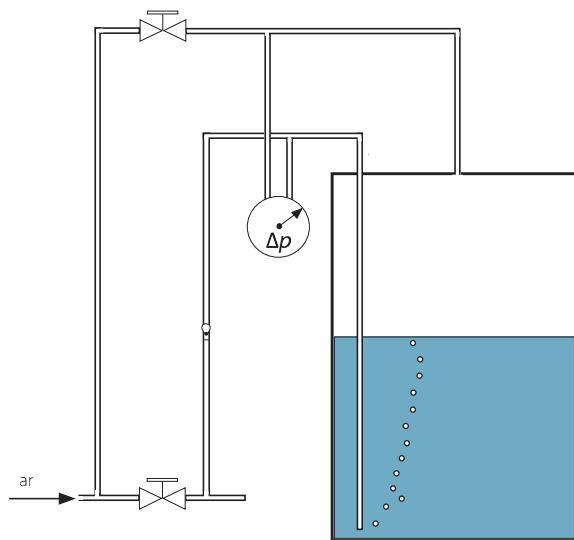


Figura 3. Medição de nível por tubo de borbulhamento em reservatórios fechados.

Um método utilizado para compensar este tipo de erros, consiste em encher a tomada baixa do sensor com líquido do reservatório e efectuar a compensação da variação de pressão originada por esta coluna líquida adicional.

2.2 Nível por transmissor de pressão

Na medição de nível por transmissor de pressão, é colocado um sensor de pressão no fundo do tanque, o qual deverá ser calibrado em altura de coluna de líquido, ou seja, em nível. A instalação do sensor de nível não difere da de um sensor de pressão. O sistema é habitualmente utilizado com transmissor.

No caso em que o reservatório é fechado utiliza-se um sensor de pressão diferencial (Figura 4), sendo a ligação para a pressão mais alta efectuada junto ao fundo do tanque e a outra junto ao topo em contacto com a fase gasosa. À tomada de pressão colocada ao nível mais baixo, em contacto com a fase líquida onde a pressão é mais elevada, chama-se entrada alta. À tomada de pressão em contacto com a fase gasosa chama-se entrada baixa. Neste tipo de instalação é preciso ter o cuidado de garantir que a tomada de pressão ligada ao topo do reservatório não acumula líquido, o que poderia originar erros de medida grosseiros.

Um método utilizado para compensar este tipo de erros, consiste em encher a tomada baixa do sensor com líquido do reservatório e efectuar a compensação da variação de pressão originada por esta coluna líquida adicional. Neste caso, a pressão na tomada baixa será superior à pressão na tomada alta.

No entanto, o método mais eficaz utilizado para impedir a entrada de condensados na entrada baixa do sensor, consiste

na utilização de um sensor de pressão diferencial com diafragmas de isolamento e capilares, tal como representado na figura 4. O problema que é preciso solucionar, e que já se colocava quando se enchia com líquido a tomada baixa, é o do ajuste de zero, também chamado elevação de zero. Com efeito, da observação da figura 4, conclui-se que o peso volúmico do líquido capilar da entrada baixa, γ_0 , é bastante importante, já que, independentemente do seu percurso, está associado à altura h_4 . Será pois, para o valor da pressão diferencial do sensor P_d

$$P_d = \gamma h + \gamma h_2 + \gamma_0 h_3 - \gamma_0 h_4 \quad (5)$$

e, resolvendo em ordem a h ,

$$h = \frac{(P_d - \gamma h_2 - \gamma_0 h_3 + \gamma_0 h_4)}{\gamma} \quad (6)$$

No caso de se pretender ter h proporcional a P_d , sem componente de desvio, deverá ser introduzido um ajuste de zero P_0 capaz de cancelar as parcelas constantes do segundo membro da equação (6), ou seja

$$P_0 = \gamma h_2 + \gamma_0 h_3 - \gamma_0 h_4 \quad (7)$$

obtendo-se, nestas condições

$$h = \frac{(P_d - \gamma h_2 - \gamma_0 h_3 + \gamma_0 h_4 + P_0)}{\gamma} = \frac{P_d}{\gamma} \quad (8)$$

O sensor de pressão indicará zero, quando o valor de h (nível em relação a uma determinada referência) for zero.

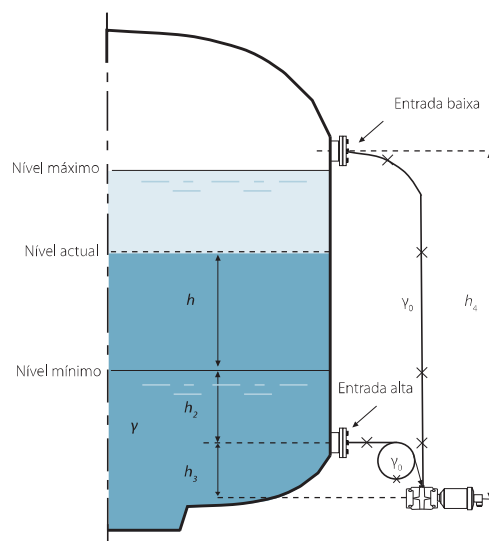


Figura 4. Sensor de pressão diferencial para medição de nível num reservatório fechado.