

Autor: Philip Holoch, Engenheiro de Desenvolvimento Sênior para Sensores na BELIMO Automation AG, Hinwil, Suíça

Superar o Desafio da Medição de Glycol

O glycol é geralmente usado para evitar o congelamento de fluidos de transferência de calor em sistemas de calefação, de resfriamento e de ar-condicionado. Ele é tipicamente encontrado em sistemas em que a tubulação está exposta ao ambiente externo – unidades de telhado, refrigeração livre, torres de resfriamento – e também em aplicações de energia verde, como coletores térmicos solares. O glycol pode ser usado em sistemas de refrigeração distritais – por exemplo, em edifícios altos – e redes de energia de baixa temperatura que atendem a um número de usuários. No entanto, a adição de glycol a qualquer sistema pode resultar em grandes erros na medição da energia térmica ao usar somente um medidor destinado somente a água. Agora, um novo sensor de fluxo em linha chegou ao mercado, que pode detectar e compensar automaticamente mudanças na composição do fluxo, oferecendo uma medição precisa do fluxo volumétrico e da energia térmica tanto em aplicações de água quanto de glycol. Este artigo compartilha alguns dos insights e conceitos técnicos por trás deste produto exclusivo.

Os Prós e Contras

Os modernos fluidos de transferência de calor são misturas complexas de aproximadamente 60 a 75 por cento de água desionizada, 25 a 40 por cento de monoetileno ou propileno glycol e, tipicamente, aditivos como estabilizadores, inibidores de corrosão, sequestrantes de oxigênio e componentes antivegetativos. A grande vantagem do uso de misturas glycol-água como fluidos de transferência de calor, em vez de somente água, é que elas permitem que os sistemas operem a temperaturas abaixo de zero. No entanto, existem vários problemas associados ao uso destas misturas. Elas são consideravelmente mais caras do que a água e têm uma menor capacidade térmica, exigindo um fluxo até 30 por cento maior para alcançar o mesmo transporte de energia. A baixas temperaturas, as misturas de glycol-água também se tornam bastante viscosas, precisando de uma energia de bombeamento adicional de 50 a 100 por cento para igualar somente a transferência de calor da água. Uma complicação adicional é que os glycóis de etileno são tóxicos e os glycóis de polipropileno – junto com muitos aditivos – não são ecologicamente corretos, o que significa que é necessário um descarte profissional quando o fluido atingir o fim da sua vida útil.

A Receita Correta

Há significativas variações entre as composições de glycóis pré-misturados da miríade de fabricantes no mercado, cada um oferecendo uma linha de formulações diferentes para aplicações especificadas. A composição precisa destes glycóis pré-misturados também pode mudar periodicamente para otimização de custos ou devido a nova legislação referente aos ingredientes, muitas vezes sem que os fabricantes informem isto aos clientes. E, enquanto é prática comum na Europa comprar glycóis pré-misturados, na América do Norte, a mistura de fluidos de transferência de calor também pode ser feita no local. Todo o problema é ainda mais complicado pelo fato de que a composição do fluido e, portanto, as suas propriedades físicas, podem mudar inesperadamente ao longo do tempo, devido a:

- degradação, que faz com que o fluido se torne flocoso, em particular devido à superexposição térmica em aplicações solares;
- adição de água para ajustar as perdas de pressão no sistema, diluindo a concentração de glycol (reduzindo ou potencialmente reduzindo a proteção contra congelamento);
- variações na concentração de aditivos devido à mistura imprecisa no local.

O Desafio da Medição de Glycol

Qualquer mudança na composição do fluido de transferência de calor, como os ilustrados acima, terá um impacto na densidade, na capacidade de calor e na viscosidade, que, por sua vez, afetará a energia térmica medida (Q , ver a equação abaixo) e o fluxo volumétrico medido.

Uma mudança na viscosidade terá um efeito no perfil do fluxo ou na distribuição da velocidade dentro do tubo. Conseqüentemente, se um medidor de energia térmica destinado ao uso com água for empregado com uma mistura glycol-água, as mudanças em quaisquer destas propriedades pode resultar em um erro cumulativo da medição do calor de até 40 por cento. No entanto, se os parâmetros corretos do fluido forem conhecidos, é possível compensar isto.

A energia térmica, Q , é definida pela fórmula:

$$Q = \int \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot dt$$

\dot{V} = fluxo volumétrico

ρ = densidade

c_p = alta capacidade

ΔT = temperatura diferencial (alimentação – retorno)

Medição de Fluxo Confiável

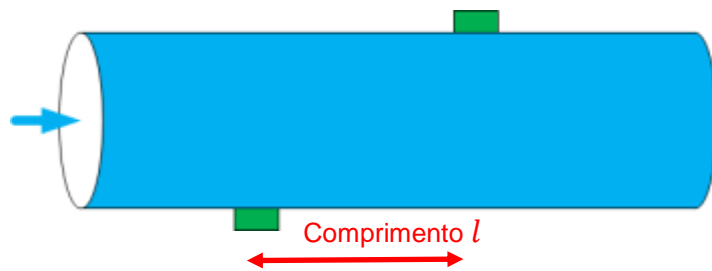
Apesar de o problema ter sido amplamente reconhecido e entendido durante muitos anos, até recentemente, as únicas opções eram aceitar este potencial de erro de medição, evitar o uso de glycol em sistemas nos quais a transferência de calor precisa ser medida – na Europa, o seu uso é muito restrito em redes de calefação distritais, nas quais as medições precisas são essenciais para garantir o faturamento correto dos clientes – ou investir em equipamento de medição dispendioso para permitir a compensação manual de mudanças nas propriedades do fluido. No entanto, um novo sensor de fluxo em linha (Belimo) foi desenvolvido para oferecer medição e compensação automáticas e contínuas do glycol, garantindo o desempenho dos sistemas AVAC. Usando tecnologia de tempo de trânsito ultrassônica, esta abordagem oferece um método para a medição de energia térmica que é insensível a problemas de magnetita – ao contrário dos sensores de fluxo eletromagnéticos –, tem uma vida útil mais longa do que a tecnologia de rotor

e é adequada para uso com uma ampla gama de fluidos de transferência de calor de concentrações variáveis de glycol.

Como Funciona

O novo medidor de fluxo ultrassônico usa dois transdutores de compensação (Figura 1) para determinar a velocidade do fluxo medido a velocidade do sim no fluido de transferência de calor. O trânsito a jusante é medido passando-se um pulso ultrassônico do transdutor inferior ao transdutor superior, depois o processo é revertido para obter o tempo de trânsito a montante. Estes tempos de trânsito serão diferentes, com base no fluxo do fluido através do tubo do sensor: o pulso a jusante é acelerado pelo fluxo enquanto o fluxo a montante é dificultado e desacelerado por este. Os tempos de trânsito destes pulsos ultrassônicos pode ser usado para determinar a velocidade medida (v_{meas}).

Velocidade do Fluxo



$$v_{meas} = c \cdot \frac{l}{2} \cdot \left(\frac{1}{tt_{down}} - \frac{1}{tt_{up}} \right)$$

v_{meas} = velocidade medida do fluxo

c = constante

l = comprimento

tt = tempo de trânsito

Figura 1: Medição do fluxo volumétrico com ultrassom.

Estes dados, junto com a temperatura do fluido, podem então ser usados para calcular a viscosidade cinemática (η) e determinar o fluxo volumétrico. No entanto, como o fluxo volumétrico requer uma média das velocidades do fluxo em todo o diâmetro da tubulação – não apenas uma via única – isto é afetado pelos diferentes perfis de fluxo (Figura 2). No fluxo laminar (cinza), a velocidade é maior no centro e menor na parede do tubo. Em contraste, no fluxo turbulento (azul) a velocidade do fluxo é virtualmente idêntica em todo o diâmetro do tubo. Em geral, este efeito é compensado durante a produção usando-se curvas de correção para calibrar o sensor de fluxo. No entanto, como o perfil de fluxo é influenciado pela viscosidade do fluido, a presença de glycol no sistema pode resultar em erro de medição significativo.

Fluxo Volumétrico

$$\dot{V} = \int v \cdot dA = A \cdot \bar{v}$$

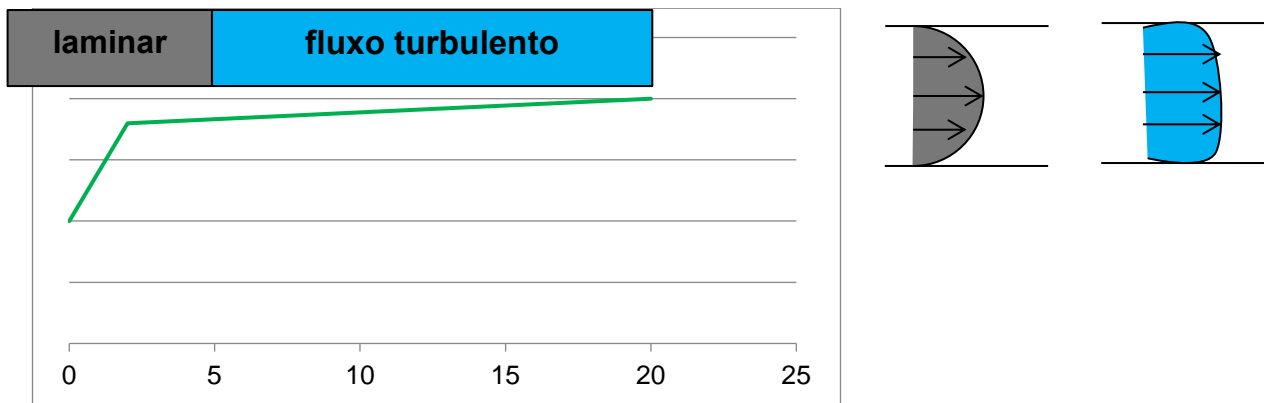


Figura 2: Cálculo da velocidade média do fluxo.

Uma abordagem alternativa é usar o número de Reynolds (Re) no lugar da velocidade do fluxo.

$$Re = \frac{v \cdot D}{\eta}$$

v = velocidade do fluxo

D = diâmetro

η = viscosidade cinemática

A significância prática desta relação é que a distribuição da velocidade do fluxo é similar para um dado número de Reynolds e a geometria. Conseqüentemente, o fator de correção (k) – usado para relacionar o fluxo volumétrico à velocidade média em toda a área de seção transversal do tubo – plotado como uma função do número de Reynolds é independente da viscosidade do fluido, e as curvas de calibração resultantes da água e de glycol-água se sobrepõem. Isto significa que o sensor pode ser calibrado com água e ainda medir com precisão qualquer outro fluido de viscosidade conhecida. O processo é resumido na Figura 3.

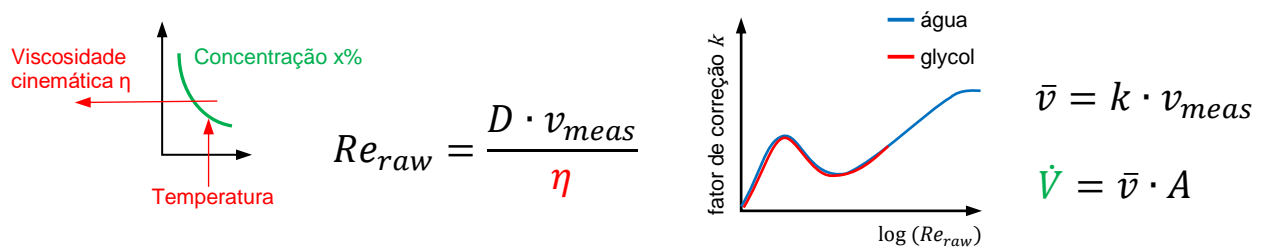


Figura 3: Resumo do algoritmo automático de compensação de glycol.

Esta abordagem do número de Reynolds vem sendo usada para desenvolver um algoritmo automático de compensação de glycol capaz de selecionar as propriedades corretas do fluido a ser usado para o cálculo do fluxo e da energia e pode ser aplicado a uma ampla gama de fluidos de transferência de calor, garantindo medições precisas e repetíveis em qualquer aplicação AVAC.

Resultados Precisos sem Desvio

O benefício da compensação de glycol está claramente demonstrado nas Figuras 4 e 5. Sem compensação (Figura 4), o fluxo volumétrico pode apresentar erros de até 30 por cento; a aplicação de concentração automática de glycol (Figura 5) minimiza o desvio e reduz significativamente o grau de erro de medição.

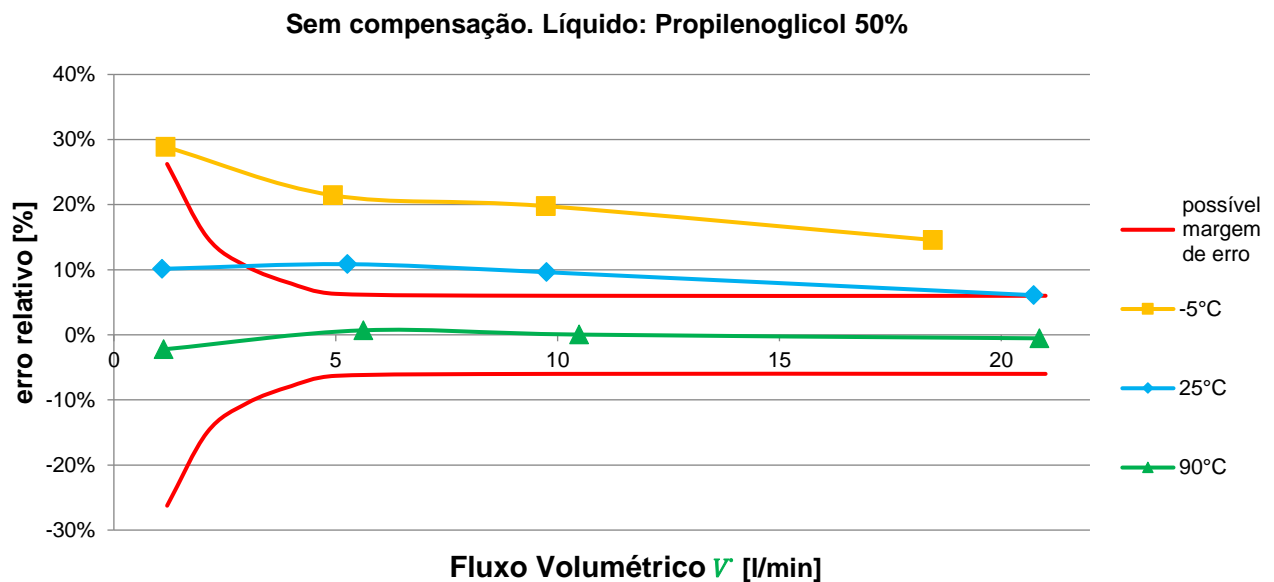


Figura 4: A influência do glycol na medição do fluxo volumétrico sem compensação de viscosidade.

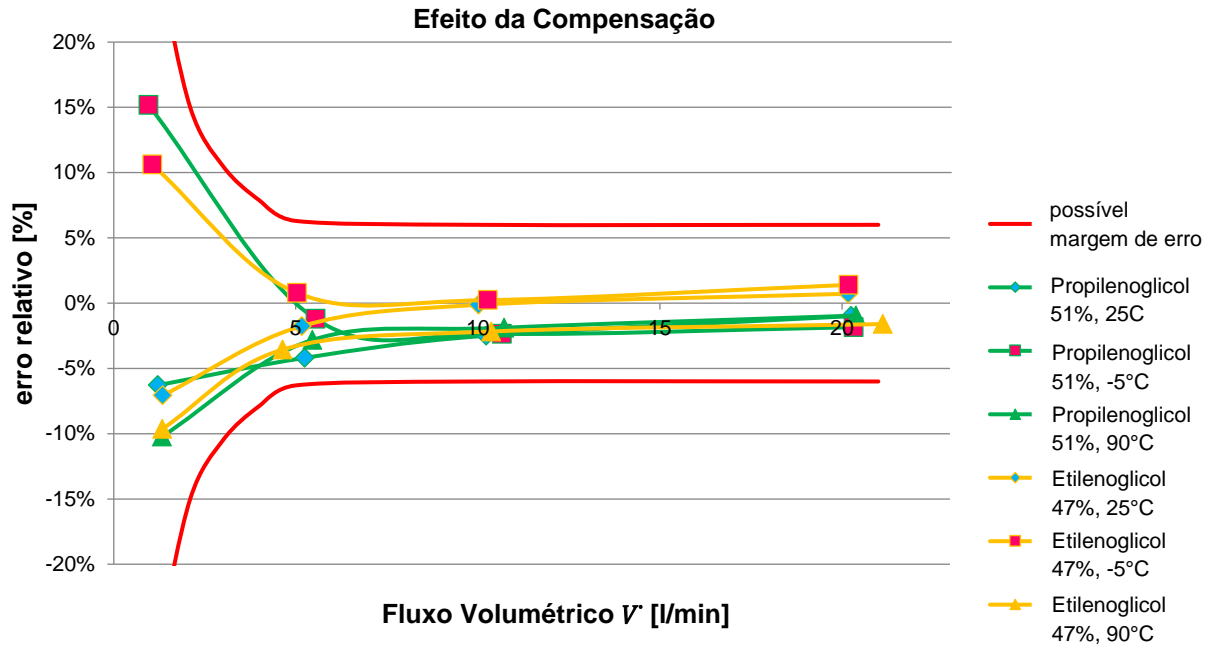


Figura 5: O efeito da compensação de glycol na medição do fluxo volumétrico.

Conclusão

O desenvolvimento de um sensor de fluxo em linha que usa tecnologia de tempo de trânsito ultrassônica para medir e compensar automaticamente a concentração de glycol é uma enorme vantagem na medição da energia térmica. Um único sensor de fluxo 'instalar e esquecer' é tudo o que é necessário para compensar as viscosidades e capacidades de calor variáveis e mutantes de fluidos de transferência de calor. Sem partes móveis, o sensor é extremamente robusto e não requer calibração, oferecendo a certeza de que o fluxo medido está correto. Isto o torna ideal para medições repetíveis, melhorando o controle e a eficiência dos sistemas AVAC.