

ANEMÔMETRO A EFEITO PELTIER

GÜTHS, saulo; THERY, Pièrre; LECLERCQ, Didier; DUTHOIT, Bruno

Laboratoire Capteurs et Instrumentation
Université des Sciences et Technologies de Lille I
59655 - VILLENEUVE D'ASCQ - CEDEX - FRANCE

O anemômetro desenvolvido é constituído de células em cobre depositadas eletroliticamente sobre um fio de constantan. Uma corrente elétrica atravessa o captor, gerando, por efeito Peltier, uma diferença de temperatura que é dependente da velocidade do fluido. Ela é medida por efeito Seebeck, interrompendo-se a corrente elétrica por um breve instante têm-se assim um registro da velocidade do fluido sem interromper o regime de gradiente estacionário do sistema, visto que sua constante de tempo é da ordem de 100 ms. Sua sensibilidade é máxima na faixa de 0-50 cm/s no ar, apresentando uma incerteza de 1 cm/s. Tendo em vista o baixo aquecimento do captor por efeito Joule (aprox. 10 K), esse equipamento mostra-se apropriado a efetuar medidas no domínio da convecção natural.

In the anemometer presented in this work, the sensitive element is a constantan wire of small diameter (25 μ m) covered by copper plated electrodes 1 μ m thick. The establishment of an electric current within the wire induces a slight rise in temperature (10 K) by Joule effect but exchanges situated, on the thermoelectric junctions created by Peltier effect, is the major consequence. The measuring method is quite simple, the sensitive element being used in turn as a thermal gradient generator within the thermoelectric junctions, and as a thermal gradient detector by Seebeck effect (measurement of an e.m.f. under open circuit conditions). The very slight warming up of the sensor (-10°C) implies that the natural convection set up by the sensor is negligible, then it is enables the measurement of very low velocities (0-50 cm/s in the air).

- INTRODUÇÃO

Movimentos de fluidos a baixas velocidades são presentes em um grande número de aplicações - campo de velocidade no interior de edificações e de equipamentos eletrônicos, sistemas de aquecimento e refrigeração, caracterização da camada limite dinâmica em escoamentos, e, de uma maneira geral, em todo domínio onde a convecção natural é presente.

Medir baixas velocidades em fluidos constitui-se um desafio tecnológico, visto que a grandeza a medir é sempre perturbada pelo sistema de medição. Citando como primeiro exemplo o anemômetro a fio quente, que, pelo seu princípio de funcionamento, muda a temperatura local do fluido, e gera assim um movimento de convecção natural. Esse movimento perturba o campo de velocidade a medir e limita o domínio de aplicação a velocidade de ar inferior a 40 cm/s [4]. O anemômetro a impulsão, no qual a temperatura é ligeiramente aumentada durante alguns segundos não apresenta esse inconveniente. Como limitação podemos citar sua grande inércia térmica associado a uma considerável incerteza de medição (aprox. 3 cm/s) para velocidade de ar inferior a 15 cm/s [2]. O anemômetro a efeito Doppler não mostrou-se até o momento adequado a efetuar medidas no ar nessa faixa de velocidade. A injeção de partículas que desenvolvam a mesma velocidade do fluido é operacionalmente difícil. O domínio de aplicação é igualmente limitado pela impossibilidade de efetuar-se medidas no interior de canalizações opacas.

O objetivo deste trabalho é a concepção e realização de um captor termo - elétrico em forma de fio, adaptado a efetuar medidas de baixas velocidades em meios fluidos (0-50 cm/s no ar). O escoamento não é perturbado de maneira significativa em função do baixo aquecimento do captor (aprox. 10 K). O dispositivo apresenta uma incerteza de medição em

torno de 1 cm/s (faixa de 0 - 30 cm/s), uma constante de tempo reduzida (em torno de 100 ms), e a vantagem de fornecer medidas independentes da temperatura do fluido.

2 - PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O captor é essencialmente constituído de um fio de constantan de 25 μ m de diâmetro e 15 mm de comprimento, recoberto por três (ou mais) eletrodos em cobre depositados eletroliticamente com espessuras de 1 μ m. (figura 1).

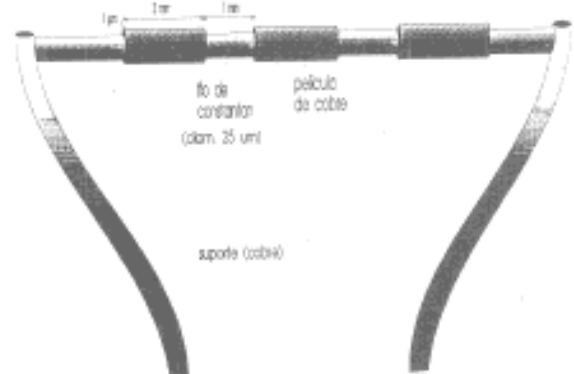


Figura 1 - O captor

A circulação de uma corrente elétrica no captor provoca um aquecimento por efeito Joule no volume do fio, mas igualmente gera trocas de calor por efeito Peltier sobre as junções termo - elétricas [3]. Tendo o circuito uma resistência elétrica

relativamente baixa (aprox. 5 ohms), a potência desenvolvida por uma corrente de 30 mA é da ordem de 5 mW. Mesmo para uma velocidade de ar nula, a elevação da temperatura média do captor não ultrapassa 10 K, sendo desprezível, então, a convecção natural causada pelo aquecimento do fio.

Nessas condições é possível explorar somente a influência da circulação do fluido sobre as diferenças de temperaturas geradas pelo efeito Peltier entre as junções termo-elétricas. Tendo dado que o coeficiente de troca de calor é proporcional à velocidade do fluido, as diferenças de temperatura entre as junções termo-elétricas são dependentes da velocidade do fluido e podem ser utilizadas para a medida. (figura 2)

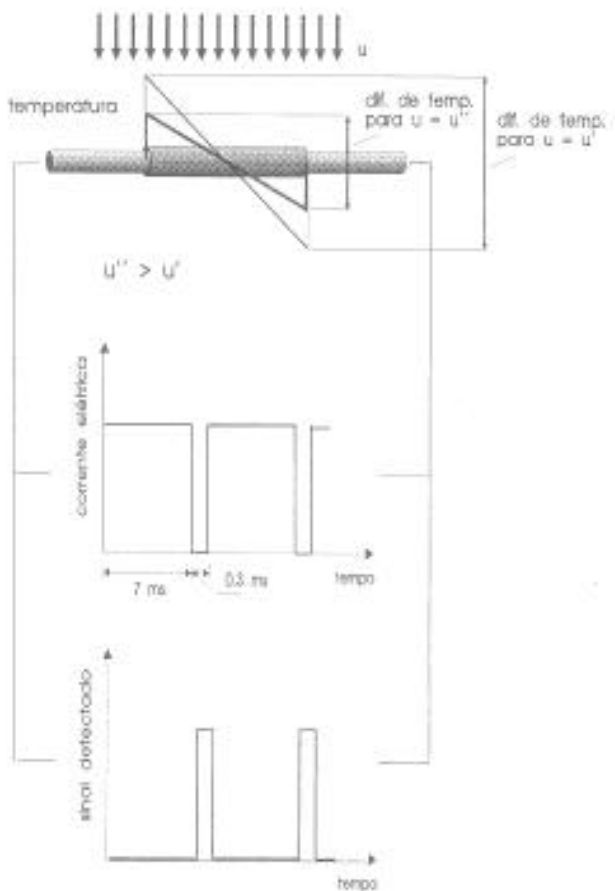


Figura 2 - Captor submetido a um escoamento com velocidade u. Distribuição da temperatura.

O elemento sensível é utilizado como gerador do gradiente térmico, e, em seguida como detector desta grandeza. O método de medida consiste em passar uma corrente elétrica, e interrompê-la periodicamente durante um breve instante (0,3 ms) de maneira a medir em circuito aberto as diferenças de temperatura entre as junções termo-elétricas. Sendo a constante de tempo da ordem de 100 ms, essa interrupção não provoca modificação do estado de regime estacionário do sistema. Dispõem-se, assim, de um sinal em amostragem periódica representativo da velocidade do fluido. um circuito integrado do tipo LF398 (bloqueador/memorisador) lineariza o sinal. A figura 3 mostra a variação da força eletro-motriz (f.e.m) medida em função da velocidade de ar a 20°C.

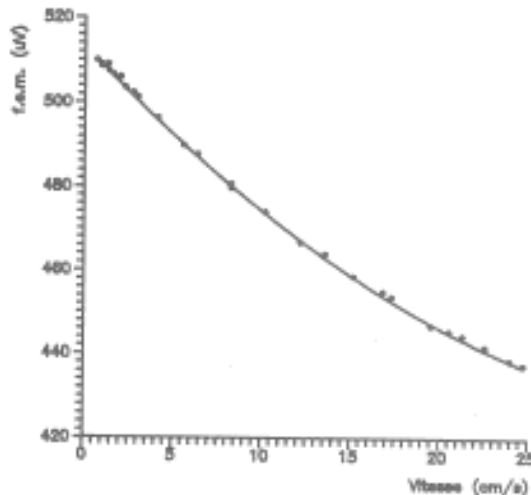


Figura 3 - Força eletro-motriz (f.e.m) em função da velocidade de ar (u) a 20°C.

A interpretação dos resultados não apresenta maiores dificuldades quando o escoamento é isotérmico ao longo do captor. No caso de ocorrer gradientes axiais de temperatura, ocorrerá uma superposição de uma f.e.m residual à f.e.m gerada pelo efeito Peltier. Para suprimir essa perturbação indesejável deve-se inverter o sentido da corrente elétrica, e utilizar a média das medidas duas a duas.

4 - COMPENSAÇÃO EM TEMPERATURA

De fato, as medidas são ligeiramente perturbadas pela variação de temperatura do captor, pois o poder termo-elétrico e a geração de calor por efeito Peltier são proporcionais à temperatura absoluta. Para eliminar essa dependência, deve-se medir a temperatura média do captor, corrigindo a f.e.m. As variações em temperatura da resistência elétrica foram utilizadas para obter-se uma informação representativa da temperatura média do captor. Estando o captor alimentado por uma corrente constante, variações de temperatura aparecem sob forma de variações da diferença de potencial (Vs) nas extremidades do captor (figura 4). Essa relação foi determinada colocando o captor num recipiente isotérmico e hermético.

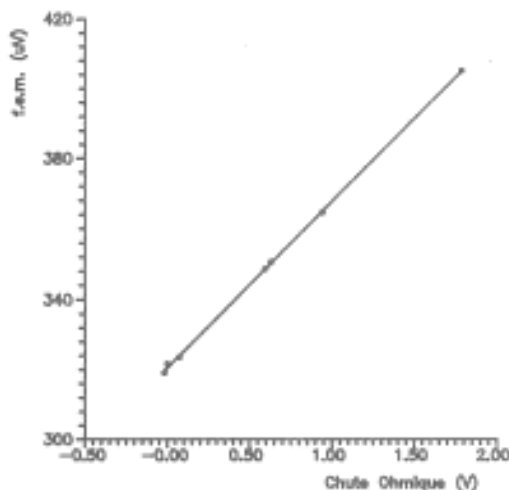


Figura 4 - Relação entre temperatura do captor (Temp) e diferença de potencial (Vs).

A variação do sinal com a temperatura pode então ser corrigida, seja utilizando um microprocessador acoplado ao equipamento, seja efetuando uma correção à posteriori.

Esse tipo de correção é válido numa região onde o coeficiente de troca de calor por convecção pode ser considerado independente da temperatura, que corresponde às condições habituais de medida.

5 - SISTEMA DE CALIBRAÇÃO

A calibração do captor foi efetuada utilizando-se a relação teórica do campo de velocidade no interior de um tubo retangular isotérmico submetido a um regime laminar plenamente desenvolvido [5]. Para conhecer a vazão com precisão utilizou-se um medidor de vazão a bolhas conforme mostra a figura 5.

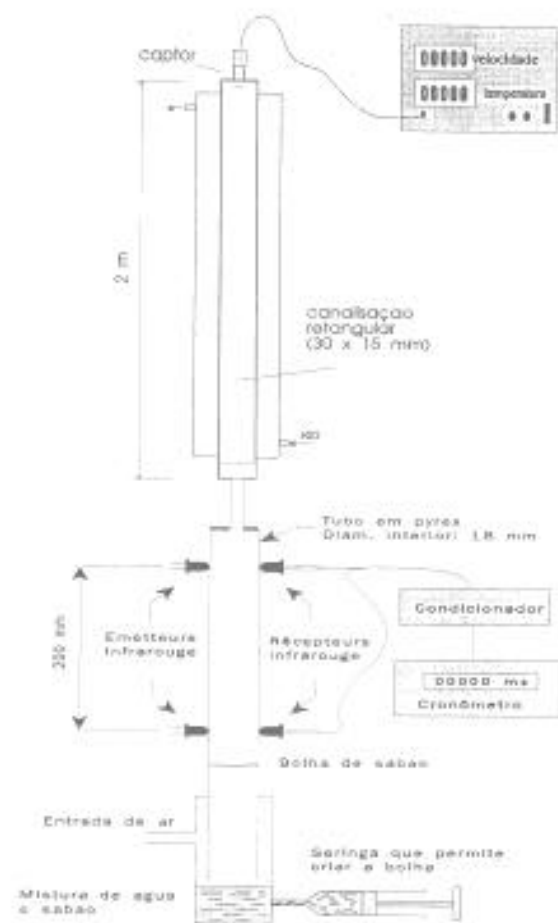


Figura 5 - Sistema de calibração

6 - CONCLUSÃO

A principal característica do anemômetro efeito Peltier é sua baixa perturbação térmica dinâmica causada ao escoamento. O captor apresenta uma dimensão reduzida (fio de 25 Mm) e um baixo acréscimo de temperatura (aprox 10 K). A incerteza de medição situa-se a 1 cm/s (faixa de 0-30 cm/s), com possibilidade de ser reduzida. O presente trabalho foi relativo à medidas em regime permanente mas a baixa constante de tempo do sistema (100 ms) permite de efetuar medidas em regime transitório.

A calibração foi a etapa que apresentou maiores dificuldades, tendo dado que os equipamento usuais de medição de velocidade não são adaptados a efetuar medidas nessa faixa. Medir a vazão com o sistema a bolhas foi uma solução simples e precisa, mas na determinação da velocidade do ar no interior da canalização foi utilizado uma relação teórica considerando o escoamento laminar e plenamente desenvolvido.

A redução do diâmetro do fio, inversão automática do sentido da corrente elétrica e autocompensação da influência da temperatura estão em desenvolvimento. Estuda-se também a possibilidade de utilizar o mesmo princípio para determinação de propriedades físicas (condutividade e difusividade térmica) de líquidos e gases.

BIBLIOGRAFIA

1. BEJAN, Adrian. Laminar duct flow. Convection Heat Transfert, EUA, 1984, p. 67-108.
2. JAVELAS, R. et al. Etude expérimentale des champs dynamiques et thermiques des écoulements dans une cellule de taille habitable placée en site réel. Arc. Conv. Naturelle dans l'Habitat, França, 1986. p. 8194.
3. LECLERCQ, Didier. Contribution à l'étude de l'effet Peltier dans les circuits bimetalliques a électrodes plaquées. Thèse de Doctorat d'Etat, França, 1991.