



CONFÉDÉRATION SUISSE
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

① CH 667 919 A5
⑤ Int. Cl. 4: G 01 F 1/68

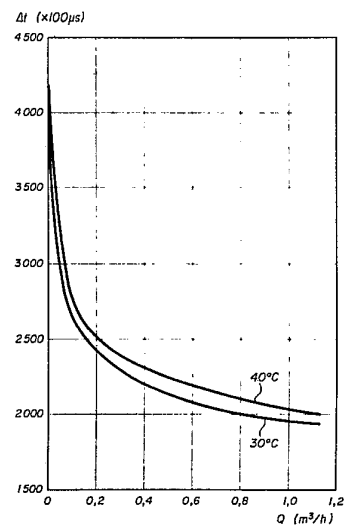
Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DU BREVET** A5

| | |
|---|---|
| <p>⑲ Numéro de la demande: 1369/86</p> <p>⑳ Date de dépôt: 08.04.1986</p> <p>㉒ Brevet délivré le: 15.11.1988</p> <p>㉔ Fascicule du brevet publié le: 15.11.1988</p> | <p>㉓ Titulaire(s): Battelle Memorial Institute, Carouge GE</p> <p>㉕ Inventeur(s): Prost, Jean-Louis, Genève Noir, Dominique, Aubonne</p> <p>㉗ Mandataire: Blasco Dousse, Carouge GE</p> |
|---|---|

⑤④ **Procédé pour déterminer le débit d'un fluide.**

⑤⑦ On détermine le débit en mesurant la température du fluide et le temps de refroidissement d'une sonde préalablement chauffée entre deux seuils de température déterminés. A partir de ces valeurs, on calcule d'abord, par une première interpolation à partir d'une table comportant les temps de refroidissement de la sonde en fonction de différentes températures et débits, les temps de refroidissement à la température mesurée pour tous les débits enregistrés dans la table, ensuite, par une deuxième interpolation entre les valeurs ainsi calculées qui sont supérieure, respectivement inférieure à la valeur mesurée, le débit correspondant à cette valeur.



REVENDEICATIONS

1. Procédé pour déterminer le débit d'un fluide s'écoulant dans un conduit par la mesure de la température de ce fluide ainsi que par celle du temps nécessaire pour qu'une sonde, portée à une première température, différente de celle du fluide, soit amenée à une seconde température plus proche de celle de ce fluide, caractérisé par le fait que l'on indique, dans un tableau d'étalonnage comportant n colonnes de températures croissantes et x lignes de débits croissants, des écarts de temps correspondant au passage de la sonde de la première à la seconde desdites températures, à des températures déterminées du fluide et caractéristiques de débits correspondants de ce fluide à ces températures déterminées respectives, on calcule par une première interpolation, les valeurs des écarts de temps caractéristiques de la température mesurée du fluide, on identifie les deux écarts de temps supérieur, respectivement inférieur à l'écart de temps mesuré et caractéristiques des débits supérieur, respectivement inférieur au débit recherché et on détermine par une seconde interpolation entre les deux écarts de temps calculés, à quelle valeur du débit correspond l'écart de temps mesuré.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on effectue lesdites mesures de température avec une sonde dont la constante de temps est de l'ordre de 0,3 s dans de l'eau s'écoulant à 0,2 m/s.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on chauffe ladite sonde à environ 15°C au-dessus de la température du fluide.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on choisit l'unité de temps en fonction de la précision désirée pour l'interpolation, et compte tenu du plus faible écart de temps enregistré entre deux écarts de température successifs du tableau.

DESCRIPTION

La présente invention se rapporte à un procédé pour déterminer le débit d'un fluide s'écoulant dans un conduit par la mesure de la température de ce fluide ainsi que par celle du temps nécessaire pour qu'une sonde, portée à une première température, différente de celle du fluide, soit amenée à une seconde température plus proche de celle de ce fluide.

Il a déjà été proposé différentes solutions pour déterminer le débit d'un fluide dans un conduit à partir de l'échange thermique entre une sonde et ce fluide. En général, il s'agit d'une sonde dont on mesure la variation de résistance électrique en fonction de la température. C'est un principe dérivé de celui de l'anémomètre à fil chaud.

Un tel débitmètre est décrit notamment dans le brevet GB 1.345.324. Selon ce brevet, la puissance de chauffage de la sonde est fournie par un train d'impulsions identiques séparées par des intervalles suffisamment longs pour garantir que la sonde est ramenée à sa température d'équilibre avec le fluide au début de chaque impulsion. Les variations de débit sont détectées par les variations enregistrées d'une impulsion à l'autre dans la vitesse de changement de résistance électrique de la sonde durant une impulsion. Cette vitesse de changement de résistance est donnée par la variation de tension dérivée d'une thermistance immergée dans le fluide. Cette tension est appliquée à un convertisseur tension-fréquence dont la fréquence diminue continûment en fonction de la diminution progressive de tension. Ensuite, on mesure la fréquence résultant pendant la durée de l'impulsion et on déduit le débit.

Du point de vue électronique, la plus grande partie du traitement de signal est analogique, ce qui conduit à un circuit

électronique relativement complexe et par conséquent relativement cher. En outre, la transformation de la tension en fréquence variable couvre une plage de mesure assez réduite.

Cette remarque est d'ailleurs aussi vraie en ce qui concerne les impulsions de chauffage à puissance constante.

On a proposé d'apporter une simplification à cette solution en mesurant un écart de temps entre deux seuils de température déterminés et en calculant ensuite le débit à l'aide d'équations exponentielles. De telles solutions sont décrites notamment dans le US-A-3.498.128 et dans le EP-A1-0070.801.

Outre le fait que la résolution d'équations exponentielles constitue, du point de vue de l'électronique, encore une solution relativement complexe, il est apparu que ces courbes exponentielles de refroidissement de la sonde varient non seulement suivant le débit de fluide, mais également en fonction de la température de ce fluide, d'où la nécessité de tenir compte de la température dans la résolution de ces équations.

Les compteurs de consommation d'énergie thermique classiques mesurent d'une part, l'écart de température entre l'entrée et la sortie de l'appareil de chauffage et, d'autre part, le débit par un compteur d'eau classique à turbine. Dans ce type d'appareil, si la précision de mesure du débit est satisfaisante aux débits élevés, elle devient médiocre aux faibles débits (en dessous de 10-20% du débit nominal) qui sont les plus fréquents dans les installations de chauffage central.

Il existe un marché dans le domaine des compteurs de consommation d'énergie thermique distribuée sous forme d'un fluide, notamment dans le domaine des compteurs de consommation d'eau chaude d'une installation collective de chauffage central ou de distribution d'eau chaude sanitaire. Encore faut-il que le prix du compteur soit acceptable, c'est-à-dire qu'il soit amorti en quelques années de chauffage par les économies qu'il pourra entraîner, consécutivement à la répartition effective des charges en fonction de l'énergie consommée et non plus au prorata du volume habité. Ce mode d'imputation des charges constitue en effet une incitation à l'économie dans la mesure où chacun est seul responsable de sa propre consommation. Un tel mode d'imputation devient légalement obligatoire, au moins pour les logements neufs, dans certains pays.

Le but de la présente invention est précisément d'apporter une solution tout à la fois précise et suffisamment simple pour être applicable aux domaines susmentionnés, où le prix et la précision sont deux éléments qui doivent être conciliables, aussi bien qu'à des domaines industriels et à d'autres fluides que les liquides, notamment à la vapeur.

A cet effet, cette invention a pour objet un procédé de détermination du débit d'un fluide selon la revendication 1.

La base utilisée dans le cadre de ce procédé est la même que celle des solutions connues, à savoir, la température du fluide et l'écart de temps entre deux seuils de température après avoir fourni à la sonde une impulsion d'énergie qui porte sa température à une valeur différente de celle du fluide. La différence réside dans la méthode de double interpolation qui est simple à réaliser sur le plan électronique, et qui permet de tenir compte de la variation entre les courbes exponentielles aux différents débits et températures, garantissant de ce fait une précision de l'ordre de 1 à 2% environ.

Le dessin annexé illustre, schématiquement et à titre d'exemple, une mise en oeuvre du procédé objet de la présente invention.

La fig. 1 représente un diagramme des écarts de temps en fonction du débit pour deux températures différentes du fluide.

La fig. 2 illustre le schéma-bloc de l'électronique de traitement du signal de mesure.

La fig. 3 illustre un schéma-bloc d'une variante de l'électronique de la fig. 2.

Le diagramme de la fig. 1 donne le débit en m³/h porté en abscisse en fonction des écarts de temps, dont l'unité est ici 100 μs, portés en ordonnée. Sur ce diagramme, on a porté les écarts de temps nécessaires au refroidissement d'une sonde chauffée à 15°C au-dessus de la température du fluide pour qu'elle atteigne un second seuil de température plus proche de la température du fluide. On voit sur ce diagramme deux courbes obtenues à partir de fluides dont les températures sont respectivement de 30°C et 40°C. Ce diagramme montre clairement que l'écart de temps mesuré ne dépend pas seulement du débit mais aussi, de façon non négligeable, de la température du fluide, d'où l'imprécision importante qui en résulte en utilisant des équations exponentielles.

On établit un tableau comportant n colonnes de températures croissantes, par exemple pour un circuit d'eau chaude tous les 10°C entre 20°C et 90°C, et x lignes de débits croissants entre 0 et 1,1 m³/h avec des intervalles de 0,1 m³/h, dans lequel on porte les valeurs de références des écarts de temps caractéristiques mesurés pour passer des températures T₁ à T₂. Ce tableau constitue la référence. Le débit nul de ce tableau permet un étalonnage de la sonde, puisqu'il suffit de mesurer le temps de refroidissement de cette sonde entre les températures T₁ et T₂ dans un fluide de température connue et de comparer ce temps à celui du tableau de référence. Un facteur de correction peut ainsi être déterminé pour tenir compte de la différence entre la valeur de référence et celle de la sonde.

Le tableau ci-dessous illustre, à titre d'exemple, les écarts de temps pour deux températures du fluide en fonction des débits allant de 0 à 1,1 m³/h. Il est évident que ce tableau peut être complété pour d'autres températures, le principe de détermination du débit restant le même.

Tableau de référence

| Q = m ³ /h°C | 30° | 40° |
|-------------------------|------|------|
| 0 | 4050 | 4180 |
| 0,1 | 2660 | 2740 |
| 0,2 | 2425 | 2515 |
| 0,3 | 2300 | 2395 |
| 0,4 | 2200 | 2315 |
| 0,5 | 2130 | 2250 |
| 0,6 | 2080 | 2195 |
| 0,7 | 2035 | 2145 |
| 0,8 | 2000 | 2110 |
| 0,9 | 1980 | 2065 |
| 1,0 | 1960 | 2035 |
| 1,1 | 1945 | 2010 |

La valeur de l'unité d'écart de temps qui est ici de 100 μs est déterminée en fonction de la précision désirée. Comme la pente des courbes diminue fortement lorsque le débit augmente, cette unité de temps est choisie pour avoir au moins une unité par % de débit au débit le plus élevé et à la température la plus basse où la sensibilité est la plus faible. Comme on le voit sur le tableau à 30°C, entre les débits 1,0 et 1,1 m³/h on a 15 unités de temps soit 1,5 unité par % de débit.

L'exploitation de ce tableau est réalisée à l'aide d'une double interpolation. Supposons que l'on mesure une température du fluide de 37°C et un écart de temps de 2225 unités entre les températures T₁ et T₂. La première l'opération consiste à calculer les écarts de temps pour une température de 37°C. On obtiendra notamment:

$$2200 + \frac{(2315-2200) \cdot 7}{10} = 2280$$

pour un débit de 0,4 m³/h et

$$2130 + \frac{(2250-2130) \cdot 7}{10} = 2214$$

pour un débit de 0,5 m³/h.

La seconde opération consiste à identifier les deux valeurs encadrant l'écart de temps mesuré et à interpoler entre ces deux valeurs dans notre exemple 2280 à 0,4 m³/h et 2214 à 0,5 m³/h pour obtenir le débit Q:

$$Q = 0,5 - x$$

$$\frac{2225-2214}{2280-2214} = \frac{x}{0,1}$$

$$\frac{11}{66} = \frac{x}{0,1} \quad 0,1 \text{ m}^3/\text{h} = 6x$$

$$Q = 0,5 - 0,016 = 0,484 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Bien que les fonctions ne soient pas linéaires comme on l'a vu, on constate que l'erreur qui peut être introduite par cette méthode d'interpolation est extrêmement faible au niveau du calcul, compte tenu des intervalles réduits entre les valeurs du tableau. Dans le cas de l'exemple choisi, le tableau comporte 12 lignes et 8 colonnes (entre 20°C et 90°C), de sorte qu'il n'y a cependant que 96 valeurs de quatre chiffres chacune à mémoriser, ce qui nécessite une faible capacité-mémoire et, par conséquent, des composants peu coûteux, ce qui est important dans le cas d'applications domestiques en particulier.

Pour effectuer ce type de mesure, il est important d'utiliser une sonde présentant une faible capacité thermique ainsi qu'une faible constante de temps. Le choix s'est porté, pour l'application au débitmètre, sur une sonde au platine dont le coefficient de variation de la résistance électrique en fonction de la température est positif, constant et égal à 0,385%/°C. Pour l'application considérée et afin de satisfaire aux exigences susmentionnées, le choix s'est porté sur une sonde de faibles dimensions constituée par une couche mince déposée sur un support et non recouverte par une enveloppe de protection en céramique, verre ou métal. De telles sondes sont disponibles dans le commerce. Il s'agit par exemple de sondes Degussa, type F 2101, Minco, type S260 PD, Heraeus, type 1 Pt 100 FKG 1030.6 ou Jumo type PC 1.32 10.1. Les dimensions de cette sonde sont, à titre d'exemple, 10 x 3 x 1 (mm, L x l x e) et la constante de temps est de l'ordre de 0,3 s dans l'eau à 0,2 m/s.

Le schéma-bloc de la fig 2, illustrant l'application du procédé à un compteur de chaleur, comporte deux sondes S₁ et S₂ disposées respectivement dans le conduit d'entrée et dans celui de sortie d'un circuit de chauffage central. La sonde S₁ ne mesure que la température d'entrée du fluide, et est reliée à cet effet à une source de courant de mesure SC₁ de 5mA qui engendre un échauffement inférieur à 0,05°C en eau calme. Un amplificateur différentiel AD₁ amplifie le signal de mesure et le transmet à un multiplexeur MPL.

La sonde S₂ mesure la température de sortie du fluide et le temps de refroidissement entre la sonde chauffée à une tem-

pérature supérieure à celle du fluide et refroidie à une seconde température plus proche de celle du fluide par échange thermique avec celui-ci. Cette sonde S₂ qui comporte deux capteurs distincts est reliée à deux sources de courant, l'une SC₂ de 5 mA et l'autre SC₃ de 5 ou de 150 mA. Ces deux sources SC₂, SC₃ sont connectées à deux amplificateurs différentiels AD₂ respectivement AD₃, le second de ces amplificateurs ayant un gain de 30 si la source est de 5 mA ou de 1 si la source est de 150 mA, de sorte que le gain résultant est constant. La source SC₃ et l'amplificateur différentiel AD₃ sont encore reliés à un microprocesseur MP. Les deux amplificateurs différentiels AD₂, AD₃ sont connectés à un autre amplificateur différentiel AD₄, connecté au multiplexeur MPL de même que la sortie de l'amplificateur différentiel AD₂. La sortie du multiplexeur est connectée au microprocesseur MP

et à un convertisseur analogique-digital de 10 bits ADC, également connecté au microprocesseur MP dont les sorties vont vers un affichage D et une commande de contrôle CC. L'ensemble du circuit est alimenté par une alimentation générale AL.

Le schéma-bloc illustré par la figure 3 est une variante du précédent dans lequel la sonde S₂ ne comporte qu'un seul capteur et n'est de ce fait alimentée que par la source de courant SC₃, la source de courant SC₂ et l'amplificateur différentiel AD₂ étant supprimés. Une mémoire analogique remplaçant le second capteur et gardant la valeur du capteur caractéristique de la température du fluide est reliée d'une part au microprocesseur MP, d'autre part à l'amplificateur différentiel AD₄ et au multiplexeur MPL. Le reste du circuit est semblable à celui de la fig. 2.

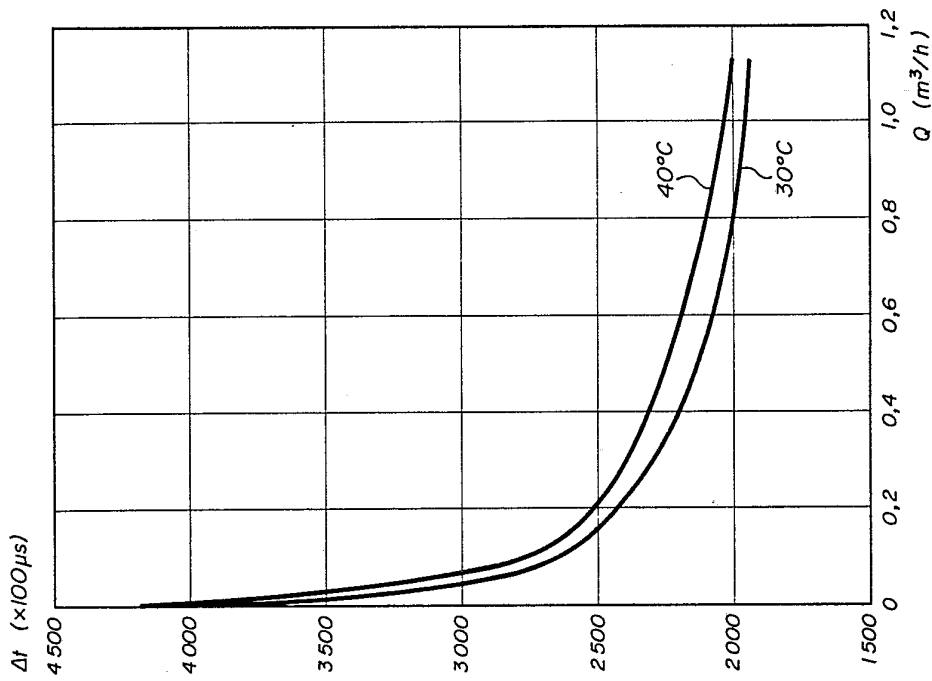


FIG. 1

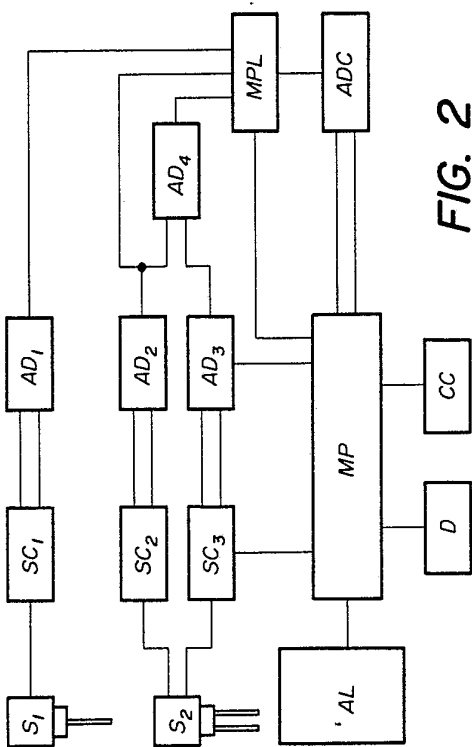


FIG. 2

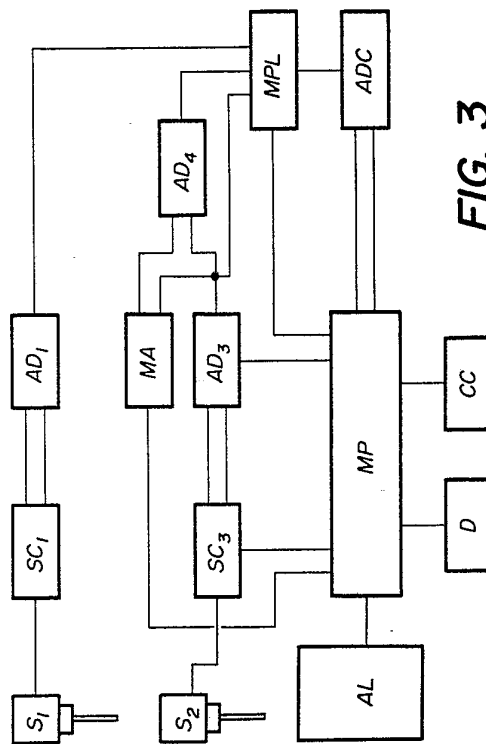


FIG. 3