

BREVET D'INVENTION

P.V. n° 979.385

N° 1.407.768

Classification internationale :

G 01 f

Procédé et dispositif pour la mesure du débit-masse des gaz.



Société dite : ROCHAR ÉLECTRONIQUE résidant en France (Seine).

Demandé le 24 juin 1964, à 11^h 55^m, à Paris.

Délivré par arrêté du 28 juin 1965.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 32 de 1965.)

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

L'invention se rapporte à un procédé et à un dispositif pour la mesure du débit-masse des gaz, et plus précisément à un procédé et à un dispositif pour la mesure du débit-masse des hydrocarbures gazeux.

Pour mesurer l'écoulement des fluides, il est connu d'utiliser des organes déprimogènes (diaphragmes, venturis, tuyères...) auxquels on associe un manomètre différentiel. Ces dispositifs délivrent une grandeur ΔP qui est fonction du carré de la vitesse d'écoulement volumétrique des fluides.

Lorsque l'on mesure le débit de fluides incompressibles, la relation qui existe entre la grandeur de sortie ΔP du manomètre différentiel et le débit massique D_m du fluide est $D_m = C_1 \sqrt{\rho \Delta P}$, ρ étant la densité du fluide et C_1 une constante de l'instrument.

Dans le cas des fluides compressibles, cette équation doit être corrigée pour tenir compte de la détente du gaz dans le capteur. D'une manière générale, on peut écrire à nouveau $D_m = C_2 \sqrt{\rho_a \Delta P}$, la grandeur que l'on appellera « densité apparente ρ_a » étant égale à $k \cdot P/T \cdot z$, avec P la pression et T la température absolue du gaz à l'entrée du capteur, k une constante spécifique du gaz et z un coefficient déterminé expérimentalement et qui est le coefficient de surcompressibilité adiabatique du gaz. Le coefficient z dépend de la nature, de la pression et de la température du gaz; il tend vers une valeur voisine de 1 lorsque la pression tend vers zéro.

Des mesures systématiques effectuées sur de nombreux gaz ont permis d'établir des abaques donnant z en fonction de la pression et de la température.

C'est ainsi que, pour quatre gaz usuels, les valeurs de z sont définies par les tableaux suivants (avec P en kg/cm^2 et t en degrés centisimaux).

t	Air			Oxyde de carbone		
	P 10	P 30	P 50	P 10	P 30	P 50
0	1,0048	1,0145	1,0224	1,0073	1,0168	1,0224
25	1,0027	1,0067	1,0085	1,0038	1,0107	1,0155
50	1,0010	1,0018	1,0013	1,0009	1,0015	1,0005

t	Méthane			Gaz d'Hassi R'Mel		
	P 10	P 30	P 50	P 30	P 50	P 70
0	1,022	1,076	1,130	0,901	0,840	0,779
25	1,016	1,050	1,084	0,928	0,885	0,842
50	1,013	1,037	1,063	0,947	0,914	0,832

L'étude graphique des variations de z en fonction de P et t fait immédiatement apparaître que, pour l'air et l'oxyde de carbone, et d'une manière

générale pour la plupart des gaz, la loi de variation de z ne répond à aucune équation simple. Par contre, pour les deux hydrocarbures gazeux présentés, la loi de variation peut, dans les deux cas et avec une très bonne approximation, se mettre sous la forme $z = z_0 + P.y(T)$ avec z_0 très sensiblement égal à 0,995. Dans les deux cas, la loi $y(T)$ est monotone bien que croissante pour le méthane et décroissante pour le gaz d'Hassi R'Mel, à cause sans doute des impuretés que celui-ci contient. En outre, dans la plage usuelle $0 < t < 50^\circ$, la loi $y(T)$ se traduit par de faibles variations d'amplitude (de 1 à 3 environ).

L'objet de l'invention est de réaliser un dispositif pour la mesure du débit-masse des hydrocarbures gazeux qui mettent à profit la loi simple ci-dessus, mise en évidence par la société demanderesse.

L'objet de l'invention concerne en outre la façon d'utiliser automatiquement le paramètre densité apparente ρ_a défini ci-dessus, de manière à réaliser un débitmètre de masse dont les indications soient précises et immédiatement utilisables, ceci quelles que soient les valeurs de la pression et de la température de l'hydrocarbure gazeux en écoulement.

On a vu ci-dessus que la densité apparente a pour expression $\rho_a = k.P/T.z$. Si on appelle W l'inverse de ρ_a on a :

$$W = Tz/kP = Tz_0/kP + T.y(T)/k = k_0.T/P + Y(T)$$

avec

$$k_0 = z_0/k \text{ et } Y(T) = T.y(T)/k.$$

On voit donc que W est la somme d'un premier terme k_0T/P , quotient des deux grandeurs analogues T et P et d'un second terme $Y(T)$, une fonction non-linéaire de T , mais monotone et à faible amplitude de variations.

Selon l'invention, un procédé pour la mesure du débit-masse des hydrocarbures gazeux au moyen d'un capteur déprimogène délivrant une grandeur ΔP est caractérisé en ce que, d'une part, on calcule une grandeur W , inverse de la densité apparente du gaz et que, pour ce faire, on mesure la température absolue T et la pression P du gaz, puis on effectue le quotient T/P cependant que l'on engendre une fonction $Y(T)$ égale au produit de la température T et d'une fonction non-linéaire $y(T)$ relevée expérimentalement et définissant la loi des variations du coefficient z de surcompressibilité adiabatique des hydrocarbures gazeux suivant l'équation $z = z_0 + P.y(T)$, ladite grandeur W étant ensuite obtenue par l'addition du quotient T/P et de la fonction $Y(T)$ et en ce que, d'autre part, on effectue le quotient des grandeurs ΔP et W et que l'on calcule la racine carrée dudit quotient.

Grâce à ce procédé, on peut réaliser un dispo-

sitif de mesure du débit massique des hydrocarbures gazeux dont la constitution s'apparente de très près à celle des dispositifs utilisés pour la mesure du débit massique des liquides au moyen d'organes déprimogènes. En outre, un tel dispositif qui résoud complètement les équations déterminant le débit-masse D_m à partir de ΔP , T et P délivre une grandeur de sortie immédiatement utilisable.

Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront d'ailleurs d'une manière plus précise à la suite de la description d'une forme de réalisation particulière de l'invention. A titre d'exemple non limitatif, la figure annexée représente le schéma d'un dispositif mettant en œuvre le procédé selon l'invention.

Selon la figure 10, est un organe déprimogène du type Venturi comportant un convergent 12, un étranglement 14 et un divergent 16. A l'intérieur circule un hydrocarbure gazeux d'un type déterminé dont on veut mesurer le débit-masse. Deux prises de pression 18 et 20 respectivement placées dans l'étranglement 14 et en amont du convergent 12 sont connectées par des conduits 22 et 24 à l'entrée d'un manomètre différentiel 26, de type connu, adapté à délivrer sur sa sortie 28 un signal électrique d'amplitude proportionnelle à la différence ΔP des pressions qui lui sont appliquées par les conduits 22 et 24. Au proche voisinage de la prise de pression 20 est pratiquée une seconde prise de pression 30 reliée par un conduit 32 à un manomètre absolu 34, du type à soufflet par exemple, adapté à déplacer, d'une manière proportionnelle à la pression P qui lui est appliquée par le conduit 32, le curseur 36 d'un potentiomètre linéaire 38.

Dans le convergent 12 est également placée une sonde thermométrique 40 associée à un thermomètre électrique 42 adapté à délivrer un signal électrique dont l'amplitude est proportionnelle à la température absolue T du gaz dans le convergent 12. La sortie du thermomètre électrique 42 est connectée à la borne d'entrée 39 du potentiomètre 38 montée en résistance variable, la valeur R de ladite résistance étant directement proportionnelle à P . La borne de sortie du potentiomètre 38 est connectée à l'entrée 43 d'un amplificateur à courant continu 44 à très grand gain.

Entre la sortie 45 et l'entrée 43 dudit amplificateur 44, une contre-réaction est établie au moyen de la résistance 46 de valeur connue R_0 .

La sortie du thermomètre 42 est en outre appliquée à l'entrée d'un générateur de fonction non-linéaire 48 élaborant la fonction $Y(T)$ définie ci-dessus. Les sorties des circuits 44 et 48 sont appliquées à un réseau d'addition 50.

Le circuit suivant est un extracteur de racine carrée du type décrit dans le brevet français n° 1.332.568 pour un « dispositif de calcul analogique

et débit-mètre en faisant application », déposé le 4 avril 1962 par la société demanderesse.

La sortie 28 du manomètre différentiel 26 est appliquée à l'entrée d'un amplificateur intégrateur 52 suivi d'un convertisseur tension-fréquence 54, la sortie 56 dudit convertisseur 54 étant appliquée à l'entrée d'un multivibrateur monostable 58, possédant une électrode de commande linéaire de durée 60. L'électrode 60 est reliée à la sortie du réseau d'addition 50. La sortie du multivibrateur 58 est appliquée à 62, un réseau intégrateur RC, de constante de temps convenable.

La sortie 56 du convertisseur 54 est également appliquée à un autre multivibrateur monostable 64 semblable à 58 dont l'électrode de commande linéaire de durée 66 est reliée à la sortie du réseau 62. La sortie du multivibrateur 64 est appliquée à l'entrée d'un second réseau intégrateur 68 identique à 62. A la sortie du réseau 68 apparaît un signal en opposition de phase avec le signal présent à la sortie 28 du manomètre 26, lesdites sorties étant toutes deux connectées à l'entrée de l'amplificateur 52.

La sortie du convertisseur 54 est en outre appliquée à l'entrée d'un fréquencemètre numérique 70 et d'un compteur d'impulsions 72.

On a vu ci-dessus que la fonction W , inverse de la densité apparente ρa , est donnée par l'équation $W = k_0 T/P + Y(T)$. Le terme $k_0 T/P$ est calculé en permanence par l'ensemble 38, 44, 46. En effet, à la sortie 45 de l'amplificateur à contre-réaction 44 apparaît une grandeur dont l'amplitude est, d'une part, proportionnelle à l'amplitude du signal T appliqué sur la borne 39 par le thermomètre 42 et à la valeur R_0 de la résistance de contre-réaction 46, et, d'autre part, inversement proportionnelle à la valeur de la résistance R du potentiomètre 38 monté en rhéostat, cette valeur R étant directement proportionnelle à la pression P mesurée par la manomètre 34. Le générateur de fonction non-linéaire 48 élabore $Y(T)$. Sur l'électrode 60, connectée à la sortie du réseau d'addition 50, on a donc une tension W .

Le convertisseur tension-fréquence 54 délivre sur sa sortie 56 un signal de fréquence F . Le multivibrateur monostable 58 placé à la sortie de 54 fournit des impulsions d'amplitude constante, dont la fréquence est égale à F , et dont la largeur est proportionnelle à W . On dispose donc à la sortie du réseau intégrateur 62, d'un signal électrique dont l'amplitude est proportionnelle à FW . Comme le signal de fréquence F est également appliqué à l'entrée du multivibrateur monostable 64, à la sortie du réseau intégrateur 68, un signal X apparaît qui égale $F^2.W$.

Du fait de la boucle de contre-réaction, l'amplitude du signal de sortie du manomètre différentiel 26 est $\Delta P = X$. On a donc $\Delta P = F^2.W$. Dans ces conditions, la fréquence des impulsions délivrée

en 56 par le convertisseur de tension 54 est $F = \sqrt{\Delta P/W}$. Un choix judicieux des caractéristiques de chacun des circuits permet de déterminer la plage de variations de F . Cette fréquence F est proportionnelle au débit massique de l'hydrocarbure gazeux en écoulement dans l'organe déprimogène 10. Le fréquencemètre 70 indique la valeur instantanée de ce débit, cependant que le compteur d'impulsions 72 affiche le poids total des hydrocarbures écoulés.

L'invention n'est pas bien entendu limitée à la forme de réalisation décrite ci-dessus mais, au contraire, peut faire l'objet de diverses variantes.

C'est ainsi que le Venturi 10 peut être remplacé par tout autre type d'organe déprimogène, diaphragme ou tuyère par exemple.

Quant à la nature du générateur de fonction 48, ce sera de préférence, du fait de la monotonie et des faibles variations de la fonction $Y(T)$, un générateur à points anguleux comportant trois ou quatre segments de pente différente.

On n'a pas précisé la nature du convertisseur tension-fréquence 54, ce pourra être par exemple un oscillateur bloqué. D'autre part, les multivibrateurs monostables 58 et 64 pourront être remplacés par tout autre circuit de calibrage d'impulsions. C'est ainsi que, dans le cas où les impulsions fournies par le convertisseur 54 ont une durée constante, on pourra utiliser un modulateur d'amplitude.

RÉSUMÉ

1. Procédé pour la mesure du débit-masse des hydrocarbures gazeux au moyen d'un capteur déprimogène délivrant une grandeur ΔP caractérisé en ce que, d'une part, on calcule une grandeur W , inverse de la densité apparente du gaz, et que, pour ce faire, on mesure la température absolue T et la pression P du gaz puis on effectue le quotient T/P cependant que l'on engendre une fonction $Y(T)$ égale au produit de la température T et d'une fonction non-linéaire $y(T)$ relevée expérimentalement et définissant la loi des variations du coefficient z de surcompressibilité adiabatique de l'hydrocarbure gazeux en écoulement suivant l'équation $z = z_0 + P.y(T)$, ladite grandeur W étant ensuite obtenue par l'addition du quotient T/P et de la fonction $Y(T)$ et en ce que, d'autre part, on effectue le quotient des grandeurs ΔP et W et que l'on calcule la racine carrée dudit quotient.

2. Un dispositif pour la mesure de l'écoulement massique des hydrocarbures gazeux selon le procédé défini ci-dessus, est caractérisé par les points suivants pris séparément ou en combinaisons :

a. Une sonde thermométrique est placée en contact avec le gaz et est adaptée à fournir un signal électrique d'amplitude proportionnelle à la température absolue T dudit gaz;

b. Une sonde de pression est placée en amont de l'organe déprimogène et est adaptée à déplacer proportionnellement à la pression P du gaz, le curseur d'un potentiomètre linéaire;

c. Le potentiomètre de mesure de pression étant monté en résistance variable, une de ses bornes est connectée à la sortie de la sonde thermométrique cependant que l'autre borne est reliée à l'entrée d'un amplificateur fonctionnel dont la sortie est réunie à ladite entrée par une résistance de contre-réaction, de manière à constituer un quotientmètre qui élabore la grandeur analogique T/P ;

d. La sortie de la sonde thermométrique est appliquée à l'entrée d'un générateur de fonction $Y(T)$ de préférence du type à points anguleux, ladite fonction étant définie par $Y(T) = T.y(T)$, avec $y(T)$ définie par la relation qui exprime les valeurs réelles du coefficient z de surcompressibilité adiabatique de l'hydrocarbure gazeux en écoulement : $z = z_0 + P.y(T)$;

e. Les sorties du quotientmètre élaborant T/P et du générateur fournissant $Y(T)$ sont reliées à un circuit d'addition;

f. Le circuit de calcul de la racine carrée de $\Delta P/W$ comprend une boucle de contre-réaction formée par un amplificateur fonctionnel à l'entrée duquel est connectée la sortie du manomètre différentiel associée au capteur déprimogène, ledit amplificateur étant suivi d'un convertisseur tension-fréquence dont la sortie est appliquée d'une part à un appareil de mesure de fréquence indiquant le débit-masse recherché et d'autre part, à l'entrée de deux circuits de calibrage d'impulsions possédant des électrodes de commande linéaire de calibrage, l'électrode de commande du premier circuit de calibrage est reliée à la sortie du circuit d'addition élaborant la grandeur W cependant que l'électrode de commande du second circuit de calibrage est reliée à la sortie d'un réseau intégrateur placé à la suite dudit premier circuit de calibrage et qu'un réseau intégrateur relie la sortie dudit second circuit de calibrage à l'entrée dudit amplificateur fonctionnel.

Société dite : ROCHAR ÉLECTRONIQUE

Par procuration :

A. CHARMEL

