RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 459 459**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) N° **79 15442**

(54) **Perfectionnements aux procédés et dispositifs de jaugeage à capacité pour réservoir de combustible.**

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). **G 01 F 23/26; B 64 D 47/00.**

(22) Date de dépôt..... 15 juin 1979, à 15 h 50 mn.
(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 2 du 9-1-1981.

(71) Déposant : INTERTECHNIQUE, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de :

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

2459459

La présente invention concerne le jaugeage du combustible contenu dans un réservoir par utilisation de la variation de capacité d'un condensateur qui plonge d'une profondeur variable dans le liquide suivant le niveau de celui-ci.

A l'heure actuelle, les jaugeurs à capacité sont pratiquement les seuls utilisés dans le domaine aéronautique : ils comportent un condensateur dont les deux armatures plongent dans le combustible sur une profondeur variable suivant le niveau du combustible. En donnant à ces armatures une forme choisie en tenant compte de celle du réservoir ou en appliquant si nécessaire des corrections, on obtient une information représentative de la quantité de combustible.

La capacité du condensateur est une fonction directe de la hauteur immergée, mais elle est également fonction de la constante diélectrique $\underline{k}$ du combustible. Celle-ci n'est pas invariable. Elle dépend notamment de la densité ou de la masse spécifique du combustible, de sorte qu'on obtient une indication de masse, ce qui est d'ailleurs un élément favorable étant donné que c'est la masse qui reflète la capacité énergétique du combustible et qui permet de calculer le poids et le centrage de l'avion.

Lorsqu'on cherche à atteindre une précision élevée, on se heurte à une difficulté : si, pour un combustible donné, la loi de variation de la constante diélectrique $\underline{k}$ en fonction de la densité $\underline{d}$ est sensiblement linéaire, la courbe représentative change légèrement lorsqu'on passe d'une qualité de combustible à une autre. Jusqu'ici, on a utilisé pour le calibrage une loi moyenne, déterminée expérimentalement à partir des mesures de caractéristiques des combustibles usuels et, pour obtenir la loi la mieux approchée, on effectue le jaugeage en utilisant un terme de correction basé sur une mesure de $\underline{k}$ réalisée par un condensateur toujours immergé, fournissant donc un signal qui varie uniquement avec la constante diélectrique.

Un tel jaugeur, dit compensé, permet d'obtenir une courbe de réponse représentant bien la moyenne entre les différents combustibles mais il ne permet pas d'éliminer l'erreur résiduelle due aux dispersions des caractéristiques des divers combustibles. L'ordre de grandeur de l'erreur résiduelle est de l'ordre de $\pm$ 1%.

On a déjà essayé d'écarter cette erreur résiduelle, notamment en réalisant un jaugeur dit "à masse vraie" effectuant

à tout instant une mesure directe de la densité du combustible mais cette solution conduit à un processus de mesure complexe, car il faut :

- élaborer, à l'aide d'une jauge classique, un signal fonction du volume v et de la constante diélectrique k,
- mesurer k par un condensateur immergé totalement dans le combustible,
- calculer v en faisant le rapport des deux signaux précédents,
- mesurer la densité d à l'aide d'un densimètre,
- calculer la masse vraie v x d.

Non seulement un tel jaugeur est complexe, donc sujet à pannes et défauts, mais encore il est peu satisfaisant du fait de son principe même. En effet, le condensateur immergé en totalité fournit un signal qui est utilisé au premier ordre dans le calcul, de sorte que toute erreur de mesure se répercute directement sur le résultat. De plus, ce condensateur est localisé à un emplacement défini du réservoir et ne mesure que la valeur de la constante k à cet endroit, alors que la mesure de v x k s'effectue au moyen d'un jauge occupant toute la hauteur du réservoir (ou même souvent de plusieurs jauges, un circuit annexé faisant la moyenne) ce qui conduit à un résultat correspondant à une valeur k moyenne, susceptible d'être fortement différente de celle mesurée à l'emplacement déterminé de mesure de k si le réservoir est grand et si la température n'est pas homogène.

Il en est de même en ce qui concerne la mesure de densité.

La présente invention vise à fournir un procédé et un dispositif permettant d'accroître la précision, en effectuant un calcul de correction à partir de mesures complémentaires. Etant donné que ces mesures complémentaires ne jouent qu'au second ordre, toute imprécision sur elles ne peut provoquer une erreur importante sur les résultats de la mesure globale de masse.

L'invention utilise pour cela le fait que les courbes pour deux combustibles différents se déduisent généralement l'une de l'autre par une simple translation, le rapport de proportionnalité entre variations de k et variations de d restant le même.

Suivant un procédé qui constitue un premier aspect de

l'invention, on élabore un signal électrique représentatif de la capacité d'un condensateur dont les électrodes plongent dans le combustible sur une profondeur variable suivant la hauteur de celui-ci dans le réservoir, et on en déduit un signal représentatif de la masse du combustible par correction à partir d'une évaluation du rapport $\frac{k}{d}$ déterminée par mesures de k et d effectuées sur une même fraction de combustible.

Comme k et d sont mesurées sur une même fraction du combustible et que cette mesure n'a pour but que de définir un seul point de la courbe de variation k(d), les hétérogénéités de température dans le réservoir n'introduisent pas d'erreur.

Un jaugeur de capacité suivant un autre aspect de l'invention comprend un condensateur plongeant dans le réservoir et monté dans un pont capacitif dont le signal de sortie fournit une indication de la masse de combustible dans le réservoir et il se caractérise en ce qu'il comprend de plus un densimètre et un appareil de mesure de constante diélectrique k associés de façon à former un signal représentatif du rapport $\frac{k}{d}$ de la constante diélectrique à la densité pour une même fraction de combustible, ainsi qu'un dispositif pour appliquer, à l'indication fournie par le pont, une correction tenant compte de l'écart entre la valeur mesurée de $\frac{k}{d}$ et une valeur déterminée. Cette valeur déterminée sera avantageusement une valeur moyenne pour les combustibles habituels.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de dispositifs de jaugeage suivant l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma de principe d'un premier dispositif ;
- la figure 1a est un schéma montrant un fragment d'une variante de la figure 1 ;
- la figure 2 est une courbe montrant l'allure de la variation de la constante diélectrique k en fonction de la densité d d'un combustible lorsque celle-ci varie, par exemple p suite d'une modification de température ;
- les figures 3 et 4 sont des schémas synoptiques d'un circuit d'élaboration de la correction dans l'état qu'il présente lors du remplissage (figure 3) et lors de la consommation de combustible (figure 4) ;

- la figure 5 est un schéma d'un densimètre utilisable dans le circuit des figures 3 et 4 ;

- la figure 6, similaire à la figure 1, montre un autre mode de réalisation.

Avant de décrire l'invention, on rappellera la constitution générale des dispositifs de jaugeage à capacité.

Le dispositif de jaugeage dont la constitution de principe est montrée en figure 1 comporte un pont de capacités alimenté en courant alternatif, généralement à 400 Hz sur avions, par un transformateur dont seul le secondaire 10 est représenté. L'une des branches du pont comporte le condensateur de mesure 11 plongé dans le réservoir 12 et un condensateur 13 dont la valeur est telle qu'il équilibre la capacité du condensateur de mesure 11 lorsque celui-ci est entièrement dans l'air. L'autre branche comprend un second condensateur 14 et un potentiomètre de rééquilibrage 15 alimenté en courant alternatif à partir de la même source que le pont. Un condensateur de correction 16, de faible capacité, placé dans le réservoir de façon à être en permanence plongé dans le combustible, est généralement monté en parallèle avec le condensateur 14.

Le dispositif montré en figure 1 est à rééquilibrage par servo-mécanisme. Pour cela, il comporte un amplificateur 17 qui reçoit la tension de déséquilibre et commande un moteur 18 couplé au potentiomètre 15. Le moteur 18 commande également un dispositif d'affichage, constitué par exemple par l'aiguille d'un indicateur.

Dans une variante de réalisation, montrée en figure 1a, le pont est rééquilibré par la tension alternative fournie par l'amplificateur 20 de gain très élevé. La tension de sortie de l'amplificateur 20 est appliquée, d'une part, au condensateur 14, d'autre part, à un appareil indicateur 21.

Pour un combustible donné, la loi de variation de la constante diélectrique k en fonction de la densité d est sensiblement linéaire, comme indiqué sur la figure 2. Dans les dispositifs de jaugeage actuels, le calibrage est effectué de façon à correspondre à une courbe 22 représentative des caractéristiques moyennes du combustible.

La présente invention permet de tenir compte de façon simple des écarts qui existent entre la courbe moyenne 22 et la courbe représentative des caractéristiques du combustible parti-

culier dont on emplit le réservoir. Elle est basée sur le fait que, pour chacun de ces combustibles, on aura une courbe particulière 23 sensiblement parallèle à la courbe 22 et que l'on peut définir, à partir de la courbe 22, par l'un quelconque de ses points, par exemple 24. En d'autres termes, il suffit d'une seule mesure de $\underline{k}$ et de $\underline{d}$, effectuée sur un même échantillon du combustible, pour définir l'ensemble de la courbe 23 ou, plus exactement, la correction faible à apporter pour passer de la courbe moyenne de calibrage 22 à la courbe 23. Cette correction peut s'effectuer par multiplication par un facteur $1+\alpha$ où α est toujours très faible par rapport à 1.

Dans le mode de réalisation montré en figure 1, cette correction peut être apportée en appliquant, à l'entrée 26 d'un circuit 25 de réglage de tension interposé entre la source et le potentiomètre 15, un signal représentatif de $1+\alpha$.

Dans le mode de réalisation de la figure 2, le signal représentatif de $1+\alpha$ peut être appliqué sur l'entrée de commande 27 d'un amplificateur programmable 28 interposé entre la sortie de l'amplificateur 20 et l'appareil indicateur 21.

L'invention est susceptible de très nombreux modes de réalisation pratiques, utilisant soit des circuits analogiques, soit des circuits numériques. Seuls quelques uns seront maintenant décrits à titre d'exemples.

On notera tout d'abord que, dans un avion où le nombre de réservoirs est faible, on peut déterminer le coefficient de correction $1+\alpha$ pour chaque réservoir, ce qui implique une mesure de $\frac{\underline{k}}{\underline{d}}$ par réservoir. Cette solution a l'avantage de prendre directement en considération les différences de composition du combustible dans les différents réservoirs, mais elle a l'inconvénient de devenir très complexe sur un avion comportant un grand nombre de réservoirs.

Dans ce cas, il est plus avantageux d'utiliser un circuit unique fournissant une valeur moyenne des coefficients de correction $1+\alpha$ à partir de mesures effectuées sur la conduite de remplissage des réservoirs et d'indications mémorisées sur la quantité résiduelle de combustible dans les réservoirs avant remplissage et les caractéristiques de ce dernier.

Le circuit peut avoir alors la constitution montrée en figures 3 et 4. Sur la figure 3, on a indiqué les connexions entre composants lors du remplissage et, sur la figure 4, les

connexions en vol, la commutation des unes aux autres s'effectuant de façon classique par des organes interrupteurs non représentés.

Le circuit montré en figures 3 et 4 comporte un capteur 29 de constante diélectrique et un capteur 30 de densité, associés à des circuits respectifs 31 et 32 fournissant sur leur sortie des signaux électriques représentatifs de $\underline{k}$ et $\underline{d}$. Ces capteurs 29 et 30 doivent être placés de façon à être soumis à un même échantillon de combustible. Ils sont avantageusement disposés sur la conduite d'amenée. Au passage, il faut remarquer que la mesure peut être très précise, étant donné qu'elle se fait sur une installation immobile. Le capteur 29 peut être constitué par un simple condensateur immergé totalement dans le combustible admis au réservoir. Le capteur 30 et le circuit 32 peuvent être de type classique. Ils peuvent notamment comporter un capteur à transformateur différentiel. Ce capteur est constitué essentiellement par un enroulement 35 relié à un circuit classique et un cadre portant des crémaillères et un noyau magnétique central déplaçable verticalement dans les enroulements 35. Les crémaillères du cadre sont engrenées par des pignons solidaires de masselottes respectives 36 plongées dans le combustible.

Il faut noter au passage que les capteurs, n'étant pas embarqués, peuvent sans inconvénient avoir des dimensions et un poids importants et donc fournir une précision élevée.

Les circuits 31 et 32 fournissent des signaux représentatifs de $\underline{k}$ et de $\underline{d}$ à un circuit de calcul 37. Ce circuit peut être analogique ou, mieux, être numérique, ce qui implique qu'il comporte des convertisseurs A/N d'entrée. Il reçoit également un signal représentatif de la quantité de combustible restante au début du remplissage, d'une mémoire 38, et un signal représentatif du $\frac{\underline{k}}{\underline{d}}$ de cette quantité, d'une mémoire 39. Enfin, un circuit 40 permet, à l'issue du remplissage, de fournir au circuit 37 une indication de la quantité de combustible introduite, par différence entre la quantité totale contenue dans les réservoirs, représentée par un signal provenant des jaugeurs et appliqué sur une entrée 41, et la quantité restante avant remplissage, représentée par un signal fourni par la mémoire 38.

Enfin, le circuit de calcul 37 fournit, à une mémoire 42, à l'issue du remplissage, une information représentative de

la valeur moyenne de $\frac{k}{d}$ pour le combustible contenu dans les réservoirs à la fin de l'opération.

Le fonctionnement du dispositif est alors le suivant.

Avant remplissage, les mémoires 38 et 39 contiennent respectivement des indications représentatives de la quantité de combustible restant dans l'avion et de $\frac{k}{d}$ moyen précédemment calculé pour ce combustible.

Au cours du remplissage, on mesure simultanément k et d et, connaissant la quantité introduite (par différence entre le total fourni par le jaugeur et la quantité avant remplissage fournie par la mémoire 38), on détermine le $\frac{k}{d}$ moyen pour l'ensemble du combustible de l'avion. Cette valeur moyenne est introduite en mémoire 42 et elle est utilisée pour corriger les données fournies par tous les jaugeurs de l'avion.

Lors du vol (figure 4), la mémoire 42 maintient appliquée la valeur moyenne de $\frac{k}{d}$ au jaugeur (sortie 43) et substitue la nouvelle valeur de $\frac{k}{d}$ à l'ancienne dans la mémoire 39. La quantité de combustible mémorisée en 38 se modifie au fur et à mesure de la consommation et la mémoire est tenue à jour par l'indication en provenance des jaugeurs. Ainsi, à l'issue du vol et avant nouveau remplissage, les données nécessaires à la nouvelle correction se trouvent disponibles.

Sur certains avions, on trouve des réservoirs qui sont rarement vidés (par exemple des réservoirs de bout d'aile utilisés pour le centrage arrière). La valeur de $\frac{k}{d}$ pour le combustible qui y est contenu peut donc être différente de la valeur moyenne. On peut dans ce cas prévoir un circuit distinct affecté à ces seuls réservoirs rarement vidés.

Les fonctions de mémorisation et de calcul affectées aux circuits des figures 3 et 4 peuvent évidemment être assurées par une installation centrale de calcul, éventuellement à microprocesseur, réalisant d'autres opérations et notamment une correction en fonction de l'assiette de l'avion et un calcul de centrage.

Comme indiqué plus haut, l'invention peut s'appliquer à des dispositifs de jaugeage capacitif de natures très diverses. Dans le dispositif montré schématiquement en figure 6, à titre d'exemple supplémentaire, on retrouve des composants correspondant à ceux de la figure 1, qui sont désignés par le même numéro de référence. Le condensateur 11 est celui qui plonge dans le

combustible sur une hauteur variable. Le condensateur 14 est un condensateur de référence auquel le circuit compare la capacité du condensateur 11. Le condensateur 13 a un rôle de compensation. Le condensateur 16 est en permanence plongé dans le combustible à mesurer. Enfin, on retrouve une branche de détection comportant un amplificateur 17 de tension de déséquilibre suivi par un amplificateur programmable 44 dont l'entrée de commande 45 reçoit un signal représentatif de $\frac{k}{d}$ et, enfin, un moteur de rééquilibrage 18 dont l'axe est couplé à l'organe indicateur et à l'axe du potentiomètre de rééquilibrage 15.

REVENDICATIONS

1. Procédé de jaugeage à capacité pour réservoir à combustible liquide, suivant lequel on élabore un signal électrique représentatif de la capacité d'un condensateur dont les électrodes plongent dans le combustible sur une profondeur variable suivant la hauteur de celui-ci dans le réservoir, et on en déduit un second signal représentatif de la masse du combustible,

caractérisé en ce qu'on applique audit second signal une correction à partir d'une évaluation du rapport de la constante diélectrique $\underline{k}$ à la densité $\underline{d}$ déterminé par mesures de $\underline{k}$ et $\underline{d}$ effectuées sur une même fraction du combustible.

2. Dispositif de jaugeage à capacité pour réservoir à combustible liquide, comprenant un condensateur plongeant dans le réservoir et monté dans un pont capacitif dont le signal de sortie fournit une indication de masse,

caractérisé en ce qu'il comprend, de plus, des organes de mémorisation de la densité $\underline{d}$ et de la constante diélectrique $\underline{k}$ destinés à conserver les valeurs de $\underline{k}$ et de $\underline{d}$ mesurées sur la même fraction de combustible, des moyens pour former un signal représentatif de la valeur de $\frac{\underline{k}}{\underline{d}}$ moyen pour l'ensemble du combustible contenu dans les réservoirs, à partir desdits moyens de mémorisation, et un dispositif pour appliquer à l'indication fournie par le pont une correction tenant compte de l'écart entre $\frac{\underline{k}}{\underline{d}}$ réel et une valeur déterminée de calibrage.

3. Dispositif de jaugeage suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le pont comporte un condensateur plongé en permanence dans le combustible et placé de façon à fournir une correction en fonction de la valeur réelle de $\underline{k}$.

4. Dispositif suivant la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de mémorisation de la quantité de combustible restant dans le réservoir et de la constante diélectrique moyenne de ce combustible, avant nouveau remplissage, des moyens de mémorisation de $\underline{k}$ et $\underline{d}$ pour le combustible ajouté en vue du remplissage, et des moyens de calcul de la valeur moyenne de $\frac{\underline{k}}{\underline{d}}$ pour l'ensemble du combustible contenu dans le réservoir après remplissage.

2459459

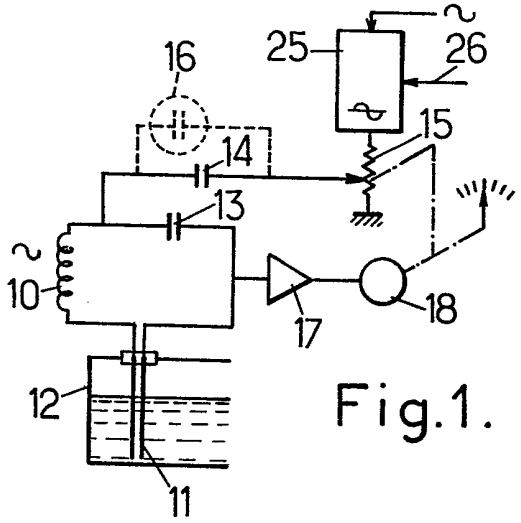

Fig.1.

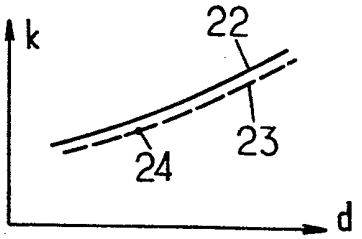

Fig.2.

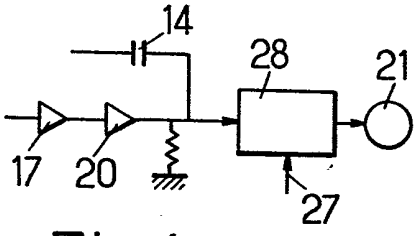

Fig.1a.

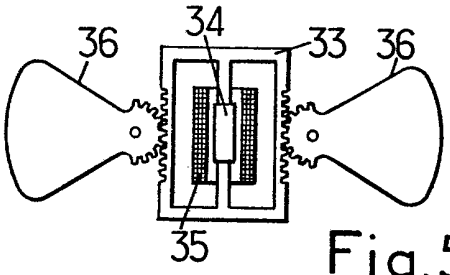

Fig.5.

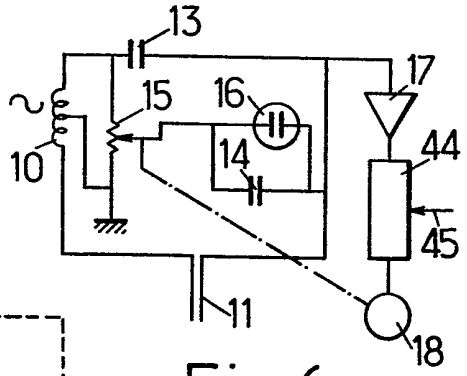

Fig.6.

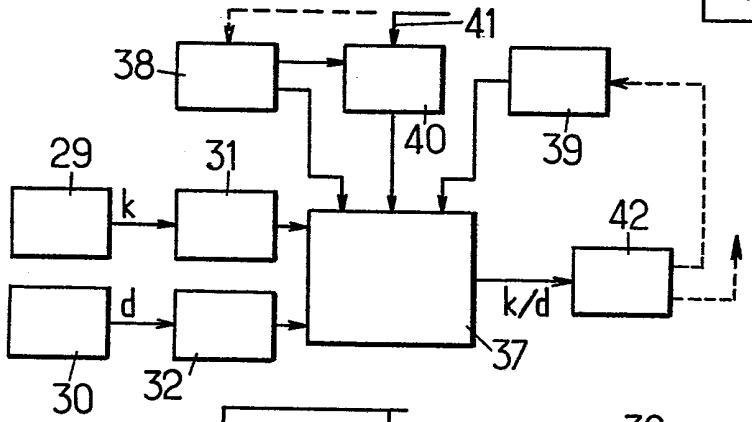

Fig.3.

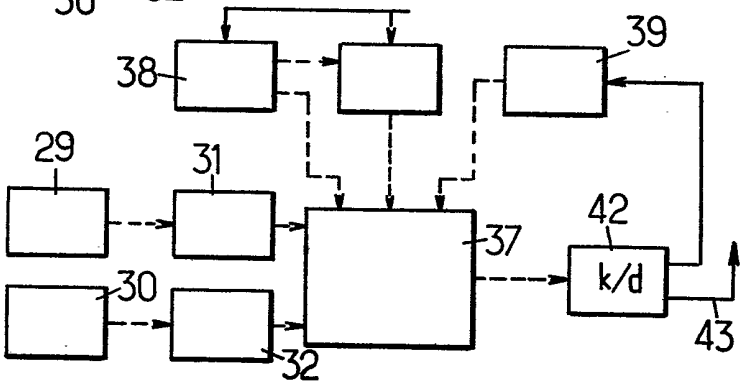

Fig.4.