

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 25 août 1983.

30 Priorité DE, 27 août 1982, n° P 32 31 995.9.

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPi « Brevets » n° 9 du 2 mars 1984.

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : ENDRESS U. HAUSER GMBH U. CO.,
société de droit allemand. — DE.

72 Inventeur(s) : Paulus Petrus Leonardus Regtien.

73 Titulaire(s) :

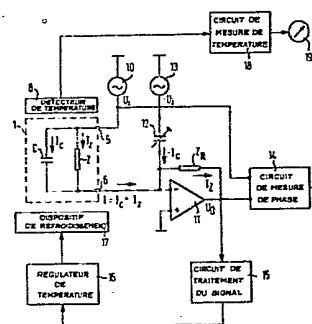
74 Mandataire(s) : André Bouju.

54 Procédé et dispositif pour la mesure de l'encrassement d'un détecteur capacitif de point de rosée.

57 Un dispositif de mesure de point de rosée comprend un détecteur capacitif 1 qui, au moyen d'un dispositif de refroidissement 17 est refroidi jusqu'à la température du point de rosée qui est mesurée par un détecteur de température 8.

Un circuit de mesure de phase 14 mesure l'angle de phase de l'impédance du détecteur capacitif 1. L'angle mesuré est utilisé comme mesure pour l'encrassement du détecteur de point de rosée 1.

Utilisation dans les détecteurs capacitifs de mesure du point de rosée.



PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA MESURE DE L'ENCRASSEMENT
D'UN DETECTEUR CAPACITIF DE POINT DE ROSEE

La présente invention concerne un procédé pour la mesure de l'encrassement d'un détecteur capacitif de point de rosée ainsi qu'un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Les détecteurs capacitifs de point de rosée sont
5 utilisés dans les dispositifs de mesure du point de rosée pour détecter l'apparition du dépôt de rosée sur la surface de condensation lorsque la température de rosée est atteinte. Leur fonctionnement est basé sur le fait que la capacité du détecteur change lors de la formation d'une
10 couche de rosée du fait de l'importante constante diélectrique de l'eau. Grâce à une régulation de température, il est possible de maintenir la capacité et de ce fait l'épaisseur de la couche de rosée à une valeur constante prédéterminée. La température de la surface de condensation
15 mesurée par un détecteur de température est alors la température du point de rosée.

La précision de mesure de tels détecteurs capacitifs de point de rosée décroît lorsque l'encrassement de la surface du détecteur augmente. Les causes en sont l'abaissement de la tension de vapeur et une constitution de
20 rosée non homogène. Pour cette raison la surface de condensation du détecteur de point de rosée doit être nettoyée de temps en temps. Etant donné toutefois qu'il est difficile de détecter le degré d'encrassement, il existe un danger
25 d'apparition de défaut de mesure croissant non perçu pendant une longue période ou si l'on procède trop souvent à une interruption non nécessaire en cas de nettoyage trop fréquent du détecteur de point de rosée.

Le but de l'invention est de fournir un procédé selon lequel l'encrassement peut être mesuré en continu à l'aide
30 d'un détecteur capacitif de point de rosée, sans perturber ou interrompre la mesure de celui-ci.

Selon la présente invention ce but est obtenu par le fait que l'on mesure l'angle de phase de l'impédance
35 du détecteur qui est engendré lors de la condensation et qu'on

l'utilise comme mesure pour l'encrassement.

L'invention est basée sur le principe que l'angle de phase de l'impédance du détecteur change en fonction du degré d'encrassement du détecteur de point de rosée. A l'état sec, l'impédance du détecteur de point de rosée est, indépendamment du degré d'encrassement, pratiquement une réactance purement capacitive, l'impédance du détecteur ayant un angle de phase $\phi = -90^\circ$. Si une couche d'eau se constitue sur le détecteur de point de rosée, l'angle de phase dépend de la conductibilité électrique de l'eau. Si l'eau est pure, l'angle de phase $\phi = -90^\circ$ reste pour l'essentiel à cette valeur. Ceci est le cas si le dépôt de rosée a lieu sur une surface de condensation absolument propre. Si par contre la surface de condensation est encrassée, les particules d'encrassement se dissolvent dans l'eau du dépôt de rosée, ce qui confère à l'eau une conductibilité électrique plus forte. L'angle de phase ϕ de l'impédance du détecteur décroît avec l'augmentation de la conductibilité.

La mesure de l'angle de phase de l'impédance du détecteur servant de mesure pour l'encrassement du détecteur de point de rosée produit un signal qui change de la même manière que le degré d'encrassement. La mesure peut être réalisée simultanément et en continu avec la mesure du point de rosée sans que cela n'affecte en aucune manière cette mesure du point de rosée. La mesure de l'encrassement est largement indépendante des autres valeurs d'influence, telles que la température du point de rosée, la température du gaz, l'espacement entre point de rosée et la vitesse de l'air.

D'autre part, on a constaté qu'en cas de fréquence de mesures pas trop élevées, l'angle de phase ϕ de l'impédance du détecteur est indépendant de la quantité d'eau, c'est-à-dire de l'épaisseur de la couche de condensation. L'influence de l'épaisseur de la couche de condensation n'est d'ailleurs pas gênante, même en cas de fréquence élevée,

car du fait de la régulation de température, il s'établit en général une épaisseur constante de la couche de condensation, ce qui permet d'obtenir un résultat net même pour les relations entre l'angle de phase et le degré d'encrassement.

5 Il a par contre été constaté que la valeur de l'impédance du détecteur constitue une mesure pour la quantité d'eau, et par conséquent pour l'épaisseur de la couche de condensation. Une mise en oeuvre avantageuse du
10 procédé selon l'invention consiste en une mesure de la valeur de l'impédance du détecteur en tant que mesure pour l'épaisseur de la couche de condensation.

Le dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention est caractérisé en ce que le détecteur capacitif
15 de point de rosée est branché entre une source de tension alternative et l'entrée d'un amplificateur opérationnel dans le circuit de recouplage duquel se trouve une impédance de référence et que la sortie de l'amplificateur opérationnel est reliée à l'entrée d'un circuit de mesure de phase qui
20 reçoit sur l'autre entrée un signal de référence de phase obtenu à partir de la source de tension alternative et qui fournit un signal de sortie dépendant de l'angle de phase de l'impédance du détecteur.

Selon une réalisation préférée, un condensateur de compensation est branché entre une deuxième source de
25 tension alternative en opposition de phase avec la première source de tension alternative et l'entrée d'un amplificateur opérationnel.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront décrits ci-après au moyen d'une forme de réalisation en référence aux dessins annexés. Sur ces dessins :

la figure 1 est une vue en plan d'un détecteur capacitif de point de rosée réalisé selon la technique des couches minces

35 la figure 2 représente une vue en coupe du détecteur

de point de rosée de la figure 1, et

la figure 3 représente un schéma fonctionnel d'un dispositif de mesure du point de rosée avec un détecteur capacitif de point de rosée et avec un dispositif pour la mesure de l'encrassement du détecteur de point de rosée.

5 Le détecteur capacitif de point de rosée 1 représenté en plan sur la figure 1 et en coupe sur la figure 2 possède un substrat 2 à la surface duquel se trouvent deux électrodes en forme de peigne 3 et 4 en couche mince qui s'interpénètrent. Le substrat 2 se compose d'un matériau d'isolation sensible à l'humidité, et de préférence en céramique. Les électrodes en forme de peigne 3 et 4 sont équipées de surfaces de contact 5 ou 6 qui permettent le raccordement d'un circuit extérieur de mesure. La surface du substrat 2 qui porte les électrodes en forme de peigne 3 et 4 est recouverte d'une couche de protection 7 qui est réalisée, par exemple, en verre. D'autre part, un détecteur de température 8 pour la mesure de la température du détecteur de point de rosée est fixé sur la partie supérieure de celui-ci. Le détecteur de température peut, par exemple, être la résistance de mesure d'un thermomètre à résistance.

En cas d'utilisation d'un tel détecteur capacitif de point de rosée dans un dispositif de mesure du point de rosée, on refroidit le détecteur de point de rosée au moyen d'un dispositif de refroidissement approprié, et ceci jusqu'à ce qu'une condensation se forme sur la surface supérieure de la couche de protection 7. Du fait de la formation de la couche de rosée, la capacité mesurée aux surfaces de contact 5 et 6 entre les électrodes en forme de peigne 3 et 4 change du fait de l'importante constante diélectrique de l'eau. La modification de la capacité indique que la température du point de rosée est atteinte, celle-ci étant mesurée et affichée à l'aide du détecteur de température 8. En général, il existe un dispositif de

régulation de la température qui pilote le dispositif de refroidissement de manière telle qu'une épaisseur constante de la couche de condensation soit maintenue. Par ce fait, le détecteur du point de rosée est constamment maintenu à la température du point de rosée qui peut être constamment affichée à l'aide du détecteur de température 8.

La précision de mesure du détecteur de point de rosée est perturbée si la surface supérieure de la couche de verre 7 qui constitue la surface de condensation est encrassée, car l'encrassement conduit à un abaissement de la tension de vapeur et à une formation non homogène de la rosée.

La figure 3 représente le schéma fonctionnel d'un dispositif de mesure du point de rosée qui permet outre la mesure de la température du point de rosée, la mesure de l'encrassement du détecteur de point de rosée.

Le schéma d'équivalence du détecteur de point de rosée est représenté dans le rectangle 1 en traits interrompus. Le condensateur C représente la capacité du détecteur de point de rosée qui s'établit à l'état sec entre les surfaces de contact 5 et 6, celles-ci étant pratiquement exemptes de perte. Si une couche de condensation s'est formée sur le détecteur de point de rosée, on obtient parallèlement à cette capacité C, l'impédance Z de la couche de condensation qui représente une capacité susceptible de pertes, dont le facteur de perte dépend de la conductibilité électrique de l'eau qui est elle-même fonction des dépôts d'impuretés se trouvant sur la surface de condensation et qui se dissolvent dans l'eau.

La surface de contact 5 est reliée d'un côté à une source de tension alternative 10 et de l'autre côté à la masse. La surface de contact 6 est reliée à l'entrée inverseuse d'un amplificateur opérationnel 11 dont l'entrée non inverseuse est mise à la masse et dans le circuit de recouplage duquel se trouve une impédance de référence Z_R .

L'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel 11 est reliée d'autre part à l'une des bornes d'un condensateur de compensation réglable 12 dont l'autre borne est raccordée à une source de tension alternative 13 qui
 5 fournit une tension alternative $-U_i$ en opposition de phase et de même amplitude par rapport à la tension alternative U_i de la source de tension alternative 10.

La sortie de l'amplificateur opérationnel 11 est reliée à l'une des entrées d'un circuit de mesure de phase
 10 14 qui reçoit sur l'autre entrée la tension U_i de la source de tension alternative 10 en tant que grandeur de référence de phase. Le circuit de mesure de phase 14 fournit sur sa sortie un signal qui dépend du décalage en phase qui existe entre ces tensions d'entrée.

D'autre part, un circuit de traitement des signaux 15 dont le signal de sortie est appliqué à un régulateur de température 16, est branché sur la sortie d'un amplificateur opérationnel 11. Le régulateur de température 16 pilote un dispositif de refroidissement 17 qui refroidit le
 20 détecteur de point de rosée 1. La figure 3 montre encore le détecteur de température 8 qui est relié à un circuit de mesure de température 18 qui fournit un signal indépendant de la température du détecteur de point de rosée 1 affiché au moyen d'un indicateur 19.

Si l'on suppose qu'une couche de condensation s'est formée sur le détecteur de point de rosée, il existe en plus de la capacité à l'état sec C l'impédance Z de la couche de condensation. La source de tension 10 envoie par l'intermédiaire de l'impédance d'ensemble du détecteur de point
 30 de rosée 1 un courant sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel 11. Celui-ci se compose du courant I_C traversant la capacité C et du courant I_Z traversant l'impédance Z de la couche de condensation :

$$I = I_C + I_Z$$

35 Le condensateur de compensation 12 est réglé de telle

manière que sa capacité soit égale à la capacité à sec C du détecteur de point de rosée 1. La source de tension 13 envoie de ce fait par l'intermédiaire du condensateur de compensation 12 un courant $-I_C$ qui compense le courant I_C provenant du détecteur de point de rosée. Par conséquent, seul le courant I_Z qui est inversement proportionnel à l'impédance Z traverse l'impédance de référence Z_R .

En conséquence, la tension de sortie U_O de l'amplificateur opérationnel 11 a la valeur suivante :

$$U_O = - U_i \frac{Z_R}{Z}$$

La tension U_O a de ce fait une valeur qui est inversement proportionnelle à la valeur de l'impédance Z et elle présente par rapport à la tension U_i un décalage de phase qui dépend de l'angle de phase de l'impédance Z. Par un dimensionnement approprié de l'angle de phase de l'impédance de référence Z_R , on peut obtenir que le décalage de phase soit égal à l'angle de phase de l'impédance Z.

Si l'on écrit l'impédance de la couche de condensation dans la forme complexe

$$Z = R + jX$$

R représentant la partie réelle et X la partie imaginaire de l'impédance, il est connu que l'angle de phase de l'impédance Z se définit par la relation suivante :

$$\phi = \arctg \frac{X}{R}$$

Si la surface de condensation du détecteur de point de rosée est absolument propre, l'eau contenue dans la couche de condensation qui s'est déposée reste non conductrice du point de vue électrique et l'impédance Z est pratiquement une capacité pure qui est parallèle avec la capacité à sec C. La partie réelle de l'impédance Z est $R = 0$ et l'angle de phase de l'impédance Z a la valeur $\phi = -90^\circ$. Avec l'encrassement croissant du détecteur de point de rosée la conductibilité électrique de l'eau de la couche de condensation augmente et de ce fait la partie réelle R de l'impédance de la couche de condensation devient plus grande,

l'angle ϕ devenant plus petit par rapport à la valeur absolue. Par ce fait, le décalage de phase entre la tension de sortie U_0 de l'amplificateur opérationnel 11 et la tension d'entrée U_i change également. Cette modification du décalage de phase est indiquée par le signal de sortie du circuit de mesure de phase 14 qui constitue de ce fait une mesure pour l'encrassement du détecteur de point de rosée 1.

Si la fréquence de la source de tension alternative 10 n'est pas trop grande, l'angle de phase ϕ dépend en grande partie de la quantité d'eau se trouvant sur le détecteur de point de rosée.

Le fait que l'amplitude de la tension U_0 de l'amplificateur opérationnel 11 dépend de la valeur de l'impédance Z est utilisée dans le circuit représenté pour la réalisation de la mesure du point de rosée, aucun circuit particulier de mesure de la capacité n'étant nécessaire.

L'amplitude de la tension U_0 est inversement proportionnelle à la valeur de l'impédance Z . Ceci est favorable, car la valeur de l'impédance Z change de manière inverse à l'épaisseur de la couche de condensation, c'est-à-dire qu'elle devient moins importante lorsque la couche de condensation augmente. Par conséquent l'amplitude de la tension U_0 change en fonction de l'épaisseur de la couche de condensation, et ceci dans le même sens que le signal de sortie des circuits de mesure de capacité utilisés normalement dans les dispositifs de mesure du point de rosée, c'est-à-dire dans le même sens que l'épaisseur de la couche de condensation. Si par conséquent le circuit de traitement des signaux est réalisé de manière à produire un signal de sortie proportionnel à l'amplitude de la tension U_0 , ce signal de sortie peut être utilisé de la même manière que le signal de sortie d'un circuit de mesure de capacité usuel pour la régulation de la température du senseur de point de rosée.

Le circuit de traitement des signaux 15 peut par

conséquent être un simple circuit à redresseurs qui fournit une tension continue proportionnelle à l'amplitude de la tension U_0 vers le régulateur de température 16.

5 Si le détecteur de point de rosée 1 n'est pas encore refroidi jusqu'à la température du point de rosée, seule la capacité à sec C est présente. Celle-ci est toutefois compensée par le condensateur de condensation 12, la tension de sortie U_0 ayant la valeur zéro. Par ce fait, le régulateur de température 16 tend à piloter le dispositif de
10 refroidissement 17 de manière à ce que le détecteur de point de rosée 1 soit progressivement refroidi. Lorsque la température du point de rosée est atteinte et qu'une couche de condensation se forme sur le détecteur de point de rosée, la tension de sortie U_0 s'élève et le régulateur de
15 température 16 pilote le dispositif de refroidissement 17 de manière à ce que le détecteur de point de rosée 1 soit maintenu à une température qui correspond à une amplitude prédéterminée de la tension de sortie U_0 , donc à une valeur prédéterminée de l'impédance Z. Cette température constitue
20 la température du point de rosée qui est détectée par le détecteur de température 8 et qui est affichée par l'indicateur 9.

Le signal de sortie du circuit de mesure de phase 14 peut être utilisé pour déclencher une alarme ou une procédure automatique de nettoyage, si l'encrassement dépasse une
25 valeur limite prédéterminée. Dans une moindre mesure, il est également possible d'effectuer une correction de la valeur de mesure du point de rosée sur la base du signal de sortie du circuit de mesure de phase.

30 La compensation de la capacité à sec C provoquée par le condensateur de compensation 12 et par la source de tension 13 n'est pas absolument nécessaire, car de l'encrassement du détecteur de point de rosée ne dépendent pas seulement la phase et la valeur de l'impédance Z, mais également
35 la phase et la valeur de l'impédance d'ensemble du détecteur

de point de rosée, y compris de la capacité à sec C.
Néanmoins, la compensation représentée sur la figure 3 rend
la mesure de l'encrassement plus précise et plus sensible.
Un avantage particulier du circuit représenté sur la
5 figure 3 est constitué par le fait que la mesure est
indépendante de l'impédance du câble de liaison entre le
senseur de point de rosée 1 et le circuit de mesure, car
l'impédance du câble se trouve entre les deux entrées
de l'amplificateur opérationnel 11.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour la mesure de l'encrassement d'un détecteur capacitif de point de rosée, caractérisé en ce que l'angle de phase de l'impédance de détecteur engendrée lors de la condensation est mesuré et est utilisé comme mesure pour l'encrassement.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la valeur de l'impédance du détecteur est mesurée et sert à la détermination de l'épaisseur de la couche de condensation.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la capacité du détecteur de point de rosée qui existe à l'état sec est compensée.

4. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le détecteur capacitif de point de rosée est branché entre une source de tension alternative et l'entrée d'un amplificateur opérationnel dans le circuit de recouplage duquel se trouve une impédance de référence et que la sortie de l'amplificateur opérationnel est reliée à l'entrée d'un circuit de mesure de phase qui reçoit sur l'autre entrée un signal de référence de phase obtenu à partir de la source de tension alternative et qui fournit un signal de sortie dépendant de l'angle de phase de l'impédance du détecteur.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'un condensateur de compensation est branché entre une deuxième source de tension alternative en opposition de phase avec la première source de tension alternative et l'entrée d'un amplificateur opérationnel.

FIG. 1

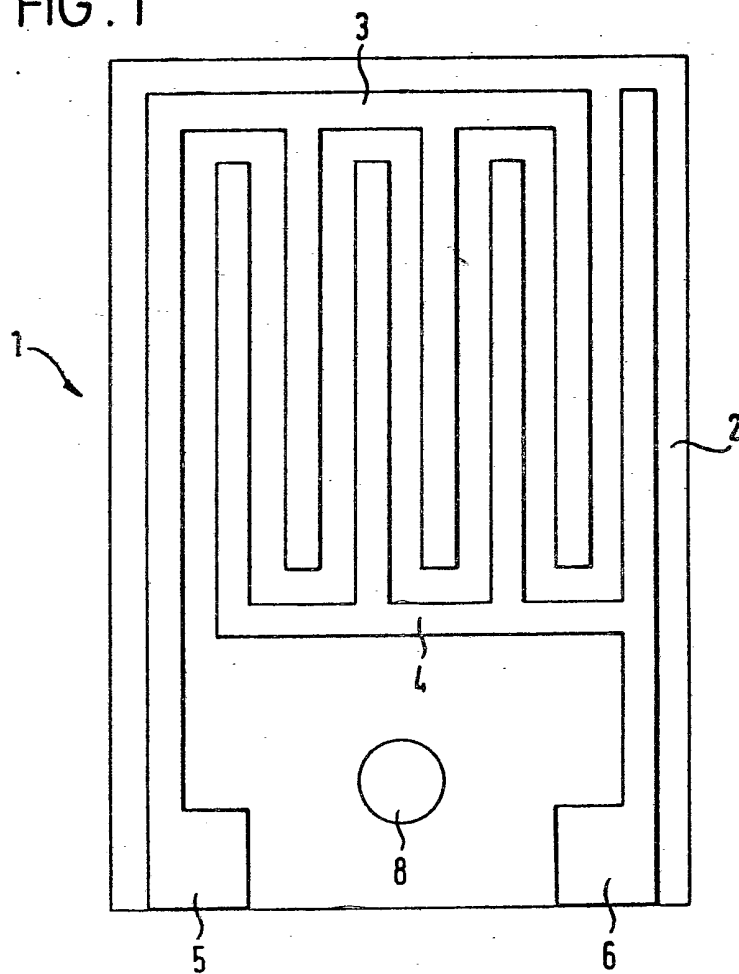


FIG. 2

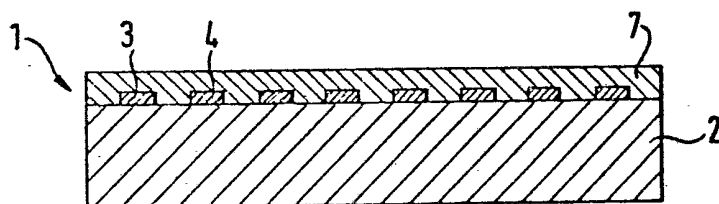


FIG. 3

