

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑪

N° 82 10083

⑤4 Contrôleur de niveau pour liquides conducteurs de l'électricité.

⑤1 Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 F 23/24.

②2 Date de dépôt..... 3 juin 1982.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : DE, 4 février 1982, n° P 32 03 715.5; 27 mars 1982, n° P 32 11 385.4.

④1 Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 31 du 5-8-1983.

⑦1 Déposant : KUBLER Heinrich. — DE.

⑦2 Invention de : Heinrich Kübler.

⑦3 Titulaire : *Idem* ⑦1

⑦4 Mandataire : Pierre Nuss, conseil en brevets,
10, rue Jacques-Kablé, 67000 Strasbourg.

L'invention concerne un contrôleur de niveau pour liquides conducteurs de l'électricité, comportant un capteur allongé monté par son extrémité postérieure sur la paroi de fond d'un boîtier électriquement isolant et
5 présentant en cet endroit une traversée métallique conductrice pouvant être rendue étanche, à travers une perforation de la paroi d'un récipient à liquide, des éléments de circuit étant logés dans le boîtier.

Les liquides conducteurs de l'électricité qui sont
10 envisagés ici sont surtout l'eau sous forme d'eau de pluie obtenue dans des récipients collecteurs et l'eau de condensation, qui se forme dans des circuits de travail fonctionnant avec un liquide et la faible conductivité électrolytique de l'eau, qui n'est pas complètement
15 pure chimiquement en pratique, suffit à la conduction électrique nécessaire. En outre, comme liquides conducteurs de l'électricité, on peut envisager des électrolytes et des liquides non conducteurs par nature et que l'on a rendu conducteurs de l'électricité au moyen
20 d'additifs.

Dans un contrôleur de niveau connu de cette espèce, qui convient aussi à des liquides non conducteurs, sur le capteur peut coulisser longitudinalement un flotteur qui, en fonction de sa hauteur momentanée, actionne des
25 contacts électriques disposés à l'intérieur du capteur.

Dans beaucoup de cas d'application, il faut surveiller le niveau d'un liquide conducteur, par exemple d'eau de condensation, en présence d'un autre liquide non conducteur, par exemple de gazole qui se
30 trouve au-dessus. Le but de l'invention est de donner à un contrôleur de niveau de l'espèce définie plus haut une structure telle qu'il soit en mesure, de façon simple, de surveiller le niveau d'un liquide conducteur, même en présence de liquides non conducteurs.

35 L'invention est caractérisée par le fait que le capteur présente un conducteur métallique rigide allongé

placé dans un tube isolant raccordé au boîtier et présentant à son extrémité libre une tête de contact qui dépasse du tube isolant.

Selon l'invention, l'indication de niveau est
5 déclenchée par le fait que la tête de contact plonge ou ne plonge pas dans le liquide conducteur. Cela peut se faire très simplement si la tête de contact est branchée comme contact d'un interrupteur de court-circuit dont l'autre contact est en liaison conductrice avec le
10 liquide par l'intermédiaire de la traversée, la traversée étant, par exemple, vissée dans la paroi du récipient à liquide. Avec l'interrupteur de court-circuit, l'alerte peut être déclenchée directement, mais étant donné les résistances différentes à prévoir, dues au liquide à
15 mesurer, cela n'est pas assez sûr pour tous les cas d'application. Pour mieux assurer l'indication, un mode d'exécution est caractérisé par le fait que l'interrupteur de court-circuit est branché en parallèle aux éléments déterminateurs de fréquence d'un circuit oscillant
20 accordé sur cet interrupteur et dont le signal de sortie d'oscillation sert à commander un étage de signal qui, lorsque l'interrupteur de court-circuit est ouvert, et que par suite il existe un signal de sortie d'oscillation, émet un signal "oui", tandis que lorsque l'interrupteur
25 de court-circuit est fermé et que par suite, le signal de sortie d'oscillation a disparu, il émet un signal "non" comme indication d'avertissement.

Une constitution particulièrement simple et qui, en outre, nécessite peu de composants, permet une réparation facile et garantit un fonctionnement sûr est
30 caractérisée par le fait que le conducteur métallique est une tige qui, en étant isolée par le tube isolant, passe par la traversée pour pénétrer à l'intérieur du boîtier où il est muni d'un filetage et que le tube isolant
35 appuyé sur un épaulement de la traversée et une plaque de circuit disposée à l'intérieur du boîtier et

appuyée sur un autre épaulement de la traversée, qui pénètre à l'intérieur du boîtier, sont enserrés entre la tête de contact et un élément vissé sur le filetage de la tige.

5 Dans bien des cas, il est désirable de modifier le niveau qui établit le contact en fonction des conditions d'installation. A cet effet, à l'extrémité libre de la tête de contact, un trou fileté est disposé coaxialement à l'axe du capteur pour le vissage d'un prolongement de
10 contact.

Le prolongement de contact peut être un prolongement de la tête de contact, mais il peut aussi s'agir d'une pièce de contact disposée à distance et reliée électriquement à la tête de contact par un conducteur électrique
15 d'arrivée.

Dans le cas de moteurs à combustion interne refroidis par liquide, il faut qu'il soit assuré que le niveau d'eau de refroidissement ne devienne pas inférieur à une limite prédéterminée. Pour surveiller cela, on insère la
20 traversée dans la partie supérieure de l'enveloppe du radiateur de telle sorte que la tête de contact arrive dans la région de niveau critique du liquide de refroidissement.

Les liquides non conducteurs comme, par exemple,
25 les essences et les huiles contiennent à l'état brut une fraction d'eau qui se condense en partie dans des récipients appropriés, par exemple des enveloppes de filtre d'une installation fonctionnant avec un liquide de ce genre. Ce condensat se rassemble alors au fond
30 d'un tel récipient et il faut l'en retirer de temps en temps par une tubulure d'écoulement prévue à cet effet. Pour surveiller le niveau d'eau de condensation au-dessus duquel se trouve du liquide non conducteur, on peut insérer à travers cette ouverture d'écoulement le capteur,
35 sa tête de contact tournée vers le haut.

On expliquera maintenant plus précisément l'invention à propos des dessins annexés, dans lesquels :
la figure 1 est une vue en élévation d'un contrôleur de niveau ;

- 5 la figure 2 est une vue en coupe correspondant à la figure 1 ;
la figure 3 est un schéma électrique correspondant à la figure 1 ;
la figure 4 montre un contrôleur de niveau d'eau de refroidissement ;
10 la figure 5 représente un contrôleur de niveau d'eau de condensation ;
la figure 6 montre un capteur à distance pour la prolongation de la tête de contact des figures 1 et 2, vu de côté ;
15 la figure 7 est une vue en élévation suivant la flèche VII de la figure 6 ;
la figure 8 montre un autre exemple d'exécution de capteur à distance, vu de côté ;
20 la figure 9 est une vue en élévation suivant la flèche IX de la figure 8 ;
la figure 10 montre un autre exemple d'exécution d'un capteur à distance vu de côté ;
la figure 11 est une vue en élévation suivant la flèche XI de la figure 10 ;
25 la figure 12 montre un contrôleur de niveau d'eau de condensation muni de deux capteurs à distance selon les figures 6 et 7, et
la figure 13 montre un point de mesure d'un contrôleur de niveau d'eau de condensation équipé d'un capteur
30 à distance selon les figures 8 et 9 ;

Sur les dessins, on a désigné par 1 un boîtier formé de matière synthétique électriquement isolante, ouvert dans le haut, sur la paroi de fond 2 duquel
35 est monté un capteur rigide rectiligne allongé 3 présentant à son extrémité libre une tête de contact

métallique 5. Cette tête 5 est reliée à une tige métallique 6 disposée coaxialement à l'intérieur d'un tube isolant rigide et stable 7. La tige 6 est guidée, par une traversée métallique conductrice 8 vissée à la paroi de fond 2 et une perforation du fond, jusqu'à l'intérieur du boîtier 1 où elle est munie d'un filetage extérieur 9. Sur la tige 6 est glissée une plaquette de circuit 10 présentant un anneau de contact 11 posé sur un épaulement 12 de la traversée 8, qui arrive jusqu'à l'intérieur du boîtier 1. Sur l'extrémité libre de la tige 6 est vissé un écrou 13 par lequel la tête de contact 5, dont le contour extérieur est aligné sur le tube isolant 7 et s'appuie sur un épaulement 14 de celui-ci, pousse le tube isolant 7 par un épaulement 15 contre la traversée 8 et pousse simultanément la plaquette de contact 10 contre la traversée 8, de sorte que les éléments cités peuvent être serrés entre eux et fixés au fond 2 du boîtier uniquement par l'écrou 13. Au-dessus de l'écrou 13, un deuxième écrou 16 est placé avec interposition d'un oeillet de contact 17.

La plaquette de circuit 10 porte des éléments de circuit électrique, qui sont seulement indiqués par 18 et 19, et un circuit, non représenté, qui est en liaison conductrice avec la traversée 8 par l'intermédiaire de l'anneau de contact 11 et de l'épaulement 12 et avec la tige 6 et la tête de contact 5 par l'intermédiaire de l'oeillet de contact 17 et d'un câble 20. Au circuit sont, en outre, raccordées quatre pattes de connexion 21, 22, 23, 24 conduisant à l'extérieur. Le boîtier fini est noyé dans une masse isolante durcissable jusqu'au niveau 25 indiqué sur la figure 2.

Sur la surface frontale libre de la tête de contact 5 est prévu un trou fileté 26, dans lequel peut se visser un prolongement de contact 28 muni d'un boulon fileté adapté.

La traversée 8 présente une partie hexagonale 29 et une tubulure 30 munie d'un filetage extérieur et peut se visser dans un trou muni de façon correspondante d'un filetage intérieur et prévu, par exemple, dans la paroi d'un récipient à liquide, ce qui fait qu'en même temps, le contrôleur de niveau est monté en position de service dans cette paroi. Si cette paroi est métallique et conductrice, le contact électrique permanent, qui est nécessaire avec le liquide, est maintenu par l'intermédiaire de la traversée et de la paroi, dans le cas contraire on peut faire partir de la traversée une liaison conductrice appropriée.

Comme on peut le voir par la figure 3, la tête de contact 5 est un contact d'un interrupteur de court-circuit dont l'autre contact 42, celui de masse dans l'exemple, est en liaison conductrice permanente avec le liquide à surveiller. Cet interrupteur de court-circuit 5, 42 est branché en parallèle aux éléments déterminateurs de fréquence 31, 32 d'un circuit oscillant. Le montage est tel que le circuit oscillant devient incapable d'osciller quand on ferme l'interrupteur de court-circuit avec une résistance interne élevée ou faible. Ce circuit oscillant est accordé sur une fréquence comprise entre 15 000 et 25 000 oscillations par seconde. Dans cette gamme, dans les cas d'application envisagés, on peut facilement obtenir une indication sans erreurs. Avec le condensateur 27, la liaison électrique entre la traversée 8 et le contact 42 - le potentiel de masse - est coupée galvaniquement. Le condensateur 27 est de valeur telle que pour la fréquence d'oscillation du circuit oscillant, il offre un court-circuit. La séparation galvanique est sans inconvénient pour la mesure et l'indication et avantageuse pour quelques cas d'application.

Les autres parties du circuit oscillant, qui sont un interrupteur à seuil placé à la suite et muni d'un

étage de sortie, sont logées dans un élément de circuit intégré 33 qui est équipé extérieurement d'une résistance 34 et d'une capacité 35, et commande, par l'intermédiaire d'une résistance 36, un étage de signal 37. La résistance 36 peut être branchée au choix, comme pont de contact, entre les contacts 38, 39 ou entre les contacts 40, 41. Dans l'une des positions, l'interrupteur étant en court-circuit, il apparaît un signal de courant à la sortie de l'étage de signal, dans l'autre cas un signal de disparition de courant. Quand l'interrupteur est ouvert, le signal de sortie complémentaire apparaît chaque fois aux pattes de connexion 22, 23. La patte de connexion 24 sert à la liaison à la masse et la patte 22, à l'alimentation en courant continu. On a désigné par 43 un relais d'avertissement qui, commandé par l'étage de signal 37, émet un signal d'avertissement par exemple acoustique ou optique ou encore, déclenche un processus de manoeuvre.

Sur la figure 4, on a représenté le radiateur 50 d'un moteur à combustion interne dont le niveau d'eau de refroidissement ne doit pas dépasser vers le bas le trait mixte 51. Pour la surveillance, le contrôleur de niveau 52, 53 est inséré alternativement dans la paroi du radiateur 50. Les contrôleurs 52, 53 sont conçus exactement de la façon décrite à propos des figures 1 à 3. Les contrôleurs 52, 53 peuvent aussi être prévus conjointement et reliés électriquement en parallèle. Le point essentiel est que la tête de contact correspondante soit disposée à la hauteur du niveau critique. On a désigné par 54 une traversée correspondant à la traversée 8.

La figure 5 montre un filtre destiné à un système fonctionnant au carburant Diesel. Dans la tête de filtre 60 débouchent le tuyau d'arrivée 61 et le tuyau de départ 62 du carburant Diesel qui passe. Par des agencements non représentés, à l'intérieur de la tête de filtre 60, le carburant Diesel se rend tout d'abord du

tuyau d'arrivée 61 au récipient de filtre 63 raccordé à la tête de filtre 60 dans le bas et ensuite, après avoir traversé le filtre, à la tubulure de sortie du tuyau de départ 62. Par suite, il y a du gazole à l'intérieur du récipient de filtre. L'eau de condensation contenue dans le gazole se sépare et en vertu de sa densité supérieure, elle se dépose dans le bas. Quand ce niveau d'eau de condensation dépasse un niveau critique déterminé 64, on risque qu'à cause de trépidations en service ou encore pour d'autres raisons, de l'eau de condensation ne soit entraînée avec la gazole qui s'écoule. Il faut donc observer constamment le niveau de l'eau de condensation 65 afin de la vidanger à temps par un orifice d'écoulement 66 prévu à cet effet au point le plus bas du récipient de filtre 63.

Dans cet orifice d'écoulement 66 est inséré le capteur 67 d'un contrôleur de niveau 68 dont la tête de contact 59 arrive dans le niveau critique 64. Ce contrôleur de niveau est conçu exactement comme celui des figures 1 à 3. On peut insérer directement dans l'orifice d'écoulement, muni d'un filetage intérieur, la traversée 69 de ce contrôleur de niveau 68, correspondant à la traversée 8. Toutefois, il faut alors dévisser le contrôleur de niveau lorsqu'on veut vidanger l'eau de condensation. Un mode d'exécution plus simple et plus commode à manier est celui de la figure 5 dans lequel est raccordé à l'orifice d'écoulement 66, par son tronçon de tube continu, un élément en T 70 à l'autre extrémité duquel est raccordée la traversée 69. Le capteur 67 est si étroit qu'entre le capteur et la paroi intérieure du tronçon de tube continu 71 de l'élément en T, il reste encore assez de place pour l'écoulement de l'eau de condensation vers la tubulure 72, qui mène à une évacuation 74 pouvant être fermée par une électrovalve 73.

Aussitôt que le contrôleur de niveau 68 donne un

signal indiquant que le niveau critique d'eau de condensation 64 est dépassé, le signal de sortie correspondant du contrôleur de niveau 68 ouvre l'électrovalve 73 et l'eau de condensation 65 s'écoule jusqu'à ce que son
5 niveau soit inférieur au niveau critique. Alors, l'électrovalve 73 se referme, de préférence avec un petit retard, qui assure que le récipient de filtre 63 soit complètement vidangé.

Le capteur à distance 80 représenté par les figures
10 6 et 7 est formé d'un boîtier de raccordement 81 en matière synthétique électriquement isolante, dans la paroi de fond 82 duquel est inséré un conducteur métallique allongé 83, qui est placé à l'intérieur d'un tube électriquement isolant 84 raccordé à la paroi de fond 82 et présente à
15 son extrémité libre une tête de contact 85, qui dépasse du tube isolant 84 et est appliquée contre celui-ci. On a désigné par 86 une traversée, qui est exactement conçue et disposée comme la traversée 8 des figures 1 et 2. A l'extrémité postérieure du conducteur métallique
20 83, qui pénètre à l'intérieur du boîtier de raccordement 81, est raccordé de façon conductrice le contact 87, qui dépasse hors du boîtier 81, qui peut être noyé de manière synthétique isolante jusqu'au niveau 88. Ce contact 87 fait partie d'une liaison à enfichage 89, voir
25 figure 12.

Comme le montre la figure 12, on insère le capteur à distance 80 au point de mesure. Il est placé dans une perforation 90 où il est vissé de façon étanche. Par la liaison à enfichage 89, la tête de contact 85 est reliée
30 à la tête de contact 91 d'un contrôleur de niveau 92 monté en un point éloigné sur une partie de châssis 93 et constitué exactement comme le montrent les figures 1 et 2. La partie de châssis 93, de même que l'enveloppe d'un moteur Diesel 94, est reliée au potentiel de masse.
35 Avec le capteur à distance 80, on surveille l'eau de condensation dans la cuve à huile de graissage 95

du moteur Diesel. Avec un deuxième capteur à distance 96, constitué exactement comme le capteur 80 et relié en parallèle avec celui-ci à la tête de contact 81, on surveille l'eau de condensation dans le filtre 97 du

5 moteur Diesel 94. Lorsque l'un des deux capteurs à distance 80 ou 96 ou tous les deux simultanément sont en contact par suite de la présence d'eau de condensation, le contrôleur de niveau 92, par l'intermédiaire de la tête de contact 91, transmet un signal approprié, par

10 exemple à une lampe témoin 98 et à un relais 99. On a désigné par 100 une source de tension continue, par 101 un coupe-circuit et par 102 un poussoir permettant de vérifier le fonctionnement.

Le capteur à distance 110 des figures 8 et 9 se

15 compose d'un conducteur métallique 11 entouré d'une enveloppe 112 en matière synthétique électriquement isolante. Dans l'enveloppe 112, des perforations 113 sont prévues tout autour et réparties sur la longueur, le conducteur métallique 111 étant découvert dans

20 celles-ci. A une extrémité, le conducteur métallique forme un contact 114 appartenant à une liaison à enfichage 115, voir figure 13. Le capteur à distance 110 peut reposer sur le fond d'un réservoir à surveiller 116 et il est raccordé par la liaison à enfichage 115 et

25 le conducteur 117 à une tête de contact d'un contrôleur de niveau, de même que le capteur 80 des figures 6 et 7. L'enveloppe 112 évite que le conducteur métallique 111 ne trouve déjà un contact par le fond métallique du réservoir. Il trouve seulement un contact par suite

30 de l'eau de condensation conductrice qui se rassemble éventuellement au fond, sous le carburant Diesel 118 dont ce réservoir 116 est rempli. L'eau de condensation peut entrer en contact avec le conducteur métallique par les perforations et déclenche alors, comme on l'a

35 décrit à propos des figures 6 et 7, l'indication dans

le contrôleur de niveau raccordé.

Sur les figures 10 et 11, on a désigné par 120 un conducteur métallique entouré de deux anneaux 121, 122 en matière synthétique électriquement isolante.

- 5 A une extrémité, le conducteur métallique forme un contact 123. Par le contact, le capteur à distance 124 peut être raccordé de même que le capteur 110. Lorsqu'il repose sur le fond, le conducteur 120 est maintenu espacé du fond par les anneaux 121, 122 et
- 10 ainsi isolé électriquement. L'utilisation peut s'effectuer par exemple de la façon indiquée par la figure 13.

Plusieurs capteurs à distance différents peuvent aussi être raccordés à une seule tête de contact d'un contrôleur de niveau.

- R E V E N D I C A T I O N S -

1. Contrôleur de niveau pour liquides conducteurs de l'électricité, comportant un capteur allongé monté par son extrémité postérieure sur la paroi de fond d'un
5 boîtier électriquement isolant et présentant en cet endroit une traversée métallique conductrice pouvant être rendue étanche, à travers une perforation de la paroi d'un récipient à liquide, des éléments de circuit étant logés dans le boîtier, contrôleur caractérisé en
10 ce que le capteur (3) présente un conducteur métallique rigide allongé (6) placé dans un tube isolant (7) raccordé au boîtier (1) et présentant à son extrémité libre une tête de contact (5), qui dépasse du tube isolant.

15 2. Contrôleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le conducteur métallique est une tige (6) qui, en étant isolée par le tube isolant (7), passe par la traversée (8) pour pénétrer à l'intérieur du boîtier (1) où il est muni d'un filetage, et en ce que le tube
20 isolant (7), appuyé sur un épaulement (15) de la traversée (8) et une plaquette de circuit (10) disposée à l'intérieur du boîtier (1) et appuyée sur un autre épaulement (12) de la traversée, qui pénètre à l'intérieur du boîtier, sont enserrés entre la tête de
25 contact (5) et un élément (13) vissé sur le filetage (9) de la tige.

3. Contrôleur selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'à l'extrémité libre de la tête de contact (5), un trou fileté (26)
30 est prévu coaxialement à l'axe du capteur pour le vissage d'un prolongement de contact (28).

4. Contrôleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un capteur à distance (80) présentant un conducteur métallique allongé (83) qui est monté par son extrémité
35 postérieure sur la paroi de fond (82) d'un boîtier de

raccordement électriquement isolant (81), en ce que le conducteur métallique (83) est placé dans un tube isolant (84) raccordé au boîtier (81) et présente à son extrémité libre une tête de contact (85) dépassant hors du tube isolant et à son extrémité postérieure, il est en liaison conductrice avec un contact (87) disposé à l'intérieur du boîtier de raccordement, de façon accessible extérieurement et faisant partie d'une liaison à enfichage (89), et en ce que le boîtier de raccordement (81) présente à sa paroi de fond (82) une traversée (86) pouvant être rendue étanche, passant par une perforation (90) de la paroi d'un récipient à liquide (95).

5. Contrôleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la traversée (54) est insérée dans la partie supérieure de l'enveloppe de radiateur (50) d'un moteur à combustion interne refroidi par liquide, de telle sorte que la tête de contact (55) arrive dans la région de niveau critique du liquide de refroidissement.

6. Contrôleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte un récipient (63) présentant, à son point le plus bas, un orifice d'écoulement (66) pouvant être fermé et à travers lequel est inséré le capteur (67), sa tête de contact (59) étant tournée vers le haut.

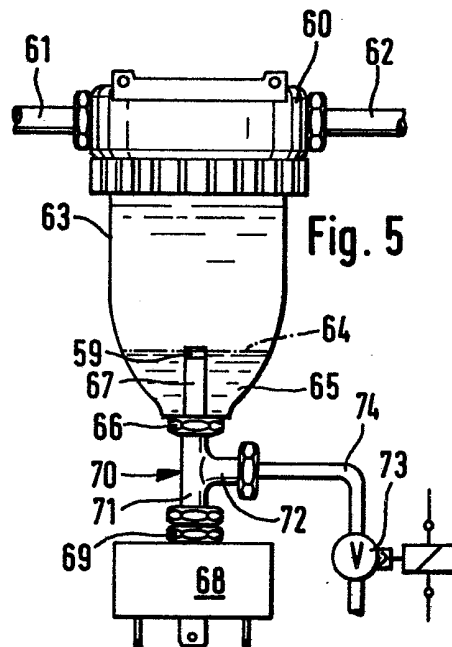
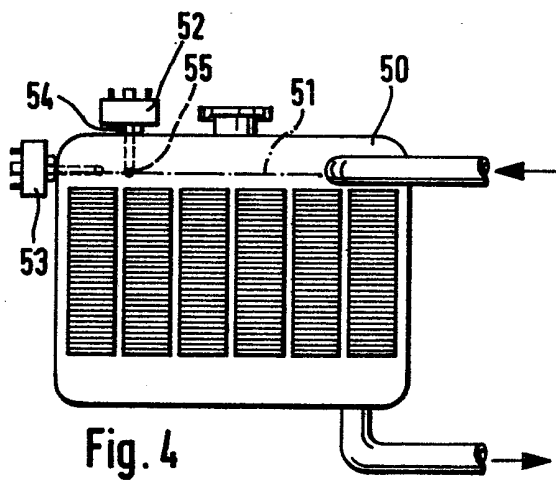
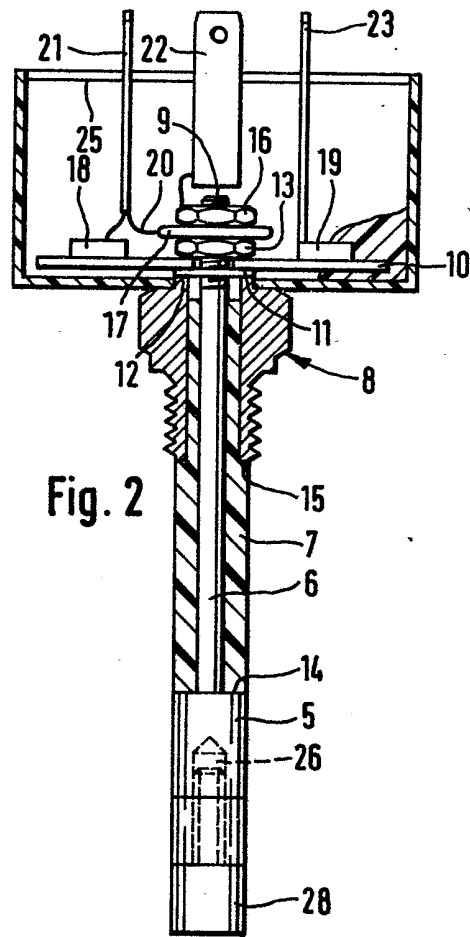
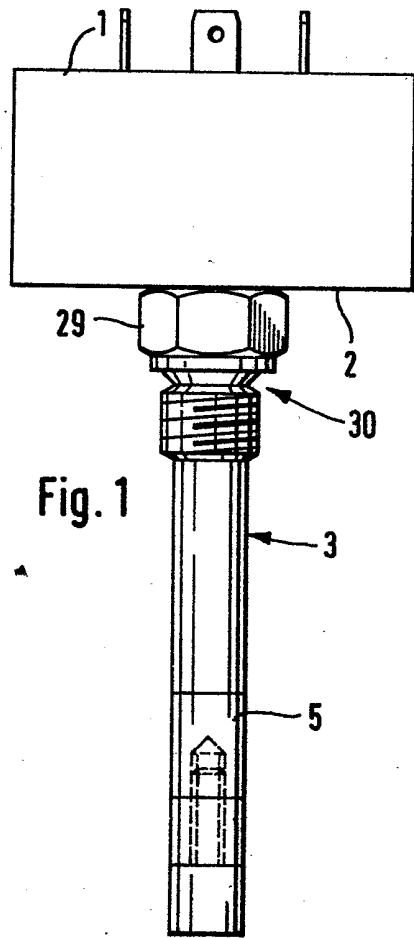
7. Contrôleur selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'à l'orifice d'écoulement (66) est raccordé un tronçon de tube (71), à l'intérieur duquel le capteur (67) passe coaxialement avec un espacement relativement à la paroi intérieure du tronçon de tube et à l'extrémité libre duquel est disposée la traversée (69) destinée au capteur (67), et en ce qu'une tubulure latérale d'écoulement (72) est prévue pour une sortie (74) pouvant être fermée.

8. Contrôleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la tête de contact

(5) est branchée en tant que contact d'un interrupteur de court-circuit (5, 42), dont l'autre contact est en contact électrique avec le liquide par la traversée (8).

9. Contrôleur selon la revendication 8, caractérisé
- 5 en ce que l'interrupteur de court-circuit (5, 42) est branché en parallèle aux éléments déterminateurs de fréquence (31, 32) d'un circuit oscillant (33) accordé sur cet interrupteur et dont le signal de sortie d'oscillation sert à commander un étage de signal (37) qui,
- 10 lorsque l'interrupteur de court-circuit est ouvert, et que par suite il existe un signal de sortie d'oscillation, émet un signal "oui", tandis que lorsque l'interrupteur de court-circuit est fermé, et que par suite le signal de sortie d'oscillation a disparu, l'étage de signal
- 15 émet un signal "non" comme indication d'avertissement.

10. Contrôleur selon la revendication 9, caractérisé en ce que le circuit oscillant (33) est accordé sur une fréquence comprise entre 15 000 et 25 000 oscillations par seconde.



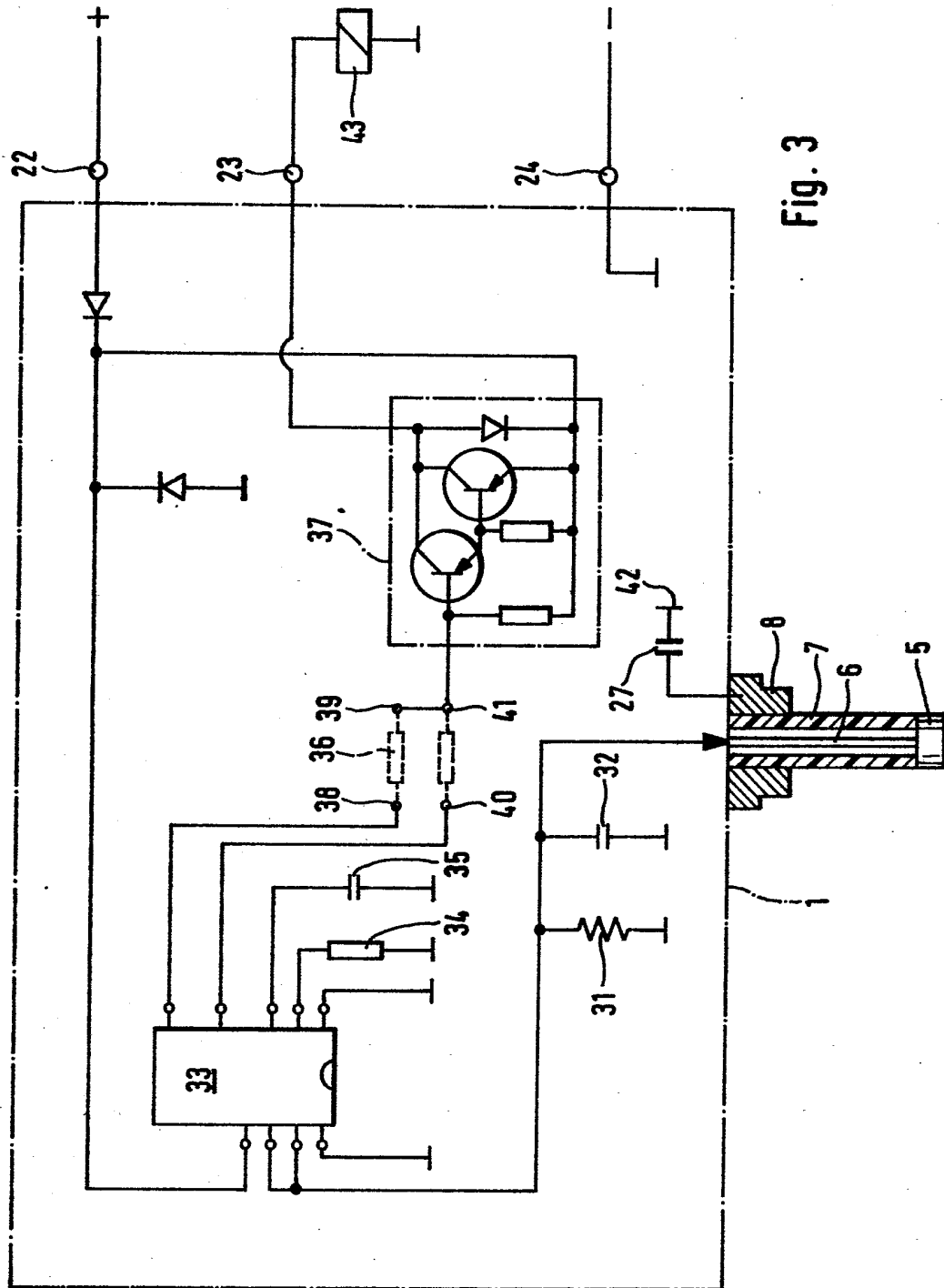


Fig. 3

Fig. 6

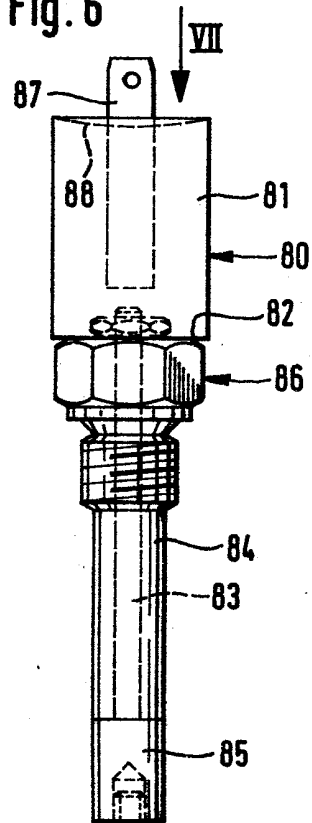


Fig. 8

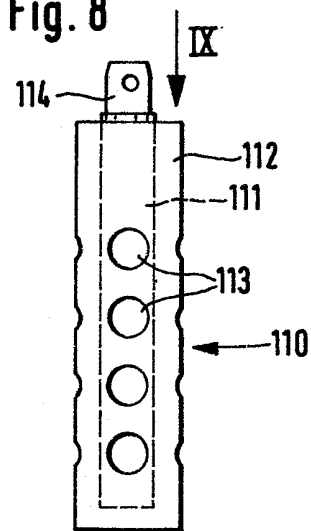


Fig. 9

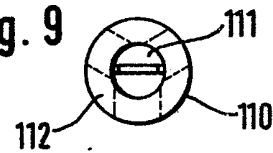


Fig. 7

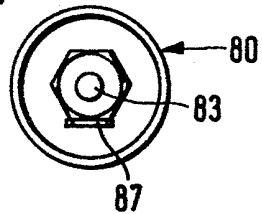


Fig. 11

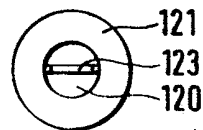


Fig. 10

