

①② **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②② Date de dépôt : 28 septembre 1988.

③① Priorité : DE, 15 octobre 1987, n° P 37 34 912.0.

④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 16 du 21 avril 1989.

⑥① Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦① Demandeur(s) : Société dite : KERNFORSCHUNGSZEN-
TRUM KARLSRUHE GMBH. — DE.

⑦② Inventeur(s) : Lambert Krebs ; Sandor Horanyi.

⑦③ Titulaire(s) :

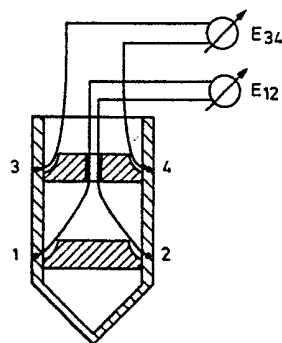
⑦④ Mandataire(s) : Cabinet Herrburger.

⑤④ Sonde inductive d'écoulement pour mesurer la vitesse d'écoulement d'un écoulement de métal liquide, notamment dans un circuit d'un réacteur nucléaire refroidi au sodium.

⑤⑦ a) Sonde inductive d'écoulement pour mesurer la vitesse d'écoulement d'un écoulement de métal liquide, notamment dans un circuit d'un réacteur nucléaire refroidi au sodium.

b) Caractérisée en ce qu'au moins une autre paire de thermo-éléments 3, 4 est disposée dans le tube de sonde, dans une zone non influencée par le champ magnétique de cet aimant permanent.

c) L'invention concerne une sonde inductive d'écoulement pour mesurer la vitesse d'écoulement d'un écoulement de métal liquide, notamment dans un circuit d'un réacteur nucléaire refroidi au sodium.



" Sonde inductive d'écoulement pour mesurer la vitesse d'écoulement d'un écoulement de métal liquide, notamment dans un circuit d'un réacteur nucléaire refroidi au sodium."

5 L'invention concerne une sonde inductive d'écoulement pour mesurer la vitesse locale d'écoulement d'un métal liquide, sonde constituée par un tube de sonde fermé d'un côté qui est placé dans l'écoulement de métal liquide, avec au moins un aimant permanent
10 disposé dans ce tube de sonde et magnétisé transversalement par rapport à la direction principale d'écoulement, une paire de thermo-éléments étant exposée au champ magnétique de cet aimant et un circuit d'exploitation étant prévu pour déterminer la vitesse d'écoulement locale compensée en température.
15

Par ce préambule, l'invention se réfère à un état de la technique tel qu'il résulte par exemple du document DE-PS 26 32 042.

20 De telles sondes sont mises en oeuvre pour mesurer des vitesses locales dans des métaux liquides, tels que par exemple, dans le circuit d'un réacteur nucléaire refroidi au sodium, notamment dans la zone des éléments combustibles pour permettre un contrôle permanent de l'écoulement du métal liquide, afin d'éviter des surchauffes locales.
25

Une sonde à aimant permanent pour la mesure de la vitesse d'écoulement de métaux liquides fonctionne selon les lois de l'induction. Si un liquide électriquement conducteur, traverse un champ magnétique B avec une direction d'écoulement différente de la direction du champ magnétique, un champ électrique est engendré dans le liquide. Si le potentiel électrique est prélevé en deux points 1 et 2 du champ électrique, la différence de potentiel mesurée E_{12} est proportionnelle à la vitesse d'écoulement V. On a, en conséquence :

$$E_{12} = C_1 (B \times V)$$

C_1 étant une constante de proportionnalité dépendant des propriétés de la substance et de la géométrie de la disposition, cette constante pouvant être déterminée dans un cas concret par un étalonnage.

Cet étalonnage peut, également, s'effectuer ultérieurement, c'est-à-dire après l'installation de la sonde à l'endroit où elle est mise en oeuvre, lorsqu'au lieu d'un aimant permanent, deux ou plusieurs aimants permanents sont disposés dans la direction d'écoulement (figure 2). Dans cette disposition, le temps de parcours Θ_m de fluctuations de la vitesse entre deux aimants, peut être déterminé par corrélation des signaux de sonde correspondants et, à partir de là, pour une distance connue des aimants, on peut déterminer la vitesse d'écoulement moyenne.

La réalisation avec deux ou plusieurs aimants présente l'avantage que la variation de l'intensité du champ magnétique et donc de la tension de mesure U, due à l'influence de la température, à l'irradiation ou au vieillissement, peut être éliminée à tout moment par la méthode d'étalonnage décrite.

Des détails de la construction et du fonctionnement de telles sondes sont publiés dans un rap-

port du Kernforschungszentrums Karlsruhe (St. Müller, G.Thun. "Permanentmagnetische Durchflussmesssonde für flüssige Metalle", KfK 2479). Dans la sonde à aimant permanent de mesure de la vitesse d'écoulement décrite dans ce rapport, on utilise, en tant qu'électrode de mesure, deux fils d'acier grâce auxquels la différence de potentiel induite par la vitesse d'écoulement, est prélevée localement. Dans l'hypothèse qu'entre les électrodes de mesure il n'y ait aucune différence de température, c'est-à-dire qu'il n'y ait aucun gradient de température dans l'écoulement, le signal de la sonde se modifie proportionnellement à la vitesse d'écoulement. Si cette hypothèse n'est pas satisfaite, par exemple dans des écoulements de canaux avec parois chaudes ou bien dans des écoulements ascensionnels, une composante de température est superposée au signal de la sonde en supplément de la composante de vitesse. Cette composante de température correspond à la différence de potentiel thermo-électrique entre les deux extrémités des électrodes de mesure et peut être plusieurs fois plus importante que le signal de vitesse. Comme la différence de température entre les deux points de prélèvement n'est pas mesurée, la composante de température dans ce type de construction de sonde ne peut pas être compensée.

Par la thèse de doctorat de von T. von Weissenfluh "Turbulenter Wärmetransport in flüssigem Natrium", ETH Zürich (1984), ETH. Nr. 7464, on connaît un dispositif de mesure à aimant permanent et de la vitesse dans lequel une différence de température peut être en outre mesurée entre les points de prélèvement de potentiel, des thermo-éléments Cr/Al ouverts étant mis en oeuvre en tant qu'électrodes de prélèvement. Ainsi, une compensation de température du signal de sonde est certes, en principe possible, mais elle exi-

ge cependant une connaissance exacte des coefficients de Seebeck du matériau des électrodes de mesure (Cromel et Alumel) et du métal liquide (par exemple du sodium). Comme les coefficients de Seebeck dépendent de la température absolue, cette dépendance doit également être prise en compte lors d'une compensation en température du signal de sonde. Une compensation continue du signal de sonde exige en conséquence, en dehors de la mesure de la différence de température entre les électrodes de mesure, la mesure indirecte permanente d'une grandeur physique (du coefficient de Seebeck) d'au moins deux matériaux (matériau des électrodes et métal liquide).

L'invention a pour but d'améliorer la sonde connue dans une mesure telle qu'aussi bien l'influence des gradients de température dans l'écoulement, qu'également aussi l'influence de la température absolue, soient éliminées, la mesure de la vitesse d'écoulement devant alors être indépendante de l'influence du coefficient de Seebeck lui même dépendant de la température.

Ce but est atteint, conformément à l'invention, en ce qu'au moins une autre paire de thermoéléments est disposée dans le tube de sonde, dans une zone non influencée par le champ magnétique de cet aimant permanent.

Des perfectionnements avantageux et d'autres formes de réalisation de la sonde conforme à l'invention sont caractérisés en ce que :

- les têtes de mesure des paires de thermoéléments sont susceptibles d'être rendues solidaires du tube de sonde ;

- les têtes de mesure des paires de thermoéléments sont chacune reliées de façon électriquement conductrices avec un fil d'acier grâce auquel le po-

tentiel électrique est mesuré dans la zone de la tête de mesure correspondante ;

- les paires de thermo-éléments comportent des pointes de mesure en Cr/Al.

5 L'invention concerne également un circuit d'exploitation pour la sonde inductive d'écoulement, avec des unités d'amplification pour les tensions de mesure des thermo-éléments et avec une unité de préparation de signaux pour déterminer le signal de vitesse
10 compensée en température, caractérisé en ce que :

- la première unité d'amplification, associée à la
15 paire de thermo-éléments influencée par le champ magnétique, comporte pour la tension de mesure sur la première paire de conducteurs thermo-électriquement identiques, un premier amplificateur différentiel, et pour la tension de mesure sur l'autre paire de conducteurs thermo-électriquement identiques, un second amplificateur différentiel,
- la deuxième unité d'amplification, associée à la
20 paire de thermo-éléments non influencée par le champ magnétique, comporte pour la tension de mesure sur la première paire de conducteurs thermo-électriquement identiques, un troisième amplificateur différentiel et pour la tension de mesure sur
25 l'autre paire de conducteurs thermo-électriquement identiques, un quatrième amplificateur différentiel,
- l'unité de traitement de signaux comprend des éléments de commutation analogiques grâce auxquels, par combinaison des tensions de mesure amplifiées des
30 thermo-éléments, un signal, proportionnel à la vitesse, est déterminé.

Selon une autre caractéristique de l'invention,

- la troisième unité d'amplification, associée aux
35 thermo-éléments, comporte un amplificateur différen-

- tiel pour chacune des tensions thermiques,
- la première unité d'amplification associée à la paire de thermo-éléments influencée par le champ magnétique, comporte un premier amplificateur différentiel sur lequel est branchée, côté entrée, au moyen d'une première unité de commutation, soit la tension de mesure de la première paire de conducteurs thermo-électriquement identiques, soit la tension de mesure de l'autre paire de conducteurs thermo-électriquement identiques,
 - la deuxième unité d'amplification associée à la paire de thermo-éléments non influencée par le champ magnétique, comporte un troisième amplificateur différentiel sur lequel est branchée, côté entrée, au moyen d'une deuxième unité de commutation, soit la tension de mesure de la première paire de conducteurs thermo-électriquement identiques, soit la tension de mesure de l'autre paire de conducteurs thermo-électriquement identiques,
 - l'unité de traitement de signaux comporte des éléments de circuits analogiques grâce auxquels par combinaison des tensions de mesure amplifiées des thermo-éléments, un signal proportionnel à la vitesse d'écoulement est déterminé.
- Selon une autre caractéristique de l'invention :
- la troisième unité d'amplification associée aux thermo-éléments comporte pour chacune des tensions thermiques, un amplificateur différentiel et comprend une quatrième unité d'amplification,
 - un cinquième amplificateur différentiel étant prévu pour mesurer la différence de potentiel entre les zones des têtes de mesure de la paire de thermo-éléments exposée au champ magnétique,
 - un sixième amplificateur différentiel étant prévu

pour mesurer la différence de potentiel entre les zones des têtes de mesure de la paire de thermo-éléments non influencée par le champ magnétique,
- l'unité de traitement de signaux comportant des éléments de commutation analogiques grâce auxquels par combinaison des tensions thermiques amplifiées et des différences de potentiel, un signal proportionnel à la vitesse est déterminé.

Selon une autre caractéristique de l'invention, entre les sorties des unités d'amplification et des entrées de l'unité de traitement de signaux, sont disposés des filtres passe-bas.

Enfin, selon une autre caractéristique de l'invention, l'unité de traitement de signaux est constituée par des convertisseurs analogiques-numériques pour les signaux de mesure et par une installation de traitement numérique de données pour déterminer la vitesse.

La nouvelle sonde de mesure de la vitesse d'écoulement se différencie du type de construction décrit (figure 1) en ce que deux thermo-éléments supplémentaires sont introduits dans la sonde dans des positions non influencées par le champ magnétique (3 et 4 sur la figure 3). Pour le prélèvement des signaux de sonde, on met en oeuvre, soit des thermo-éléments avec des pointes de mesure Cr/Al mises à la terre (figure 3) ou bien des thermo-éléments à trois conducteurs avec des pointes de mesure Cr/Al isolées pour mesurer la température et avec un fil d'acier soudé sur la pointe de mesure avec l'enveloppe du thermo-élément (figure 4).

Grâce à cette disposition, on peut, en mesurant deux différences de potentiel et quatre températures, obtenir une compensation complète en température.

En introduisant les désignations suivantes :

U = tension de signal mesurée,

E = composante vitesse de la tension de signal,

ΔT = différence de température entre les points de mesure,

S = coefficient de Seebeck
indices :

A = électrode en alumel

C = électrode en cromel

10 N = métal liquide (sodium)

S = électrode en acier,

1, 2, 3, 4 = positions de mesure

On a pour les différences de potentiel entre les électrodes de prélèvement dans les positions de mesure 2 et 1, de façon correspondante à la réalisation de la sonde selon la figure 3 :

$$U_{21A} = E_{21} + \Delta T_{21} (S_N - S_A) \quad (1)$$

$$U_{21C} = E_{21} + \Delta T_{21} (S_N - S_C) \quad (2)$$

et dans le cas de la réalisation avec des thermo-éléments à trois conducteurs selon la figure 4 :

$$U_{21S} = E_{21} + \Delta T_{21} (S_N - S_S) \quad (3)$$

ou bien pour les positions de mesure 3 et 4, non influencées par le champ magnétique :

$$U_{43A} = \Delta T_{43} (S_N - S_A) \quad (4)$$

$$25 \quad U_{43C} = \Delta T_{43} (S_N - S_C) \quad (5)$$

et

$$U_{43S} = \Delta T_{43} (S_N - S_S) \quad (6)$$

Si l'on introduit l'égalité (4) dans l'égalité (1) ou bien l'égalité (5) dans l'égalité (2), on obtient :

$$30 \quad E_{21} = U_{21A} - U_{43A} \times \frac{\Delta T_{21}}{\Delta T_{43}} \quad (7)$$

et

$$E_{21} = U_{21C} - U_{43C} \times \frac{\Delta T_{21}}{\Delta T_{43}} \quad (8)$$

ou bien dans le cas des thermo-éléments à trois conducteurs :

$$E_{21} = U_{21S} - U_{43S} \times \frac{\Delta T_{21}}{\Delta T_{43}} \quad (9)$$

A partir des égalités (7) et (8) le rapport des distances de températures $\Delta T_{21} / \Delta T_{43}$ peut être éliminé. Après quelques étapes de calcul, on obtient pour la tension de signal indépendante de la température :

$$E_{21} = \frac{U_{21A} - U_{21C} \frac{U_{43A}}{U_{43C}}}{\frac{U_{43A}}{U_{43C}}} \quad (10)$$

En mesurant les quatre tensions U_{21A} , U_{21C} , U_{43A} , U_{43C} , d'une sonde réalisée selon la figure 3, on peut en conséquence, grâce à l'égalité (10) calculer une tension de signal E_{21} dépendant uniquement de la vitesse.

La figure 5 montre le principe de la préparation du signal pour la réalisation A de la sonde selon la figure 3. Elle peut être réalisée avec des composants analogiques appropriés. Mais il y a toutefois lieu de veiller à ce que l'on mette en oeuvre des amplificateurs 8, 9, 10, 12 de faible bruit et de faible dérive. Le filtre passe-bas 19 branché à la suite de l'amplificateur, est nécessaire pour la pondération dans le temps d'un signal de sonde fluctuant. Une constante de temps de 10 secondes est suffisante pour la plupart des applications. Avec la valeur limite (GW) on peut présélectionner la différence de température au-dessous de laquelle la compensation de température peut être supprimée.

Au lieu des amplificateurs analogiques des filtres passe-bas, on peut avantageusement mettre en oeuvre des voltmètres numériques intégrant à haute résolution et les valeurs mises sous forme numérique reçoivent un complément de traitement sur un calculateur. Ce mode d'exploitation améliore la précision de la mesure.

Dans le cas où entre les positions de mesure 3 et 4, on a un gradient de température de quelques K, l'égalité (10) peut être appliquée sans difficulté. Pour de très faibles gradients de température ($\Delta T_{43} < 0,1$ K), l'exploitation selon l'égalité (10) est toutefois imprécise, car alors le compteur et le dénominateur du quotient U_{43A}/U_{43C} tendent simultanément vers zéro. Pour de petites modifications autour d'une valeur moyenne fixe de la température, les tensions de mesure U_{43A} et U_{43C} peuvent toutefois être considérées comme étant proportionnelles l'une à l'autre. En introduisant une constante de proportionnalité sans dimension C^* , on peut en conséquence poser:

$$U_{43A} = C^* U_{43C} \quad (11)$$

Ainsi, l'égalité (10) se simplifie pour devenir :

$$E_{21} = \frac{U_{21A} - U_{21C} \cdot C^*}{1 - C^*} \quad (12)$$

L'évaluation selon l'égalité (12) est possible lorsque C^* a été au préalable déterminé lors d'un essai avec des gradients de température très importants. Il y a toutefois lieu de veiller, dans ce cas, à ce que C^* est en outre dépendant de la température absolue.

Une autre simplification pour la détermination de la tension de signal E_{21} est obtenue lorsque le gradient de température disparaît entre les conditions de mesure 1 et 2. Dans ce cas, les tensions de signal U_{21A} et U_{21C} ne dépendent plus que la vitesse et sont, en conséquence, de même grandeur.

$$U_{21A} = U_{21C} \text{ pour } \Delta T_{12} = 0 \quad (13)$$

Ainsi, l'égalité (12) se transforme en les relations connues de sondes de mesure sans compensation de température

$$E_{21} = U_{21A} \quad (14a)$$

ou bien

$$E_{21} = U_{21c} \quad (14b)$$

Comme déjà mentionné, l'évaluation avec l'égalité (10) dans le cas de faibles gradients de température entre les positions de mesure 3 et 4, est im-
5 précise. Pour éviter en outre, des difficultés possibles lors de la détermination de la constante de proportionnalité C^* pour l'évaluation selon l'égalité (12) par suite de la dépendance supplémentaire de la
10 température absolue du fluide, il est avantageux, pour l'application pratique, de prédéfinir une limite inférieure pour la tension de sonde U_{43c} , par exemple :

$U_{43c} = 4 \mu V$. Si la mesure donne pour la tension de sonde U_{43c} , des valeurs plus petites que $4 \mu V$, on doit
15 procéder à l'évaluation selon l'égalité (14a) ou bien (14b), c'est-à-dire que la compensation en température est supprimée. Le résultat est alors d'autant plus précis que le gradient de température sur la sonde est plus faible. La détermination de la limite inférieure
20 au-dessus de laquelle l'évaluation doit s'opérer selon l'égalité (10) dépend, d'une part, de la vitesse d'écoulement à mesurer ou bien de la sensibilité du signal de sonde par rapport à la vitesse d'écoulement et, d'autre part, de la qualité de la mesure de température.
25 Une résolution et une précision élevées du dispositif de mesure de la température, permet de prédéfinir une limite inférieure plus basse, une vitesse d'écoulement réduite ou bien une faible sensibilité de la sonde pour la vitesse qui l'exige.

30 Pour la mesure pratique, il est en conséquence également avantageux, de faire appel pour l'évaluation, non pas à la valeur momentanée, mais à une valeur moyenne de la température formée avec un temps d'intégration suffisant.

35 Une autre possibilité pour déterminer la

tension de signal E_{21} dépendant de la température, avec une sonde de la forme de construction A selon la figure 3, consiste à mesurer les différences de température ΔT_{21} et ΔT_{43} en supplément à deux tensions de sondes de même type dans les deux plans de mesure (U_{21A} , U_{43A} , ou bien U_{21C} , U_{43C}), (figure 6). Cette forme d'évaluation peut également être utilisée dans le cas de sondes de la forme de construction B selon la figure 4, lorsque, en supplément aux différences de températures mentionnées T_{21} et T_{43} , les tensions de sondes U_{21S} et U_{43S} sont mesurées (figure 7).

Pour les différences de température aux positions de mesures 2 et 1, ou bien 4 et 3, on a ($U_{1/2/3/4 AC}$ étant la tension thermique de la position de mesure) :

$$T_{21} \sim (U_{2AC} - U_{1AC}) \quad (15a)$$

et

$$T_{43} \sim (U_{4AC} - U_{3AC}) \quad (15b)$$

tandis que pour le rapport des deux différences de température, on a :

$$\frac{\Delta T_{21}}{\Delta T_{43}} = \frac{U_{2AC} - U_{1AC}}{U_{4AC} - U_{3AC}} \quad (16)$$

L'introduction de l'égalité (16) dans les égalités (7), (8), (9) donne les relations suivantes :

$$E_{21} = U_{21A} - U_{43A} \times \frac{U_{2AC} - U_{1AC}}{U_{4AC} - U_{3AC}} \quad (17)$$

$$E_{21} = U_{21C} - U_{43C} \times \frac{U_{2AC} - U_{1AC}}{U_{4AC} - U_{3AC}} \quad (18)$$

$$E_{21} = U_{21S} - U_{43S} \times \frac{U_{2AC} - U_{1AC}}{U_{4AC} - U_{3AC}} \quad (19)$$

Dans les égalités (17) à (19), pour les gradients de température décroissants, les tensions de sondes dans le plan de mesure 43 (U_{43A} , U_{43C} , U_{43S}), comme également le numérateur et le dénominateur du quotient, tendent vers zéro. Pour les tensions de sonde proportionnelles aux gradients de température dans le plan de mesure 43, on a :

$$U_{43A,C,S} = k_{A,C,S} \cdot (U_{4AC} - U_{3AC}) \quad (20)$$

Les facteurs de proportionnalité k_A , k_C ou k_S peuvent être déterminés par étalonnage, mais ils sont également dépendants de la température absolue comme la constante C^* dans l'égalité (11). En conséquence, on a également ici, pour la mesure pratique, la façon de procéder évoquée en corrélation avec l'égalité (10) et l'égalité (12).

Un avantage de la réalisation A de la sonde selon la figure 3 est que, lors de l'utilisation de thermo-éléments Cr/Al avec des pointes de mesure mises à la terre, l'endroit du prélèvement de potentiel et celui de la mesure de température coïncident. L'inconvénient de ce type de construction est toutefois que la pénétration de métal liquide dans la pointe de mesure, et donc un décalage de l'endroit où se fait effectivement la mesure, ne peut pas être détecté. Cela pourrait fausser le résultat de la mesure sans qu'on puisse le contrôler.

La réalisation B de la sonde, selon la figure 4, évite cet inconvénient, car grâce à la mesure de la résistance d'isolation de l'emplacement de mesure T_I , la pénétration de métal liquide peut être facilement constatée. Cependant, dans le cas de cette réalisation, les emplacements de mesure pour le potentiel électrique et pour la mesure de la température, sont séparés spatialement, ce qui a éventuellement un effet désavantageux sur la précision de la mesure. En outre, dans le cas de la réalisation selon la figure 4, il n'y a respectivement qu'une seule électrode de mesure disponible à chaque position de thermo-élément. En conséquence, la réalisation de la sonde, selon la figure 3, comporte certes un nombre plus réduit de conducteurs allant aux électrodes, mais en ce qui concerne la mesure des signaux de sondes superposés (vitesse plus température), elle est plus redondante que la réalisation selon la figure 4.

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

1.- Sonde inductive d'écoulement pour mesurer la vitesse locale d'écoulement d'un écoulement de métal liquide, sonde constituée par un tube de sonde
5 fermé d'un côté qui est placé dans l'écoulement de métal liquide, avec au moins un aimant permanent disposé dans ce tube de sonde et magnétisé transversalement par rapport à la direction principale d'écoulement, une paire de thermo-éléments (1, 2) étant exposée au
10 champ magnétique de cet aimant et un circuit d'exploitation étant prévu pour déterminer la vitesse d'écoulement locale compensée en température, sonde caractérisée en ce qu'au moins une autre paire de thermo-éléments (3, 4) est disposée dans le tube de sonde,
15 dans une zone non influencée par le champ magnétique de cet aimant permanent.

2.- Sonde inductive d'écoulement selon la revendication 1, caractérisée en ce que les têtes de mesure des paires de thermo-éléments (1, 2 et 3, 4)
20 sont susceptibles d'être rendues solidaires du tube de sonde.

3.- Sonde inductive d'écoulement selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que les têtes de mesure des paires de thermo-éléments (1, 2 et 3, 4) sont chacune reliées de façon
25 électriquement conductrice, avec un fil d'acier grâce auquel le potentiel électrique est mesuré dans la zone de la tête de mesure correspondante.

4.- Sonde inductive d'écoulement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que les paires de thermo-éléments (1, 2 et 3, 4) comportent des pointes de mesure en Cr/Al.
30

5.- Circuit d'exploitation pour la sonde inductive d'écoulement selon la revendication 1, avec
35 des unités d'amplification pour les tensions de mesure

des thermo-éléments et avec une unité de préparation de signaux pour déterminer le signal de vitesse compensée en température, circuit caractérisé en ce que :

- la première unité d'amplification (21), associée à la paire de thermo-éléments (1, 2) influencée par le champ magnétique, comporte pour la tension de mesure U_{21A} sur la première paire de conducteurs (A_1 , A_2) thermo-électriquement identiques, un premier amplificateur différentiel (8), et pour la tension de mesure U_{21C} sur l'autre paire de conducteurs (C_1 , C_2) thermo-électriquement identiques, un second amplificateur différentiel (9).
- la deuxième unité d'amplification (22), associée à la paire de thermo-éléments (3, 4) non influencée par le champ magnétique, comporte pour la tension de mesure U_{43A} sur la première paire de conducteurs (A_3 , A_4) thermo-électriquement identiques, un troisième amplificateur différentiel (10) et pour la tension de mesure U_{43C} sur l'autre paire de conducteurs (C_3 , C_4) thermo-électriquement identiques, un quatrième amplificateur différentiel (12),
- l'unité de traitement de signaux (13) comprend des éléments de commutation analogiques grâce auxquels, par combinaison des tensions de mesure amplifiées des thermo-éléments, un signal E_{21} , proportionnel à la vitesse, est déterminé.

6.- Circuit d'exploitation pour la sonde inductive d'écoulement selon la revendication 2, avec des unités d'amplification pour les tensions de mesure des thermo-éléments et une unité de traitement de signaux pour déterminer le signal de vitesse compensée en température, circuit caractérisé en ce que :

- la troisième unité d'amplification (23), associée aux thermo-éléments (1, 2, 3, 4), comporte un amplificateur différentiel (14) pour chacune des tensions

- thermiques (U_{1AC} , U_{2AC} , U_{3AC} , U_{4AC}),
- la première unité d'amplification (21) associée à la paire de thermo-éléments (1, 2) influencée par le champ magnétique, comporte un premier amplificateur différentiel (8) sur lequel est branchée, côté entrée, au moyen d'une première unité de commutation (17), soit la tension de mesure U_{21A} de la première paire de conducteurs (A_1 , A_2) thermo-électriquement identiques, soit la tension de mesure U_{21C} de l'autre paire de conducteurs (C_1 , C_2) thermo-électriquement identiques.
 - la deuxième unité d'amplification (22) associée à la paire de thermo-éléments (3, 4) non influencée par le champ magnétique, comporte un troisième amplificateur différentiel (10) sur lequel est branchée, côté entrée, au moyen d'une deuxième unité de commutation (18), soit la tension de mesure U_{43A} de la première paire de conducteurs (A_3 , A_4) thermo-électriquement identiques, soit la tension de mesure U_{43C} de l'autre paire de conducteurs (C_3 , C_4) thermo-électriquement identiques,
 - l'unité de traitement de signaux (13') comporte les éléments de circuits analogiques grâce auxquels, par combinaison des tensions de mesure amplifiées des thermo-éléments, un signal E_2 , proportionnel à la vitesse d'écoulement est déterminé.

7.- Circuit d'exploitation pour la sonde inductive d'écoulement selon la revendication 3, avec des unités d'amplification pour les tensions de mesure des thermo-éléments et avec une unité de traitement de signaux pour déterminer le signal de vitesse compensée en température, circuit d'exploitation caractérisé en ce que :

- la troisième unité d'amplification (23) associée aux thermo-éléments (1, 2, 3, 4) comporte pour chacune

des tensions thermiques (U_{1AC} , U_{2AC} , U_{3AC} , U_{4AC}) un amplificateur différentiel (14) et comprend une quatrième unité d'amplification (24),

- un cinquième amplificateur différentiel (15) étant
5 prévu pour mesurer la différence de potentiel (U_{21S}) entre les zones des têtes de mesure de la paire de thermo-éléments (1, 2) exposés au champ magnétique,
- un sixième amplificateur différentiel (16) étant
10 prévu pour mesurer la différence de potentiel (U_{43S}) entre les zones des têtes de mesure de la paire de thermo-éléments (3, 4) non influencés par le champ magnétique.
- l'unité de traitement de signaux (13) comportant des
15 éléments de commutation analogiques grâce auxquels, par combinaison des tensions thermiques amplifiées (U_{1AC} , U_{2AC} , U_{3AC} , U_{4AC}) et des différences de potentiel (U_{21S} , U_{43S}) un signal E_2 , proportionnel à la vitesse est déterminé.

8.- Circuit d'exploitation selon l'une quel-
20 conque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que, entre les sorties des unités d'amplification et des entrées de l'unité de traitement de signaux (13), sont disposés des filtres passe-bas (19).

9.- Circuit d'exploitation selon l'une quel-
25 conque des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que l'unité de traitement de signaux (13) est constituée par des convertisseurs analogiques-numériques pour les signaux de mesure et par une installation de traitement numérique de données pour déterminer la vitesse.

Fig. 1

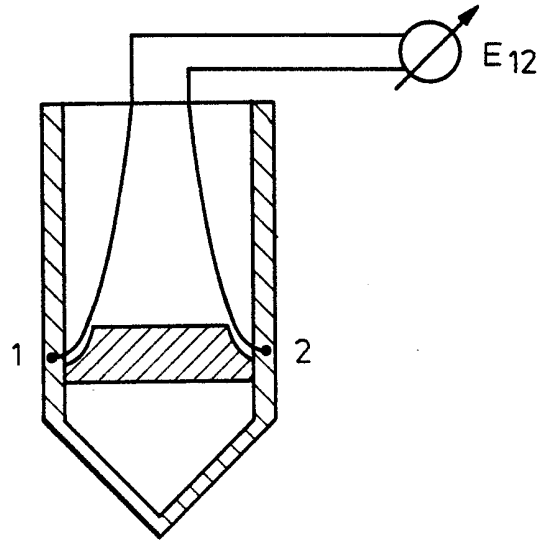
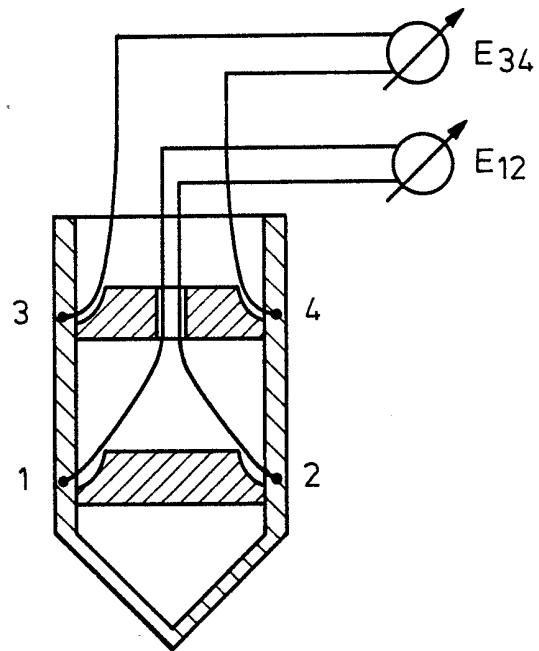


Fig. 2



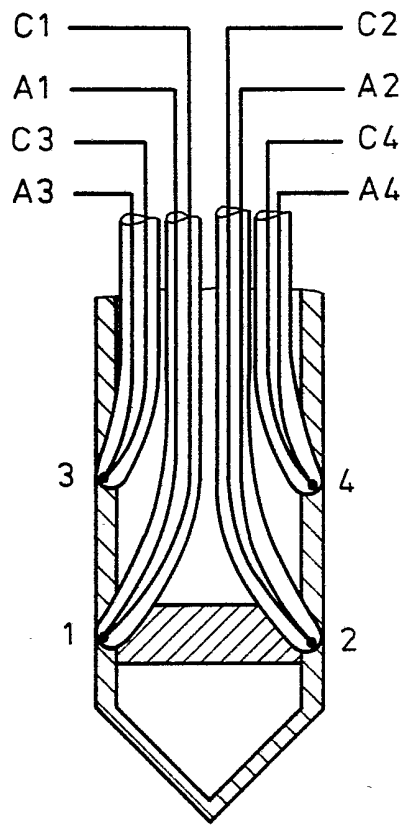


Fig. 3

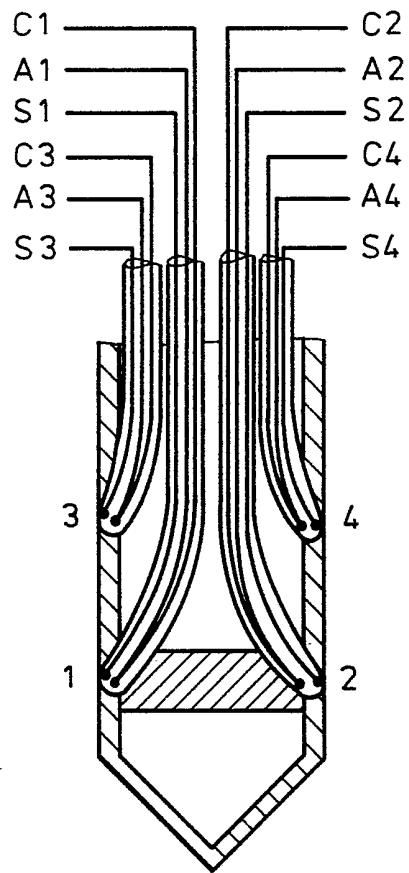


Fig. 4

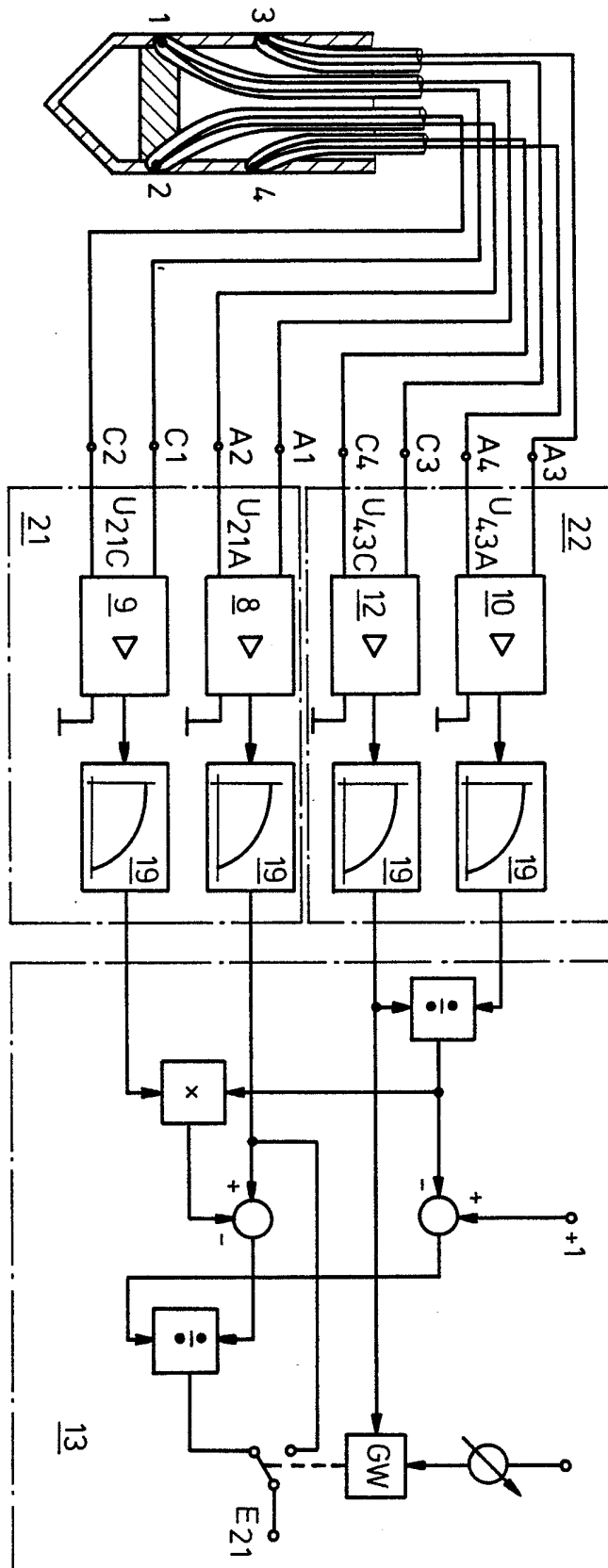


Fig. 5

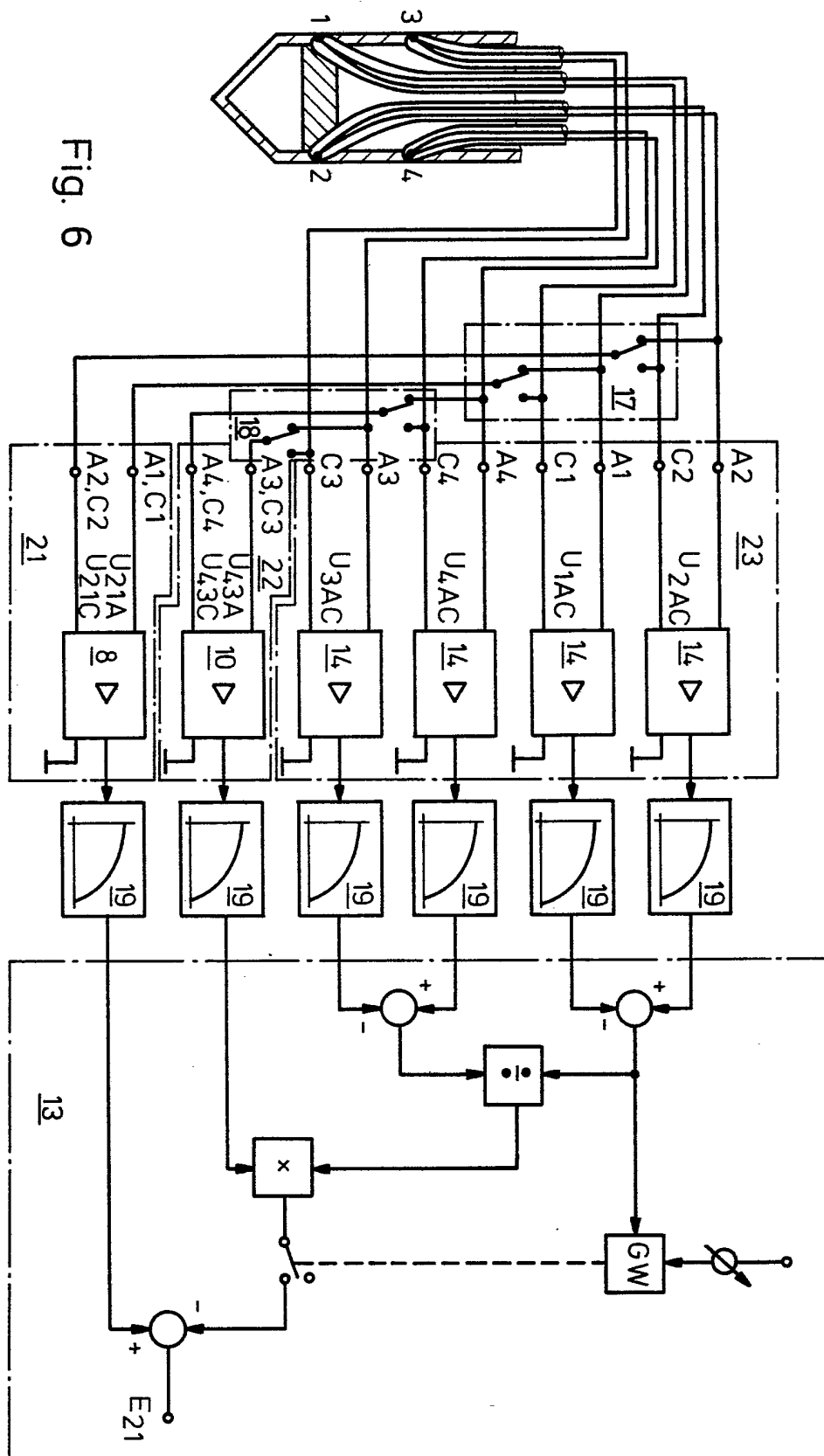


Fig. 6

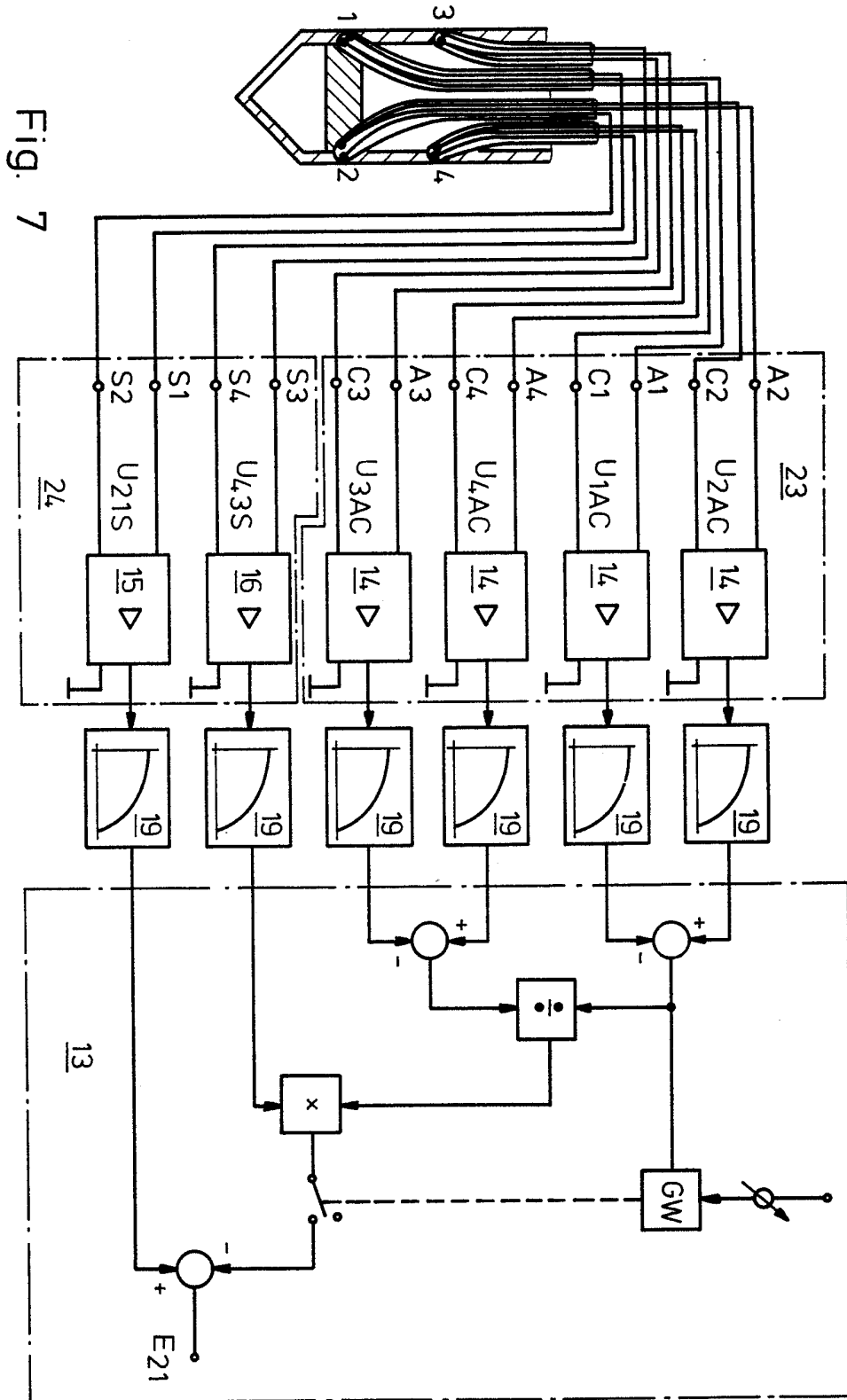


Fig. 7