

12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

22) Date de dépôt : 19 mars 1984.

30) Priorité :

43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 38 du 20 septembre 1985.

60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

71) Demandeur(s) : Société anonyme dite : ENERTEC. —
FR.

72) Inventeur(s) : Jean Marcoux et Christopher Barratt.

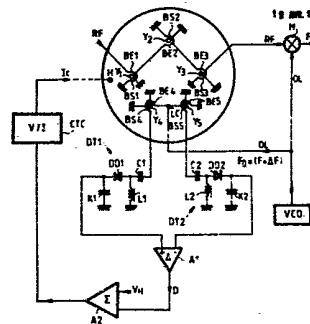
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : Jean-Paul Bentz, Giers-Schlumberger.

54) Dispositif de contrôle de la fréquence d'un filtre à résonance gyromagnétique.

57) Le dispositif comprend essentiellement un discriminateur
de fréquence Y4, Y5, DT1, DT2, A1 physiquement intégré dans
le filtre à résonance gyromagnétique Y1, Y2, Y3 de manière à
être soumis à toutes les influences régnant dans ce dernier.

Le dispositif, applicable aux récepteurs hyperfréquence à
large bande, permet de contrôler directement la fréquence de
travail du filtre en fonction d'une fréquence de référence.



DISPOSITIF DE CONTROLE DE LA FREQUENCE
D'UN FILTRE A RESONANCE GYROMAGNETIQUE

5 La présente invention concerne un dispositif de contrôle de la fréquence de travail, associée à un champ magnétique de travail, d'un filtre à résonance gyromagnétique, en fonction d'une fréquence de référence à laquelle correspond, au moins de façon théorique, un champ magnétique de référence.

10

Les filtres à résonance gyromagnétique utilisent des résonateurs monocristallins, par exemple de ferrite YIG ou GaYIG (grenat yttrium-fer ou grenat yttrium-fer-gallium), ou de ferrite de lithium, ou de baryum, placés dans le champ magnétique continu d'un électro-aimant.

15

Le réglage de l'intensité de ce champ magnétique permet de régler la fréquence de travail du filtre, qui fonctionne en passe-bande. En raison de leur correspondance biunivoque dans la théorie de la résonance gyromagnétique, les notions de fréquence d'un signal et d'intensité d'un champ magnétique peuvent d'ailleurs être substituées l'une à l'autre aussi longtemps que les phénomènes concernés sont ceux de la résonance gyromagnétique.

25

Dans les filtres à résonateurs gyromagnétiques, un signal d'entrée hyperfréquence (RF) appliqué à l'une des extrémités d'une boucle d'entrée, dont l'autre extrémité est à la masse, excite le résonateur.

30

Le signal de sortie RF filtré est récupéré sur une boucle de sortie du filtre, analogue à la boucle d'entrée mais disposée dans un plan perpendiculaire à celui qui contient la boucle d'entrée.

35

Ces filtres bien connus permettent de sélectionner des

signaux dans une bande de fréquence qui peut être considérée comme relativement étroite par rapport à la fréquence des signaux sélectionnés.

5 Lorsque de tels filtres sont utilisés avec d'autres organes, tels que des oscillateurs, dans des appareils complexes, tels que des analyseurs de spectres, il est nécessaire que les fréquences de travail des organes combinés satisfassent à des relations bien définies.

10

Par exemple, la fréquence centrale de travail d'un filtre, et la fréquence d'oscillation d'un oscillateur local combiné à ce filtre dans un analyseur de spectre, doivent pouvoir être modifiées ensemble tout en gardant un écart de
15 fréquence constant.

Cette contrainte est la source de difficultés d'autant plus importantes que l'écart de fréquence à garder constant est faible par rapport à la fréquence de travail du filtre, que
20 l'intensité du champ magnétique de travail du filtre n'est pas connue directement, mais seulement par la relation théorique qui la lie à l'intensité du courant alimentant l'électro-aimant qui crée ce champ magnétique, et que
25 différents facteurs, principalement la température, sont responsables d'un certain décalage entre la fréquence de résonance réelle du filtre et la fréquence de résonance théorique telle que la prévoit la relation théorique qui la lie au champ magnétique appliqué.

30 Dans ce contexte, le but de la présente invention est d'écarter les difficultés précédemment mentionnées en proposant un dispositif de contrôle de la fréquence de travail d'un filtre à résonance gyromagnétique qui n'agisse pas seulement en fonction de la valeur du courant
35 d'alimentation de l'électro-aimant du filtre, ni même en

fonction de la valeur du champ magnétique créé par cet électro-aimant, mais directement en fonction de cette fréquence de travail.

5 Le dispositif de l'invention est essentiellement
caractérisé en ce qu'il comprend un discriminateur de
fréquence physiquement intégré au filtre et soumis aux
influences régnant dans ce dernier, ce discriminateur
comportant des premier et second résonateurs
10 gyromagnétiques soumis non seulement au champ magnétique de
travail du filtre mais en outre à des premier et second
champs magnétiques locaux supplémentaires respectifs
formant, avec le champ magnétique de travail du filtre, des
premier et second champs magnétiques résultants, dont les
15 intensités sont respectivement supérieure et inférieure à
celle du champ magnétique de référence, et en ce que ces
résonateurs sont tous deux excités par un signal
électromagnétique à la fréquence de référence, de manière à
produire, sur des sorties respectives, des signaux de
20 sortie respectifs dépendant chacun de l'amplitude et/ou du
signe du déséquilibre entre le champ magnétique résultant
auquel est soumis le résonateur concerné et le champ
magnétique de référence correspondant au signal à la
fréquence de référence que reçoit ce résonateur, ce
25 dispositif comportant des organes d'asservissement recevant
ces deux signaux de sortie et agissant sur l'intensité du
champ magnétique de travail du filtre, dans un sens propre
à réduire l'amplitude et/ou changer le signe du
déséquilibre affectant le résonateur présentant le
30 déséquilibre le plus grand.

Dans le cas où la fréquence de travail du filtre doit
présenter par rapport à la fréquence de référence un
décalage non nul, la demi-somme des premier et second
35 champs magnétiques locaux supplémentaires est fixée à une

valeur non nulle, correspondant au décalage désiré entre la fréquence de travail du filtre et la fréquence de référence.

5 Dans un mode de réalisation simple, les organes d'asservissement comprennent des premier et second détecteurs reliés aux sorties respectives des premier et second résonateurs, et délivrant des signaux de sortie respectifs, représentatifs desdits déséquilibres, et sensiblement continus.

10

Les sorties des premier et second détecteurs sont par exemple reliées aux entrées d'un amplificateur différentiel délivrant un signal d'erreur dont la polarité et l'amplitude sont respectivement représentatives du signe et de l'amplitude de l'écart entre la valeur de la fréquence réelle de travail du filtre et la valeur qu'elle devrait avoir en fonction de la valeur de la fréquence de référence.

15

De préférence, la ligne conduisant ledit signal à la fréquence de référence jusqu'aux premier et second résonateurs est commune à ces deux résonateurs.

20

Dans le cas où la fréquence de travail du filtre est décalée par rapport à la fréquence de référence, les deux champs magnétiques locaux supplémentaires sont de préférence formés par la superposition d'un champ magnétique commun uniforme pour les deux résonateurs, et de deux champs respectifs de même intensité et de sens contraires, créés par une boucle de courant croisée.

25

30

L'invention est applicable aux analyseurs de spectres, dans lesquels le fonctionnement du filtre est lié à celui d'un oscillateur local. Plus généralement, l'invention est applicable aux récepteurs hyperfréquence à large bande et à tous les systèmes utilisant un filtre à résonance

35

gyromagnétique dont la fréquence de travail doit être réglée en fonction d'une fréquence de référence. Dans la plupart des cas envisageables, le signal à la fréquence de référence utilisé est le signal de sortie d'un oscillateur local.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence au dessin annexé dans lequel :

- la figure 1 est une vue d'ensemble du dispositif, sur laquelle les moyens de production des champs magnétiques locaux ont été omis pour des raisons de clarté,
- la figure 2 est une vue schématique représentant les moyens de production des champs magnétiques locaux, et
- la figure 3 est un diagramme représentant l'amplitude D de la différence des signaux de sortie des détecteurs en fonction de l'écart entre le champ magnétique moyen total auquel est soumis le discriminateur et le champ magnétique correspondant à la fréquence de référence.

La présente invention concerne les filtres passe-bande du type filtre YIG ou GaYIG, et le contrôle de leur fréquence de travail.

Ces filtres comprennent, de façon connue, au moins un, et par exemple trois résonateurs de ferrite Y_1 , Y_2 , Y_3 soumis d'une part à un champ magnétique continu réglable H et d'autre part au rayonnement électromagnétique d'un signal d'entrée hyperfréquence RF circulant dans une boucle d'entrée BE1, BE2, BE3, entourant au moins partiellement le

résonateur et disposée dans un plan parallèle au champ magnétique H.

5 Pour chaque résonateur est prévue une boucle de sortie BS1, BS2, BS3, analogue à la boucle d'entrée mais perpendiculaire à celle-ci.

10 Chaque résonateur induit dans la boucle de sortie qui lui est associée un signal de sortie RF se situant dans une bande dont la fréquence centrale est réglée par l'intensité du champ H et dont l'amplitude dépend de l'amplitude du spectre de fréquence du signal d'entrée RF dans cette bande.

15 Les résonateurs sont maintenus par des barreaux de matériau amagnétique (non représentés) dans l'entrefer EF (fig. 2) d'un électro-aimant composé d'un pôle inférieur AI et d'un pôle supérieur AS. Le champ H est contrôlé en fonction du courant électrique I_c alimentant cet électro-aimant.

20 Les figures 1 et 2 représentent un filtre à trois résonateurs en cascade. Le signal de sortie des deux premiers résonateurs Y_1 , Y_2 constitue le signal d'entrée des résonateurs respectifs suivants Y_2 , Y_3 , et comme le montre la figure 1, une extrémité de chaque boucle
25 BE1 à BE3 et BS1 à BS3 est reliée à la masse.

30 Le signal de sortie RF du filtre est par exemple mélangé, dans un mélangeur M, au signal de sortie OL d'un oscillateur local, par exemple un oscillateur VCO commandé en tension, en vue de produire un signal à fréquence intermédiaire FI.

35 Par exemple, la fréquence du signal RF filtré peut être de l'ordre de quelques gigahertz à une vingtaine de gigahertz, et la fréquence du signal FI, qui est égale à la différence

entre la fréquence du signal filtré RF et celle du signal de référence OL, peut être de l'ordre de quelques centaines de mégahertz.

- 5 Le dispositif de l'invention a pour fonction d'ajuster à une valeur désirée, par rapport à la fréquence du signal de référence OL, la fréquence de travail du filtre.

A cette fin, ce dispositif comprend essentiellement : deux
10 résonateurs gyromagnétiques Y_4 , Y_5 faisant partie d'un discriminateur de fréquence; deux détecteurs DT1, DT2 respectivement reliés aux boucles de sorties BS4, BS5 des résonateurs Y_4 , Y_5 ; un amplificateur différentiel A1 recevant les signaux de sortie des détecteurs; un
15 amplificateur sommateur A2 réalisant la somme algébrique du signal de sortie de l'amplificateur différentiel et d'une tension de réglage V_H ; et un convertisseur tension-courant CTC alimenté par l'amplificateur sommateur A2 et produisant le courant d'alimentation I_C de
20 l'électro-aimant du filtre.

Les résonateurs Y_4 , Y_5 reçoivent sur leurs boucles d'entrée respectives BE4, BE5, le signal d'oscillateur local OL, pris comme référence de fréquence.

25 Ces résonateurs Y_4 , Y_5 sont, comme les résonateurs du filtre, disposés dans l'entrefer de l'électro-aimant du filtre et sont donc soumis au champ magnétique de travail H du filtre, ainsi qu'à toutes les influences auxquelles sont
30 également soumis les résonateurs Y_1 , Y_2 , Y_3 .

Cependant, comme le montre la figure 2, les résonateurs Y_4 , Y_5 du discriminateur de fréquence sont en outre soumis à des champs magnétiques locaux supplémentaires,
35 d'intensités respectives $\Delta H + \Delta h$ et $\Delta H - \Delta h$, formant, avec

le champ de travail H du filtre, des champs résultants respectifs d'intensités $H + \Delta H + \Delta h$ et $H + \Delta H - \Delta h$.

5 Les champs locaux supplémentaires $\Delta H + \Delta h$ et $\Delta H - \Delta h$ sont formés par la superposition d'un champ magnétique ΔH commun aux deux résonateurs et de deux champs magnétiques Δh et $-\Delta h$ de même intensité mais de sens contraire.

10 Le champ local commun ΔH est produit par une boucle de courant, à une ou plusieurs spires, disposée dans l'entrefer EF de l'électro-aimant du filtre à proximité des résonateurs Y_4 , Y_5 , et alimentée par une source de courant continu SI délivrant un courant d'intensité I .

15 Les champs locaux contraires Δh et $-\Delta h$ sont produits par une boucle de courant croisée, à une ou plusieurs spires, également disposée dans l'entrefer EF de l'électro-aimant à proximité des résonateurs.

20 La boucle de courant est croisée entre les deux résonateurs, et alimentée par une source de courant continu S_1 délivrant un courant d'intensité i .

25 Les champs ΔH et Δh ont des valeurs relativement faibles et correspondent par exemple respectivement à des fréquences de quelques centaines et de quelques dizaines de mégahertz. En raison de ces faibles valeurs, la correspondance théorique entre l'intensité des champs locaux supplémentaires $\Delta H + \Delta h$ et $\Delta H - \Delta h$ et les décalages de
30 fréquence de résonance $\Delta F + \Delta f$ et $\Delta F - \Delta f$ qu'ils introduisent pour les résonateurs Y_4 et Y_5 est supposée vérifiée.

35 La moyenne arithmétique (ou demi-somme) ΔH des intensités des champs locaux supplémentaires est ajustée pour

correspondre au décalage de fréquence ΔF qu'on désire introduire entre la fréquence de référence $F_0 = F + \Delta F$, qui est la fréquence du signal OL de l'oscillateur VCO, et la fréquence F de travail du filtre.

5

Le fonctionnement du dispositif est le suivant :

10 Imaginons que le champ magnétique de travail H du filtre soit trop faible par rapport à la valeur qu'il devrait avoir pour que la fréquence de travail F du filtre soit bien égale à la fréquence de référence F_0 diminuée du décalage ΔF .

15 Ceci signifie que le champ résultant moyen $H + \Delta H$ est trop faible pour correspondre à la fréquence F_0 .

20 En conséquence, le résonateur Y_4 , qui est soumis à un champ résultant $H + \Delta H + \Delta h$, dans lequel le champ supplémentaire local Δh compense partiellement ou totalement la faiblesse du champ H , transmet sur sa boucle de sortie BS4 plus d'énergie que n'en transmet, sur la boucle BS5, le résonateur Y_5 qui est soumis à un champ résultant $H + \Delta H - \Delta h$, plus faible encore que le champ $H + \Delta H$.

25 Les détecteurs DT1 et DT2, dont la fonction n'est essentiellement que de transformer en signaux continus les signaux de sortie des résonateurs Y_4 et Y_5 , délivrent des signaux qui sont les images des niveaux de sortie des résonateurs Y_4 et Y_5 .

30

Ainsi, le niveau du signal de sortie de l'amplificateur différentiel A1, représentatif de la différence entre les signaux de sortie des détecteurs DT1 et DT2 est par exemple représenté par le point P1 de la courbe de la figure 3, dont l'ordonnée est DP1.

35

Un signal de DP1 volts est donc ajouté, dans le sommateur A2, à la tension de consigne V_H qui s'est avérée insuffisante pour assurer au filtre une fréquence de travail $F = F_0 - \Delta F$.

5

Le convertisseur tension courant CTC, qui produit par exemple un courant augmentant avec la tension de commande qu'il reçoit, est commandé par une tension $V_H + DP1$, et produit donc un courant corrigé I_C d'intensité plus grande que s'il était commandé par la seule tension V_H .
10 Le champ magnétique H est ainsi corrigé de manière à rapprocher le point P_1 du point origine 0.

Si, au contraire, le champ H avait été trop fort, correspondant à une erreur de champ magnétique égale à l'abscisse HP2 du point P_2 de la figure 3, le signal de sortie du détecteur DT2 aurait eu un niveau supérieur à celui du signal de sortie du détecteur DT1. L'amplificateur différentiel A1 aurait ainsi délivré un signal négatif
15 d'amplitude DP2 et la tension de commande du convertisseur CTC aurait diminué, entraînant une diminution de l'erreur affectant l'intensité du champ magnétique H.
20

Les détecteurs DT1, DT2, l'amplificateur différentiel A1, l'amplificateur sommateur A2 et le convertisseur CTC réalisent ainsi un asservissement du champ magnétique H dans un sens propre à réduire la différence entre le champ moyen $H + \Delta H$ auquel sont soumis les résonateurs Y_4 , Y_5 , et le champ H_0 correspondant à la fréquence de référence
25 F_0 du signal OL pris comme référence.
30

Les détecteurs DT1, DT2 sont par exemple des détecteurs connus comportant chacun une capacité d'entrée C1, C2, en série avec une diode de sortie DD1, DD2, le point commun à
35 la capacité d'entrée et à la diode de sortie étant relié à

la masse à travers une inductance L1, L2, et la borne de sortie du détecteur étant elle-même reliée à la masse à travers une seconde capacité K1, K2.

- 5 De préférence, comme le montre la figure 1, le signal de référence OL est appliqué directement, par une ligne commune LC, sur les boucles d'entrée BE4 et BE5 des résonateurs Y_4 , Y_5 .
- 10 Par rapport à une solution qui utiliserait un couplage de lignes, l'emploi d'une ligne commune présente le double avantage de conduire à une réalisation plus simple et de permettre une conservation de l'énergie apportée par le signal de référence OL. Ainsi, celui des résonateurs Y_4 ,
- 15 Y_5 dont la fréquence de résonance est le plus compatible avec la fréquence du signal qu'il reçoit bénéficie de l'énergie excédentaire que l'autre résonateur reçoit sans pouvoir la transmettre à sa sortie, en raison du couplage plus faible que cet autre résonateur réalise entre son
- 20 entrée et sa sortie.

25

30

35

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de contrôle de la fréquence de travail, associée à un champ magnétique de travail, d'un filtre à résonance gyromagnétique, en fonction d'une fréquence de référence à laquelle correspond, au moins de façon théorique, un champ magnétique de référence, caractérisé en ce qu'il comprend un discriminateur de fréquence physiquement intégré au filtre et soumis aux influences régnant dans ce dernier, ce discriminateur comportant des premier et second résonateurs gyromagnétiques soumis non seulement au champ magnétique de travail du filtre, mais en outre à des premier et second champs magnétiques locaux supplémentaires respectifs formant, avec le champ magnétique de travail du filtre, des premier et second champ magnétiques résultants, dont les intensités sont respectivement supérieure et inférieure à celle du champ magnétique de référence, et en ce que ces résonateurs sont tous deux excités par un signal électromagnétique à la fréquence de référence de manière à produire, sur des sorties respectives, des signaux de sortie respectifs dépendant chacun de l'amplitude et/ou du signe du déséquilibre entre le champ magnétique résultant auquel est soumis le résonateur concerné, et le champ magnétique de référence correspondant au signal à la fréquence de référence que reçoit ce résonateur, ce dispositif comportant des organes d'asservissement recevant ces deux signaux de sortie et agissant sur l'intensité du champ magnétique de travail du filtre dans un sens propre à réduire l'amplitude et/ou changer le signe du déséquilibre affectant le résonateur présentant le déséquilibre le plus grand.
2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la demi-somme des premier et second champs magnétiques locaux supplémentaires est fixée à une

valeur non nulle, correspondant à un décalage désiré entre la fréquence de travail du filtre et la fréquence de référence.

- 5 3. Dispositif suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que lesdits organes d'asservissement comprennent des premier et second détecteurs reliés aux sorties respectives des premier et second résonateurs, et délivrant des signaux de sortie respectifs, 10 représentatifs desdits déséquilibres, et sensiblement continus.
- 15 4. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les sorties des premier et second détecteurs sont reliées aux entrées d'un amplificateur différentiel délivrant un signal d'erreur dont la polarité et l'amplitude sont respectivement représentatives du signe et de 20 l'amplitude de l'écart entre la valeur de la fréquence réelle de travail du filtre et la valeur qu'elle devrait avoir en fonction de la valeur de la fréquence de référence.
- 25 5. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la ligne conduisant ledit signal à la fréquence de référence jusqu'aux premier et second résonateurs est commune à ces deux résonateurs.
- 30 6. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes combinée à la revendication 2, caractérisé en ce que les deux champs magnétiques locaux supplémentaires sont formés par la superposition d'un champ magnétique commun uniforme pour les deux 35 résonateurs, et de deux champs respectifs de même

intensité et de sens contraires, créés par une boucle de courant croisée.

5 7. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit signal à la fréquence de référence est le signal de sortie d'un oscillateur local auquel le filtre est fonctionnellement lié.

10 8. Application du dispositif selon la revendication 7 à l'adaptation en fréquence d'un filtre et d'un oscillateur dans un analyseur de spectre.

15

20

25

30

35

FIG. 1

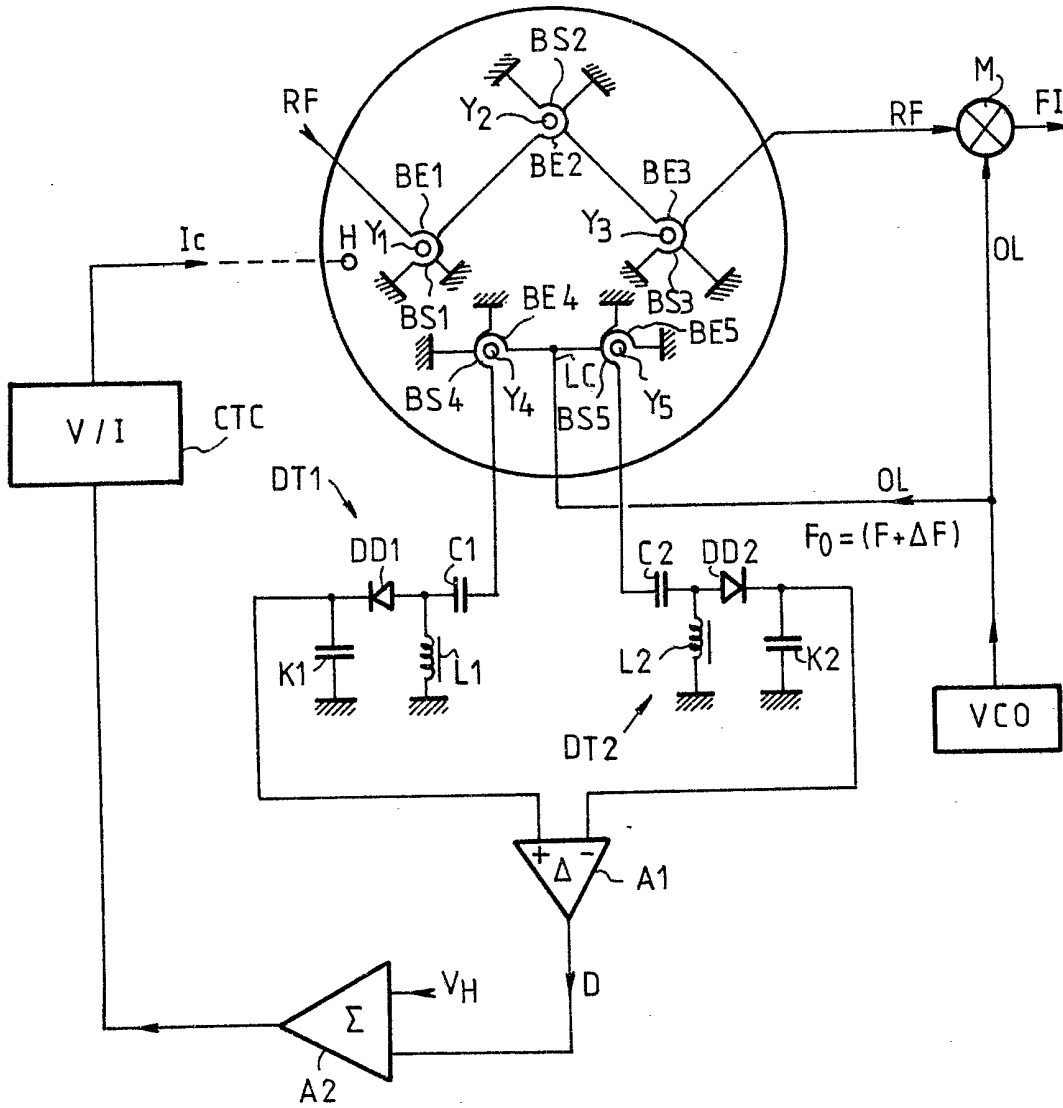


FIG. 2

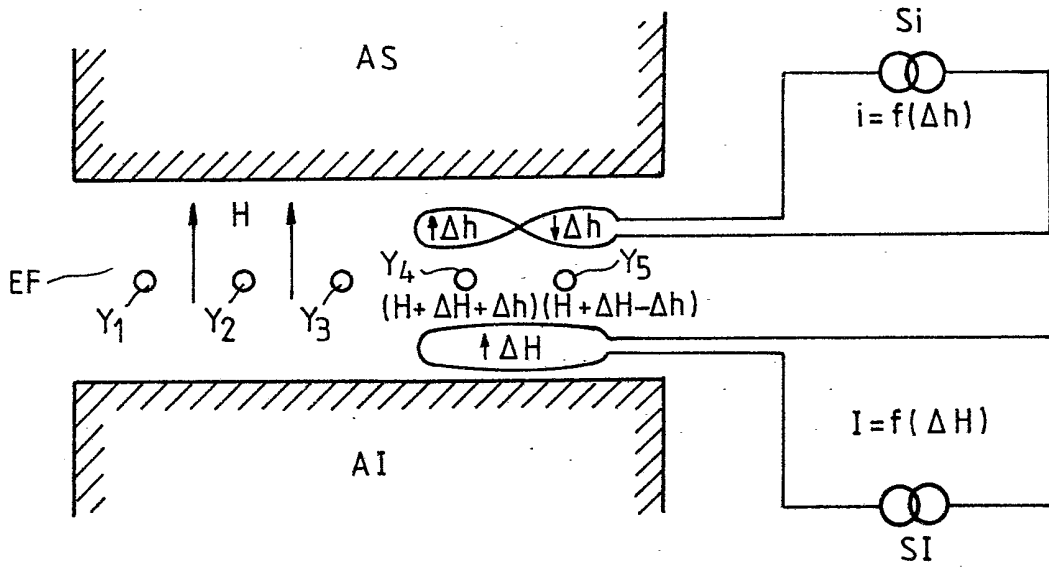


FIG. 3

