

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①⑪ N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 544 868

②① N° d'enregistrement national :

84 05970

⑤① Int Cl³ : G 01 S 15/08; G 03 B 13/20.

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 16 avril 1984.

③⑦ Priorité : US, 21 avril 1983, n° 487 154.

④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 43 du 26 octobre 1984.

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦① Demandeur(s) : Société dite : AMERICAN TELEPHONE
AND TELEGRAPH COMPANY. — US.

⑦② Inventeur(s) : Gabriel Lorimer Miller.

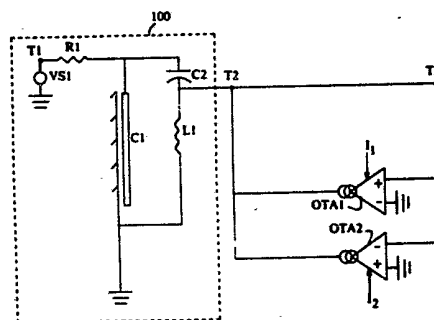
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : Flechner.

⑤④ Système de télémétrie acoustique.

⑤⑦ L'invention concerne la télémétrie acoustique.

Un transducteur acoustique 100 est connecté à un circuit
OTA1, OTA2 dont la conductance est fonction du temps et
peut être commandée de façon électronique. On peut ainsi
appliquer rapidement l'énergie d'excitation au transducteur et
au circuit associé, et amortir ensuite rapidement cette énergie
pour ramener rapidement le transducteur dans un état de
repos. Le cycle de réception du transducteur peut donc com-
mencer plus rapidement après la fin du cycle d'émission, ce
qui permet de mesurer la distance d'objets plus proches.
Application à la robotique.



La présente invention concerne la télémétrie acoustique, et elle porte en particulier sur des dispositifs perfectionnés pour la télémétrie à très courte distance.

La télémétrie acoustique permet la détermination de
5 la distance d'un objet sans contact physique. De tels systèmes fonctionnent de façon caractéristique selon deux cycles ou modes successifs. Dans le mode d'émission, on émet vers un objet situé à une distance inconnue une impulsion ultrasonore (une onde acoustique de fréquence supérieure à environ
10 20 kHz). Dans le mode de réception, on détecte l'énergie sonore réfléchie, ou l'écho, provenant de l'objet. La durée qui sépare la génération de l'impulsion d'émission et la réception de l'écho est proportionnelle à la distance de l'objet.

15 Les appareils photographiques de la marque SX-70 fabriqués par Polaroid Corporation, Cambridge, Massachusetts, constituent un exemple de produits commerciaux qui utilisent la télémétrie ultrasonore. Le télémètre Polaroid comprend un transducteur capacitif qui fonctionne à la fois
20 en émetteur et en récepteur. Cette structure à deux fonctions offre les avantages de l'économie et d'un faible encombrement.

Dans des systèmes de transducteurs à double fonction de l'art antérieur, on ne peut mesurer avec précision
25 que des distances supérieures à une distance minimale d'environ 30 cm. Ceci est dû en grande partie au temps nécessaire pour que le transducteur et des circuits d'attaque associés retournent à un état de repos après le cycle d'émission. Il y a cependant de nombreuses applications
30 prometteuses pour la télémétrie ultrasonore dans lesquelles il est souhaitable de mesurer avec précision des distances beaucoup plus courtes. Par exemple, dans le domaine de la robotique, des capteurs fonctionnant à courte distance présentent un intérêt dans la réalisation d'asservissements.

35 L'invention consiste en un système de télémétrie

acoustique comprenant un circuit résonnant et un transducteur qui fonctionnent dans des cycles d'émission et de réception du système. Des moyens destinés à commander le circuit résonnant comprennent des moyens pour exciter le transducteur de façon qu'il produise des ondes acoustiques, et des moyens pour extraire de l'énergie de manière active, afin d'amortir le circuit et le transducteur pour les amener dans un état de repos.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre de modes de réalisation et en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

La figure 1 est un schéma d'un exemple de circuit conforme à l'invention ;

La figure 2 est un ensemble de graphiques montrant des signaux qui interviennent dans le fonctionnement du circuit de la figure 1 ;

La figure 3 est un schéma d'un circuit constituant un autre exemple de l'invention ;

La figure 4 est un schéma d'un circuit de source de courant commandée utile dans les modes de réalisation des figures 1 et 3 ;

La figure 5 est un graphique montrant un signal représentatif du fonctionnement de systèmes de télémétrie ultrasonores antérieurs ;

La figure 6 est un schéma d'une autre configuration de transducteur utilisable dans le mode de réalisation de la figure 1 ;

La figure 7 est un schéma d'une autre configuration de transducteur utilisable dans le mode de réalisation de la figure 3 ;

La figure 8 est un schéma d'un circuit de protection utilisable dans les modes de réalisation des figures 1 et 3 ; et

La figure 9 est une vue de dessus d'une pince de robot équipée d'un transducteur de télémétrie qui illustre

une application de l'invention.

Sur la figure 1, le cadre 100 contient un circuit oscillant ou résonnant LC qui comprend un condensateur C2 connecté en série avec une inductance L1. Le condensateur C2 peut avoir une valeur d'environ 0,05 microfarads et l'inductance L1 peut avoir une valeur d'environ 10 millihenrys. Un transducteur capacitif C1, d'une valeur caractéristique d'environ 500 picofarads, est connecté en parallèle sur le condensateur C2 et l'inductance L1. Le transducteur C1 peut être, par exemple, l'élément de télémétrie ultrasonore de Polaroid. La face métallisée du transducteur C1 est connectée à la masse. Cette mise à la masse est particulièrement avantageuse pour réaliser un blindage électromagnétique. L'autre face du transducteur C1 est connectée à une borne T1 par l'intermédiaire d'une résistance R1. Une tension de polarisation V_p , par exemple d'environ 200 V, peut être appliquée à la borne T1 par une source de tension VS1.

On peut remplacer la configuration représentée dans le cadre 100 de la figure 1 par d'autres types de transducteurs bien connus, comme un électret. Sur la figure 6, une borne d'un électret E1 est connectée à un côté de l'inductance L1 et à une borne T2. L'autre borne de l'électret est connectée à l'autre côté de l'inductance et à la masse.

Sur la figure 1, le point de connexion du condensateur C2 et de l'inductance L1 est connecté à un circuit dont la conductance est fonction du temps, au niveau de la borne T2. Le circuit à conductance variable est formé par des amplificateurs OTA1 et OTA2. Les amplificateurs OTA1 et OTA2 peuvent être des circuits amplificateurs opérationnels à transconductance du type CA3080A, fabriqués par Radio Corporation of America, Incorporated. Les amplificateurs sont connectés à des alimentations (non représentées), comme il est bien connu dans la technique. Des courants de polarisation I_1 et I_2 sont appliqués à des instants prédéterminés aux bornes de commande respectives des amplificateurs OTA1

et OTA2.

Les courants I_1 et I_2 peuvent être fournis par une configuration de source de courant commandée, comme il est représenté sur la figure 4. Une tension constante V_M est appliquée à un côté de résistances R3 et R4. La tension V_M peut être, par exemple, d'environ +8 volts. Les résistances R3 et R4 peuvent être, par exemple, d'environ 20 kilohms. L'autre côté de la résistance R3 est connecté à l'anode de la diode D7 et l'émetteur du transistor TR1. L'autre côté de la résistance R4 est connecté à l'anode de la diode D8 et à l'émetteur du transistor TR2. Les cathodes des diodes D7 et D8 sont respectivement connectées aux bornes T5 et T6. Les bases des transistors TR1 et TR2 sont connectées à une source de tension positive, par exemple d'environ 1 volt.

Un signal de type TTL, bien connu dans la technique, peut être appliqué alternativement aux bornes T5 et T6. Le transistor TR1 fournit sur son collecteur un courant de sortie I_1 (égal à environ 0,33 mA), lorsqu'un signal TTL au niveau "1" est appliqué sur la borne T5. Un signal au niveau "1" peut avoir une valeur d'environ +4 volts. Le transistor TR2 fournit un courant de sortie I_2 sur son collecteur lorsqu'un signal au niveau "1" est appliqué à la borne T6. Lorsque des signaux de niveau "0" (environ 0 volt) sont appliqués aux bornes T5 et T6, les courants I_1 et I_2 sont égaux à zéro. Il faut noter qu'on peut remplacer la configuration ci-dessus par d'autres configurations de source de courant commandée, comme il est bien connu dans la technique.

Comme le montre la figure 1, la borne d'entrée positive de l'amplificateur OTA1 peut être connectée directement à la borne T2 pour donner un fonctionnement avec réaction positive. De façon similaire, la borne d'entrée négative de l'amplificateur OTA2 peut être connectée directement à la borne T2 pour donner un fonctionnement avec réaction négative. Il est cependant préférable d'incorporer un

circuit de protection dans les boucles de réaction, pour limiter les tensions appliquées aux entrées des amplificateurs. Le circuit de protection peut remplacer la connexion directe qui est représentée entre les bornes T2 et T3 sur la figure 1.

Le circuit de protection peut comprendre, par exemple, une combinaison de diodes, comme le montre la figure 8. Sur la figure 8, les anodes de diodes D1 et D2 sont connectées à une source de courant positive CS1. La source de courant CS1 peut comprendre, par exemple, un transistor connecté en une configuration à base commune, comme il est bien connu dans la technique. La source de courant CS1 fournit un courant constant I_0 qui est par exemple égal à environ 0,1 mA. La cathode de la diode D1 et l'anode de la diode D3 sont connectées à la borne T2. Les cathodes des diodes D2 et D6, et les anodes des diodes D4 et D5 sont respectivement connectées à la borne T3 et aux bornes d'entrée positive et négative des amplificateurs OTA1 et OTA2. Les cathodes des diodes D3 et D4 sont connectées à une source de courant négative CS2, qui fournit un courant constant $-I_0$. La cathode de la diode D5 et l'anode de la diode D6 sont connectées à la masse. Cette combinaison de diodes limite la tension appliquée aux amplificateurs à une plage de sécurité d'environ $\pm 0,7$ volt. Le potentiel d'attaque du transducteur C1 (c'est-à-dire la tension sur la borne T2) peut avantageusement être compris dans une plage d'environ ± 10 volts. La puissance de sortie du transducteur est ainsi augmentée. Il faut noter qu'on peut utiliser d'autres circuits de protection, sans sortir du cadre de l'invention.

Les graphiques de la figure 2 illustrent le fonctionnement du circuit de la figure 1. Les graphiques 202 et 203 de la figure 2 montrent les formes des courants de polarisation I1 et I2 qui sont respectivement appliqués aux amplificateurs OTA1 et OTA2. Le graphique 201 montre la réponse en tension résultante V_T du circuit résonnant, en

fonction du temps. La réponse en tension V_T peut être obtenue sur la borne T2.

Pour exciter le transducteur acoustique C1, on commute le courant I1 à un instant t_1 . Du fait que l'amplificateur OTA1 est connecté pour fonctionner avec une réaction positive, l'amplitude de la réponse en tension V_T du circuit résonnant s'élève rapidement à la fréquence de résonance. L'amplitude de l'onde de pression acoustique produite par le transducteur capacitif C1 s'élève de façon correspondante. Le courant I1 demeure présent pendant une durée prédéterminée, par exemple 30 μ s, au bout de laquelle la tension V_T atteint un maximum d'environ 20 volts crête à crête.

Pour amortir le transducteur ultrasonore C1, on interrompt le courant I1 et on établit le courant I2 à l'instant t_2 . L'amplificateur OTA1 retourne donc dans un état à haute impédance et l'amplificateur OTA2 est mis en fonction. Du fait que l'amplificateur OTA2 est connecté de façon à fonctionner en réaction négative, de l'énergie est extraite du circuit résonnant. Les oscillations du transducteur C1 sont ainsi arrêtées et l'amplitude de la tension V_T du circuit résonnant diminue rapidement jusqu'à zéro.

A l'instant t_3 sur la figure 2, les courants I1 et I2 sont tous deux égaux à zéro et le transducteur C1 est retourné à un état de repos. On peut donc utiliser le transducteur C1 immédiatement après l'instant t_3 pour recevoir un écho de retour quelconque venant de l'objet. Comme il est bien connu dans la technique, un écho de retour induit des oscillations dans le transducteur C1. Le signal de sortie correspondant V_O peut avantageusement être obtenu sur la borne T3.

On va maintenant considérer la figure 5 qui montre un graphique d'un signal représentatif du fonctionnement du transducteur dans des systèmes de télémétrie ultrasonores de l'art antérieur. Lorsque l'énergie d'excitation est interrompue à l'instant t_2 , le transducteur continue à

osciller de façon irrégulière, ou à "résonner". L'oscillation est due essentiellement à l'inertie mécanique du transducteur. Du fait que le cycle de réception ne peut pas commencer avant l'arrêt de l'oscillation, à l'instant t_3 , les systèmes de télémétrie ultrasonores antérieurs ne peuvent effectuer des mesures que jusqu'à une distance minimale d'environ 30 cm.

Au contraire, l'invention comporte un dispositif d'amortissement actif. On entend par "amortissement actif" le fait que l'énergie provenant des éléments transducteur et oscillateur est extraite ou dissipée par un circuit, tel que le circuit de réaction à amplificateur décrit ci-dessus, qui est lui-même une source d'énergie électrique. Dans les systèmes antérieurs, l'amortissement est passif, c'est-à-dire que l'énergie du transducteur est dissipée seulement par résistance mécanique et électrique. L'amortissement actif ramène avantageusement les éléments transducteur et oscillateur à une condition de repos beaucoup plus rapidement, ce qui permet d'atteindre une distance de télémétrie minimale de moins de 2,5 cm. De plus, l'amortissement actif permet d'incorporer le transducteur dans le circuit résonnant qu'on utilise pour exciter le transducteur, comme le montre la figure 1. On obtient ainsi un rapport signal à bruit supérieur à celui de dispositifs de l'art antérieur, dans lesquels le transducteur lui-même ne fait pas partie d'un circuit résonnant. Un rapport signal à bruit élevé augmente la sensibilité en ce qui concerne la détection de petits objets. La configuration d'excitation de transducteur de l'invention a également un meilleur rendement ; des systèmes de télémétrie antérieurs peuvent consommer de l'ordre de cent fois plus de puissance.

On va maintenant considérer la figure 3 qui représente un autre circuit résonnant connecté à un circuit dont la conductance est fonction du temps, similaire à celui décrit en détail ci-dessus. Le circuit à conductance varia-

ble est le même que celui décrit précédemment, à l'exception du fait que l'amplificateur d'excitation OTA1 est connecté de façon à fonctionner avec une réaction négative (au lieu d'une réaction positive), tandis que l'amplificateur d'amor-
5 tissement OTA2 est connecté de façon à fonctionner avec une réaction positive (au lieu d'une réaction négative). Ce circuit résonnant comprend un amplificateur opérationnel OA1 ayant une borne d'entrée positive connectée à la masse et une borne d'entrée négative connectée aux sorties des ampli-
10 ficateurs OTA1 et OTA2. Du fait que les bornes de sortie des amplificateurs OTA1 et OTA2 sont connectées à la borne négative ou inverseuse de l'amplificateur OA1, le fonctionnement du circuit sous l'effet des courants I_1 et I_2 est le même que celui décrit ci-dessus en relation avec la figure 1. La
15 borne d'entrée négative de l'amplificateur OA1 est également connectée à un côté du transducteur C1 et de l'inductance L1. L'autre côté du transducteur C1 est connecté au condensateur C2 et à la borne T1 par l'intermédiaire de la résistance R1. L'autre côté de l'inductance L1 est connecté à l'autre
20 côté du condensateur C2, à la borne de sortie de l'amplificateur OA1 et à la borne T2. De plus, le circuit de protection de la figure 8, décrit ci-dessus, peut être incorporé entre les bornes T2 et T3 de ce circuit résonnant. Ce circuit résonnant procure avantageusement une grande excursion de
25 tension aux bornes du transducteur, pour produire de façon correspondante une onde acoustique de grande amplitude.

On peut remplacer par un électret la configuration de transducteur qui est représentée dans le cadre 300 de la figure 3. Sur la figure 7, une borne d'un électret E1 est
30 connectée à un côté de l'inductance L1 et à la borne T2. L'autre borne de l'électret est connectée à l'autre côté de l'inductance et à la borne T4.

La figure 9 montre qu'un transducteur de télé-
trie acoustique 903 conforme à l'invention peut être monté
35 dans une main ou une pince de robot 900. Les circuits

d'oscillateur et de commande (non représentés) peuvent être placés à distance. La pince comprend des griffes 901 et 902. Le transducteur de télémétrie 903 donne donc la possibilité de diriger la pince vers un objet. On peut utiliser l'information de distance provenant du système de télémétrie pour réaliser un asservissement de position de la pince, grâce à quoi on peut commander les griffes 901 et 902 de façon qu'elles saisissent avec précision un objet désiré.

On vient de décrire et de représenter l'invention en considérant un mode de réalisation préféré, mais de nombreuses modifications peuvent être faites par l'homme de l'art, sans sortir du cadre de l'invention. A titre d'exemple, sur la figure 4, on peut brancher au collecteur de T2 une résistance série et un condensateur connecté à la masse, grâce à quoi le courant I_2 diminuera plus lentement à l'instant t_3 . Sur la figure 1, on peut appliquer une petite tension de décalage à la borne d'entrée positive de l'amplificateur OTA2. Ces modifications améliorent encore la vitesse avec laquelle le système retourne à un état de repos après l'impulsion d'émission. On peut en outre modifier diverses valeurs de composants pour changer les caractéristiques de fonctionnement.

Il va de soi que de nombreuses autres modifications peuvent être apportées au dispositif décrit et représenté, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Système de télémétrie acoustique comportant des cycles d'émission et de réception, comprenant : un circuit résonnant ; et un transducteur connecté à ce circuit résonnant, ce transducteur fonctionnant en alternance dans les cycles d'émission et de réception du système de télémétrie ; caractérisé en ce qu'il comporte des moyens destinés à appliquer rapidement de l'énergie d'excitation au circuit résonnant pendant le cycle d'émission pour produire des ondes acoustiques de télémétrie ; et des moyens destinés à amortir rapidement l'énergie dans le circuit résonnant, pendant le cycle de réception, pour permettre la réception d'échos de retour de télémétrie, provenant de plus courtes distances.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens destinés à appliquer l'énergie d'excitation au circuit résonnant et les moyens destinés à appliquer l'énergie d'amortissement au circuit résonnant sont constitués par un circuit à conductance variable qui fonctionne alternativement selon des modes de réaction positive et de réaction négative.

3. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que le circuit à conductance variable comprend un premier amplificateur opérationnel à transconductance ayant une borne d'entrée positive et une borne de sortie connectées à des extrémités respectives du circuit résonnant, et un second amplificateur opérationnel à transconductance ayant une borne d'entrée négative et une borne de sortie connectées à des extrémités respectives du circuit résonnant.

1/3

FIG. 1

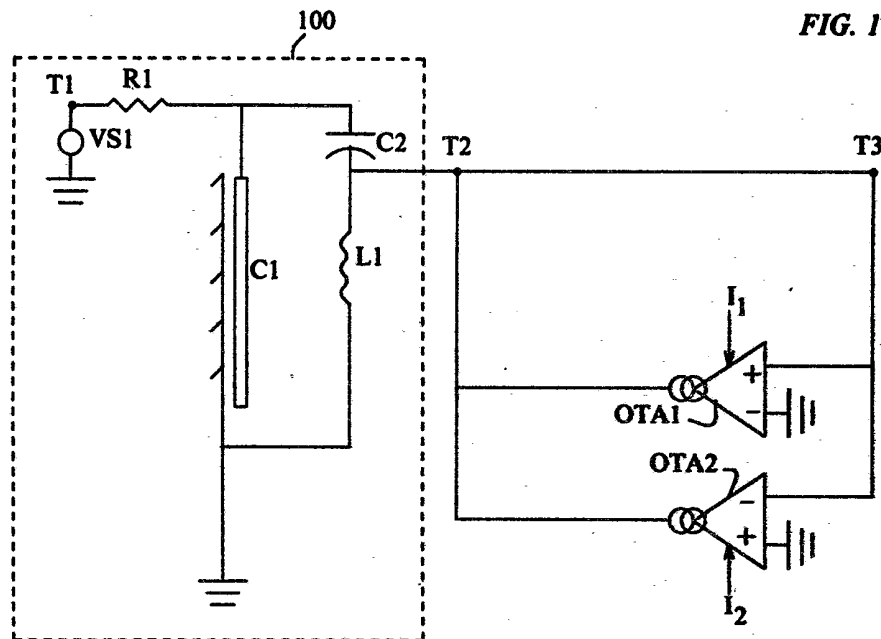
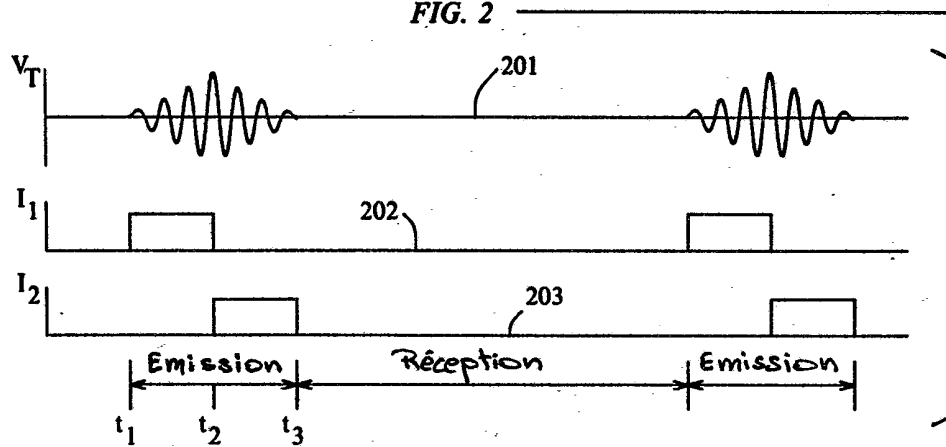


FIG. 2



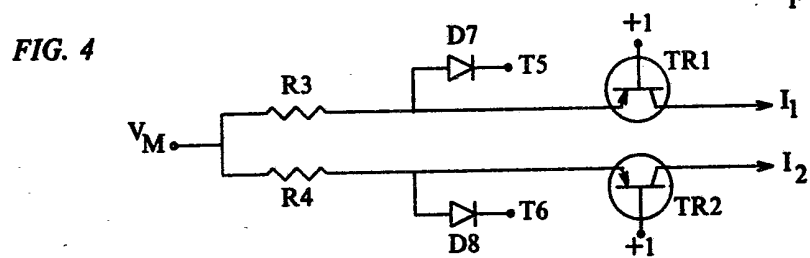
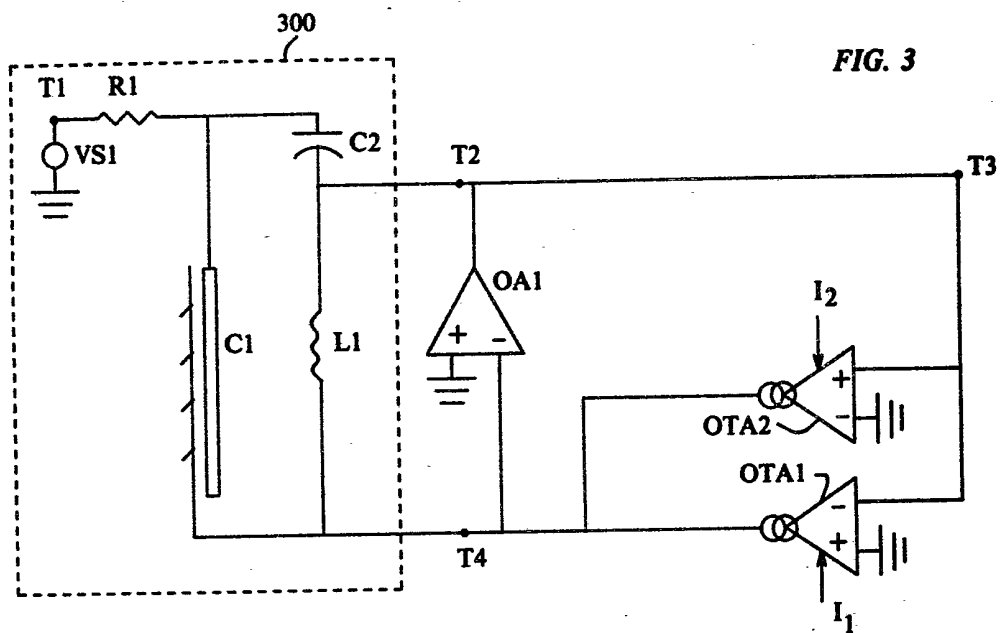


FIG. 6

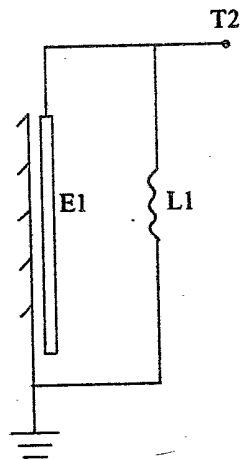


FIG. 8

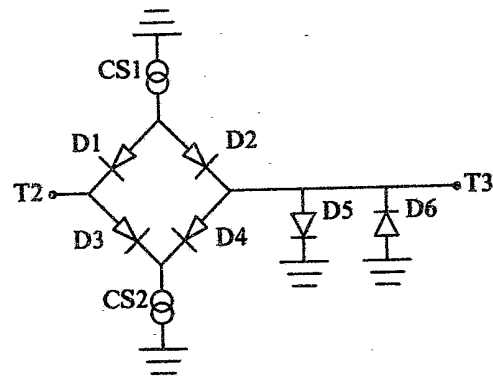


FIG. 7

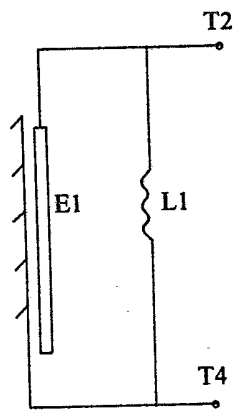


FIG. 9

