



CONFÉDÉRATION SUISSE
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

Int. Cl.³: G01 R 27/26

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



FASCICULE DU BREVET A5

11

630 178

21 Numéro de la demande: 907/79

22 Date de dépôt: 30.01.1979

30 Priorité(s): 31.01.1978 US 874000

24 Brevet délivré le: 28.05.1982

45 Fascicule du brevet
publié le: 28.05.1982

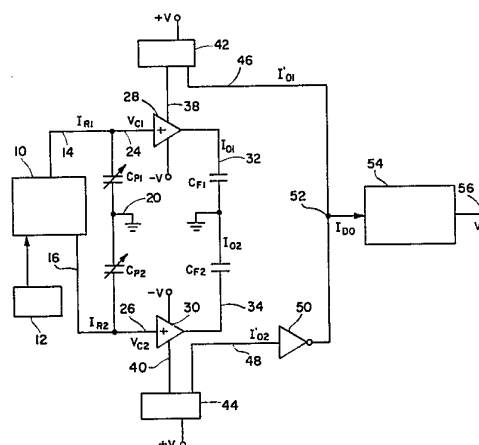
73 Titulaire(s):
Sundstrand Data Control, Inc., Redmond/WA
(US)

72 Inventeur(s):
Fred V. Holdren, Redmond/WA (US)
Rand H. Hulsing II, Redmond/WA (US)
Kurt E. Steinke, Bellevue/WA (US)

74 Mandataire:
Kirker & Cie, Genève

54 Circuit de mesure de différence de capacité.

57 Un circuit de mesure de différence de capacité utilise un générateur d'intensité de référence (10) pour appliquer une onde rectangulaire à un condensateur de mesure (Cp1), et la tension résultante aux bornes du condensateur (Vc1) est ensuite appliquée à un condensateur fixe (CF1). L'intensité résultante (Io1) au condensateur fixe (CF1) fournit alors une mesure de la capacité du condensateur de mesure (Cp1). Un circuit de mesure de différence de capacité est obtenu en appliquant l'intensité de référence à chaque condensateur de mesure (Cp1, Cp2) et en associant un condensateur fixe (CF1, CF2) à chacun des condensateurs de mesure. Les intensités résultantes (Io1, Io2) aux condensateurs fixes sont combinées, et la différence d'intensité résultante (IDo) sert à mesurer la différence de capacité ou la différence des écarts entre les armatures des condensateurs plans.



REVENDEICATIONS

1. Circuit de mesure de différence de capacité permettant de mesurer la différence de capacité entre un premier et un second condensateur, comportant un circuit générateur d'intensité de référence qui est connecté au premier et au second condensateur de façon à appliquer à chacun de ces condensateurs une intensité variant avec le temps qui a pour résultat une tension variant avec le temps aux bornes de chacun des condensateurs, caractérisé en ce que ce circuit comporte un premier condensateur fixe, un second condensateur fixe, un premier moyen de raccordement du premier condensateur au premier condensateur fixe, ce qui fait que l'application au premier condensateur fixe de la tension variant avec le temps aux bornes du premier condensateur a pour résultat le passage d'un courant dans le premier condensateur fixe, un second moyen de raccordement du second condensateur au second condensateur fixe, ce qui fait que l'application au second condensateur fixe de la tension variant avec le temps aux bornes du second condensateur a pour résultat le passage d'un courant dans le second condensateur fixe, un moyen, connecté au premier et au second moyens de raccordement, permettant de combiner au moins une fonction du courant du premier condensateur fixe à au moins une fonction du courant du second condensateur fixe, et un moyen, connecté à ce moyen de combinaison, permettant de transformer le courant combiné en un signal qui représente la différence des écarts entre les armatures des condensateurs.

2. Circuit selon la revendication 1, caractérisé en ce que le courant qui varie avec le temps est un courant à onde rectangulaire d'amplitude constante.

3. Circuit selon la revendication 1, caractérisé en ce que chacun des premier et second moyens de raccordement comporte un amplificateur de tension à haute impédance d'entrée.

4. Circuit selon la revendication 3, caractérisé en ce que chacun des premier et second moyens de raccordement comporte un circuit-miroir d'intensité qui est connecté à l'amplificateur et au moyen de combinaison pour alimenter le moyen de combinaison avec des intensités en relation fonctionnelle avec les courants des premier et second condensateurs fixes.

5. Circuit selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'un inverseur de courant est interposé entre le circuit-miroir d'intensité du second moyen de raccordement et le moyen de combinaison.

La présente invention concerne un circuit de mesure de différence de capacité. Un tel circuit sert en particulier à déterminer la capacité ou l'écart entre les armatures d'un condensateur.

Dans les circuits antérieurs de mesure de capacité, on mesure la capacité en appliquant aux armatures du condensateur une tension qui varie avec le temps, par exemple une forme d'onde triangulaire ou en dents de scie. On utilise alors l'intensité résultante qui passe dans le condensateur comme mesure de la capacité ou de l'écart entre les armatures du condensateur. Cependant, du fait que la capacité d'un condensateur varie en raison inverse de la distance ou de l'écart entre les armatures, une variation de cet écart se traduit par une absence de linéarité de l'intensité de sortie qui risque, dans certains cas dans l'application d'une mesure de capacité, d'être importante. Par exemple, une variation de dix pour cent de l'écart donne lieu à un écart de linéarité de plus d'un pour cent, une variation de l'écart de vingt pour cent donne lieu à un écart de linéarité de plus de quatre pour

cent, et une variation de distance de cinquante pour cent se traduit par un écart de linéarité de trente pour cent. D'autre part, étant donné que l'intensité de sortie du condensateur devient très grande lorsque l'écart entre les armatures devient très petit, d'importants problèmes de stabilité risquent de se poser lorsqu'on utilise le condensateur comme élément détecteur de position dans un dispositif asservi. On utilise des circuits de mesure de capacité dans un grand nombre d'applications instrumentales, par exemple les transducteurs et les accéléromètres, ainsi que pour certains accéléromètres et transducteurs asservis extrêmement sensibles, dans lesquels les écarts de linéarité dus à des variations importantes de l'écart entre les armatures du condensateur risquent d'être une source d'erreur importante.

En outre, les dispositifs antérieurs de mesure de capacité sont, d'un point de vue pratique, d'application limitée à une bande d'information dont la largeur est inférieure à la moitié de la fréquence porteuse de la tension variant avec le temps qui est appliquée aux armatures du condensateur. Du fait que ce sont des amplificateurs opérationnels qui sont le plus souvent utilisés dans les circuits de mesure, la fréquence porteuse est généralement de 20 kHz au maximum.

Un objectif essentiel de la présente invention est de procurer un circuit de mesure de différence de capacité qui tend à éliminer les défauts de linéarité dus aux variations de l'écart ou de la distance entre les armatures des condensateurs plans de mesure. Le circuit selon l'invention est défini par la revendication 1. De préférence on prévoit un générateur d'intensité de référence pour appliquer une onde rectangulaire au condensateur, et la tension résultante aux bornes du condensateur de mesure est appliquée à un condensateur fixe. Le courant qui passe dans le condensateur fixe peut alors servir à mesurer la capacité ou la distance entre les armatures du condensateur.

Un autre objectif de l'invention est de procurer un circuit de mesure de différence de capacité qui permette aussi d'éliminer les défauts de linéarité dus aux variations de la distance entre les armatures des condensateurs de mesure. De préférence le circuit utilise un générateur d'intensité de référence pour appliquer un signal en forme d'onde rectangulaire à chacun des condensateurs de mesure, et les tensions de forme triangulaire résultantes aux bornes de chacun des condensateurs de mesure sont appliquées, par l'intermédiaire d'un amplificateur, à un condensateur fixe correspondant. Des circuits-miroirs d'intensité sont connectés à chacun des amplificateurs et servent à alimenter un circuit démodulateur avec une intensité équivalente à celle qui passe dans chacun des condensateurs fixes.

La figure 1 est un schéma synoptique d'un circuit de mesure de différence de capacité selon l'invention; et

La figure 2 est un diagramme de temps pour le circuit de la Figure 1.

La figure 1 représente un schéma synoptique de la forme de réalisation préférée de l'invention, qui consiste en un circuit de mesure de différence de capacité dans lequel des condensateurs C_{P1} et C_{P2} peuvent servir d'éléments détecteurs de position dans un certain nombre de types différents d'instruments, y compris les transducteurs, les accéléromètres, etc. Comme le montre la figure 1, un générateur 10 d'intensité de référence qui est habituellement commandé par une horloge 12 applique une intensité à onde rectangulaire d'amplitude constante aux condensateurs de mesure C_{P1} et C_{P2} sur les lignes respectives 14 et 16. Une onde rectangulaire type dont les deux alternances ont des amplitudes égales mais des polarités opposées est illustrée par la forme d'onde 18 de la figure 2. Il faut noter qu'une intensité de référence symétrique doit

de préférence être appliquée aux condensateurs de mesure C_{P1} et C_{P2} mais, ainsi qu'on l'expliquera plus loin, il n'est pas toujours nécessaire d'avoir une intensité de référence symétrique pour que le circuit de la figure 1 fonctionne correctement.

Les intensités de référence I_{R1} et I_{R2} passent dans les condensateurs de mesure C_{P1} et C_{P2} reliés à la masse 20. Comme l'illustre la forme d'onde 22 de la figure 2, les tensions V_C aux bornes des condensateurs de mesure C_{P1} et C_{P2} sont de forme triangulaire. Ces tensions sont ensuite appliquées, par les lignes 24 et 26, à deux suiveurs de tension à haute impédance d'entrée, représentés par des amplificateurs 28 et 30. Les amplificateurs 28 et 30 servent à appliquer les tensions des condensateurs de mesure à deux condensateurs fixes C_{F1} et C_{F2} , par les lignes respectives 32 et 34. Les intensités résultantes I_{O1} et I_{O2} qui passent dans les condensateurs fixes C_{F1} et C_{F2} sont illustrées par la forme d'onde 36 de la figure 2. Ainsi que la forme d'onde 36 permet de s'en rendre compte, l'intensité résultante qui passe dans les condensateurs fixes C_{F1} et C_{F2} est essentiellement une onde rectangulaire, et l'amplitude de cette intensité représente la capacité ou l'écart entre les armatures des condensateurs plans de mesure C_{P1} et C_{P2} .

Deux circuits-miroirs d'intensité 42 et 44 sont connectés par des lignes respectives 38 et 40 à chacun des amplificateurs de tension 28 et 30. Les circuits-miroirs d'intensité 42 et 44 non seulement constituent une source d'intensité pour les amplificateurs 28 et 30, mais aussi délivrent sur les lignes respectives 46 et 48 des intensités I_{O1} , et I_{O2} , qui sont égales ou liées fonctionnellement aux intensités I_{O1} et I_{O2} qui passent dans les condensateurs fixes C_{F1} et C_{F2} . Dans le circuit de mesure de différence de capacité qui est représentée sur la figure 1, le courant qui passe dans la ligne 48 est inversé par un circuit 50 inverseur de courant, de telle sorte que sa polarité devient opposée à celle du courant I_{O2} , qui passe dans la ligne 48. Le courant de sortie I_{O1} , de la ligne 46 et le courant de sortie inversé I_{O2} , de l'inverseur 50 sont alors combinés à la jonction 52 et sont appliqués à un circuit démodulateur 54. La fonction du circuit démodulateur 54 est de produire à la borne de sortie 56 un signal V_0 qui représente la différence entre les amplitudes moyennes des intensités I_{O1} et I_{O2} qui passent dans les condensateurs fixes C_{F1} et C_{F2} . On se rendra compte que, lorsque les capacités de C_{P1} et de C_{P2} sont égales, et en supposant bien entendu que les autres éléments du circuit de la Figure 1 sont égaux, c'est-à-dire que $C_{F1} = C_{F2}$, $I_{R1} = I_{R2}$, et que les gains des amplificateurs 28 et 30 sont égaux, le signal de sortie V_0 du démodulateur est nul. Lorsque les capacités de C_{P1} et de C_{P2} ne sont pas égales, du fait par exemple d'une différence entre les distances qui séparent les armatures des condensateurs, le signal de sortie V_0 reflète cette différence sous la forme d'une fonction linéaire de la différence des écarts entre les armatures. Le démodulateur 54 peut être l'un quelconque de nombreux circuits démodulateurs bien connus, y compris les démodulateurs demi-alternance, les démodulateurs deux alternances et les démodulateurs synchrones.

On va maintenant expliquer le fonctionnement du circuit et en particulier la relation linéaire entre la distance entre les armatures des condensateurs plans de mesure et le signal de sortie. L'équation (1) ci-dessous illustre la relation fondamentale entre la variation de la tension du condensateur de mesure, l'intensité de référence I_R et la capacité du condensateur de mesure C_P :

$$I_R = C_P \frac{dV_C}{dt} \quad \text{Equation (1)}$$

Comme on peut le voir d'après l'équation (1) et le signal représenté sur la figure 2, une onde rectangulaire à amplitude constante I_R , lorsqu'elle est appliquée à un condensateur de mesure C_P , a pour résultat une tension en forme d'onde triangulaire aux bornes de C_P avec la pente:

$$\frac{dV_C}{dt} = \frac{I_R}{C_P} \quad \text{Equation (2)}$$

Etant donné que la capacité d'un condensateur plan est égale à:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{D} \quad \text{Equation (3)}$$

dans laquelle ϵ_0 est la constante diélectrique ou permittivité relative; A est la surface des armatures et D est l'écart entre les armatures, on a les relations suivantes:

$$\frac{dV_C}{dt} = \frac{I_R}{\frac{\epsilon_0 A}{D}} = \frac{I_R}{\epsilon_0 A} D \quad \text{Equation (4)}$$

En appliquant alors la forme d'onde de tension $\frac{dV_C}{dt}$ aux condensateurs fixes C_F , on obtient des intensités de charge-décharge I_0 ayant les caractéristiques suivantes:

$$I_0 = C_F \frac{dV_C}{dt} = C_F \frac{I_R}{\epsilon_0 A} D \quad \text{Equation (5)}$$

Comme on peut le voir d'après l'équation (5), l'intensité de sortie I_0 est directement proportionnelle à l'écart entre les armatures des condensateurs de mesure C_P , comme le montre la forme d'onde 36 de la figure 2. Ainsi, dans le circuit de mesure de différence de capacité de la figure 1, les variations des intensités de sortie I_{O1} et I_{O2} sont directement proportionnelles à toute variation de l'écart entre les armatures des condensateurs de mesure C_{P1} ou C_{P2} .

Le fonctionnement du circuit de mesure de différence de capacité qui est représenté sur la figure 1 est illustré par l'équation suivante:

$$I_{D0} = C_{F1} \frac{I_{R1} D_1}{\epsilon_0 A_1} - C_{F2} \frac{I_{R2} D_2}{\epsilon_0 A_2} \quad \text{Equation (6)}$$

Par conséquent, si C_{F1} est égal à C_{F2} et si I_{R1} est égal à I_{R2} et si les surfaces A_1 et A_2 sont égales, on a la relation suivante pour le circuit de la figure 1:

$$I_{D0} = \frac{C_F I_R}{\epsilon_0 A} (D_1 - D_2) \quad \text{Equation (7)}$$

Ainsi, la différence d'intensité I_{D0} sera égale à la différence des écarts entre les plaques des condensateurs de mesure C_{P1} et C_{P2} , la polarité du signal indiquant lequel des écarts est le plus grand, avec pour résultat un fonctionnement bipolaire du circuit de mesure de capacité.

Comme indiqué précédemment, les intensités de référence préférées I_{R1} et I_{R2} sont des ondes rectangulaires d'amplitudes égales, mais cela n'est pas nécessaire pour que le circuit de mesure de capacité fonctionne correctement. Une intensité de référence à onde rectangulaire est préférable d'un point de vue pratique afin de maintenir les tensions V_C des condensateurs de mesure dans les limites d'alimentation en courant électrique du circuit qui comprend les amplificateurs 28 et 30.

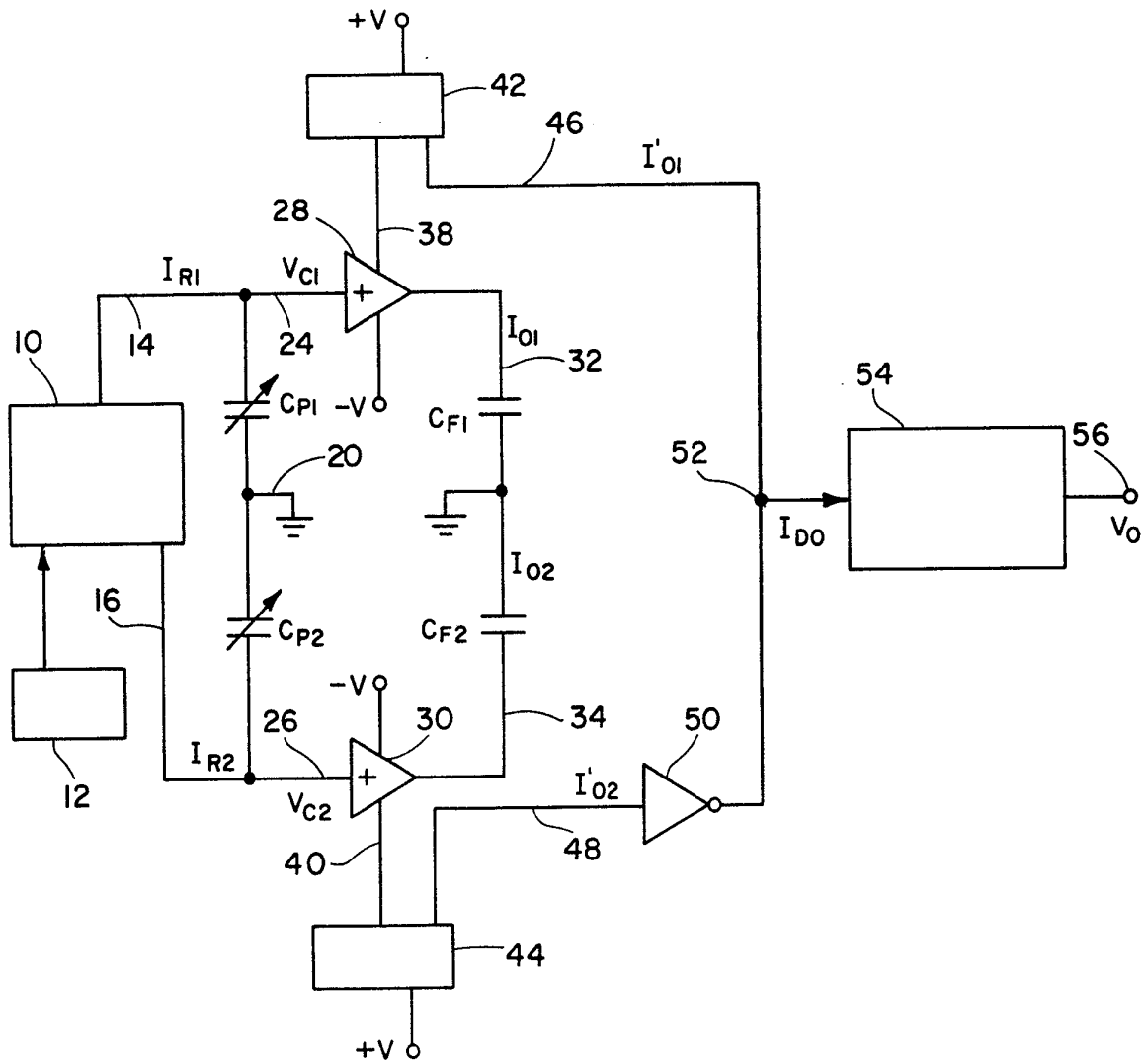


FIG. 1

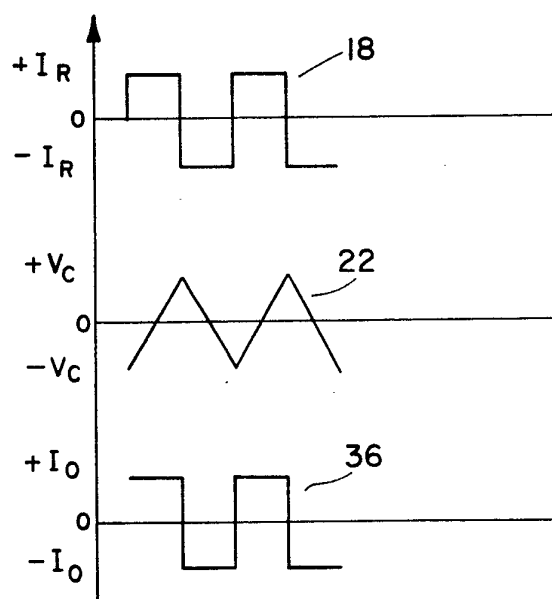


FIG. 2