

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 27 décembre 1983.

③0 Priorité US, 27 décembre 1982, n° 453,418.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 26 du 29 juin 1984.

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

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : VARIAN ASSOCIATES,
INC. — US.

⑦2 Inventeur(s) : William Allen Gerard.

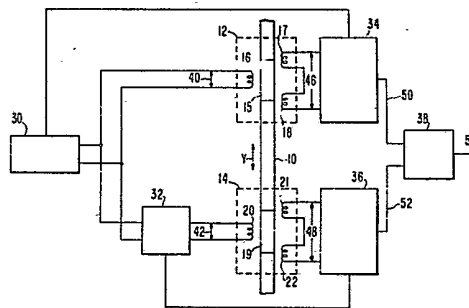
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Lavoix.

⑤4 Dispositif de détection de position à résolution élevée, notamment pour la tige d'accord d'un magnétron.

⑤7 L'invention concerne les dispositifs de détection de position. Le dispositif de l'invention comprend au moins deux transformateurs différentiels variables linéaires 12, 14, et chacun d'eux comporte un noyau magnétique 15, 19 accouplé à la pièce mobile 10 dont on désire détecter la position. Une source de signal 30 et un déphaseur 32 appliquent des signaux d'excitation déphasés aux bobines primaires 16, 20 de chaque transformateur. Les tensions secondaires induites sont échantillonnées par des détecteurs synchrones 34, 36 dont les signaux de sortie sont combinés par un additionneur 38 pour donner un signal ayant une résolution élevée.

Application aux magnétrons à agilité de fréquence.



La présente invention concerne la détection avec une résolution élevée de la position d'un élément mobile à mouvement linéaire, et elle porte plus particulièrement sur un dispositif pour détecter avec une résolution élevée la position d'un élément en mouvement rapide, comme une tige d'accord d'un magnétron à agilité de fréquence.

Il est fréquemment nécessaire de détecter la position d'un élément se déplaçant rapidement avec un niveau de résolution élevé. On trouve un exemple d'une telle exigence dans l'accord d'un magnétron à agilité de fréquence. On fait varier rapidement la fréquence de résonance du magnétron en entraînant un plongeur d'accord à une vitesse très élevée. Pendant l'entraînement du plongeur d'accord, il est nécessaire de connaître la fréquence de résonance du magnétron avec une résolution élevée. En général, le plongeur d'accord a une course totale faible, inférieure de façon caractéristique à environ 25 mm, mais il se déplace très rapidement, de façon caractéristique à environ 0,63 mm/ms. Un système de détection rapide est nécessaire pour détecter la position du plongeur d'accord avec une résolution élevée. Par exemple, lorsque la vitesse est de 0,63 mm/ms et lorsqu'une résolution de 0,13 mm est nécessaire, il faut prélever au minimum 50 000 échantillons de position par seconde.

Des codeurs optiques dans lesquels un système optique compte des lignes sur un morceau de verre en mouvement permettent d'obtenir la résolution exigée. Cependant, de tels codeurs optiques sont trop coûteux pour de nombreuses applications, sont sujets à des erreurs et créent des problèmes de montage en boîtier, en particulier lorsque l'équipement doit fonctionner dans des conditions d'environnement sévères.

On a également utilisé des transformateurs différentiels variables linéaires (ou en abrégé TDVL) pour détecter avec précision la position d'un élément mobile à

mouvement linéaire. Le TDVL est un dispositif électromécanique qui produit un signal de sortie électrique proportionnel au déplacement d'un noyau mobile séparé. Une tension électrique alternative est appliquée à une bobine primaire. La tension induite dans deux bobines secondaires dépend de la position du noyau mobile, qui est fixé à l'élément mobile auquel on s'intéresse. La tension induite dans les bobines secondaires est échantillonnée à chaque cycle ou chaque demi-cycle pour assurer la détection de la position du noyau.

Les TDVL offrent une bonne linéarité et une résolution élevée lorsque la vitesse du noyau est relativement faible. Cependant, lorsque la vitesse de déplacement du noyau augmente, la résolution de position diminue pour une fréquence d'excitation donnée. On peut augmenter la fréquence d'excitation mais, à des fréquences d'excitation plus élevées, les performances du TDVL sont dégradées. La fréquence d'excitation est limitée de façon caractéristique à environ 20 kHz, ce qui correspond à une cadence d'échantillonnage à double alternance de 40 000 échantillons par seconde. Ainsi, dans le passé, l'utilisation des TDVL a été limitée à des vitesses relativement faibles de déplacement du noyau.

Un but de l'invention est donc de procurer un dispositif de détection de position à résolution élevée d'un type nouveau.

Un autre but de l'invention est de procurer un dispositif pour la détection avec une résolution élevée de la position d'une pièce mobile pendant une translation linéaire de cette pièce avec une vitesse élevée.

Un autre but encore de l'invention est d'améliorer la résolution d'un dispositif de détection de position comprenant des transformateurs différentiels variables linéaires.

Conformément à l'invention, un dispositif destiné à détecter la position d'une pièce mobile pendant sa translation linéaire permet d'atteindre ces buts et avantages,

ainsi que d'autres. Le dispositif comprend au moins deux transformateurs différentiels variables linéaires (TDVL), chacun d'eux comprenant un noyau magnétique accouplé à la pièce mobile, une bobine primaire et deux bobines secondaires connectées en série. Le dispositif comporte des moyens d'entrée destinés à appliquer un signal d'excitation à la bobine primaire de chaque TDVL. Tous les signaux d'excitation ont la même fréquence, mais chacun d'eux est déphasé par rapport aux autres signaux d'excitation, et ils induisent des tensions secondaires dans les bobines secondaires des TDVL. Le dispositif comprend en outre des moyens de sortie destinés à détecter la valeur de crête et la polarité de chaque tension secondaire, et à produire un signal qui en est représentatif. La valeur de crête et la polarité de chaque tension secondaire correspondent à la position du noyau magnétique respectif.

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

La figure 1 est un schéma d'un dispositif destiné à détecter une position avec une résolution élevée, conformément à l'invention ;

La figure 2 est une représentation graphique du fonctionnement du dispositif de la figure 1 ; et

La figure 3 est un schéma montrant l'application du dispositif de la figure 1 à un dispositif à cavité résonnante accordée.

La figure 1 représente un dispositif conforme à l'invention. Des moyens d'entraînement (non représentés) soumettent une pièce mobile 10 à un mouvement de translation linéaire le long de l'axe Y. Le dispositif destiné à détecter la position de la pièce mobile 10 avec une résolution élevée comprend un ensemble de transformateurs différentiels variables linéaires (TDVL), des moyens d'entrée destinés à appliquer un signal d'excitation à chacun des TDVL, et des

moyens de sortie destinés à détecter les signaux des sortie des TDVL et à produire un signal de sortie. Un TDVL 12 comprend un noyau magnétique 15 accouplé à la pièce mobile 10, une bobine primaire 16 et une paire de bobines secondaires 5 17, 18. Un TDVL 14 comprend un noyau magnétique 19, une bobine primaire 20 et une paire de bobines secondaires 21, 22. Les bobines primaire et secondaires de chaque TDVL sont placées de façon coaxiale et sont disposées de façon que le niveau de couplage entre la bobine primaire et les bobines 10 secondaires dépende de la position du noyau magnétique. Un exemple de TDVL approprié correspond au type 250 MHR (course de $\pm 6,35$ mm, fréquence maximale de fonctionnement de 10 kHz), fabriqué par Schaevitz. On peut faire fonctionner des types similaires jusqu'à 20 kHz. Les moyens d'entrée du 15 dispositif de détection de la figure 1 comprennent une source de signal alternatif 30, ayant une sortie connectée à la bobine primaire 16 du TDVL 12, et un déphaseur de 90° portant la référence 32. L'entrée du déphaseur 32 est connectée à la sortie de la source 30. Le signal de sortie de la source 20 30 est de façon caractéristique une sinusoïde à environ 20 kHz. La sortie du déphaseur 32 est connectée à la bobine primaire 20 du TDVL 14.

Les bobines secondaires 17, 18 du TDVL 12 sont connectées en série et en opposition, de façon que les deux 25 tensions secondaires induites aient des polarités opposées. De façon similaire, les bobines secondaires 21, 22 du TDVL 14 sont connectées en série et en opposition. Les tensions secondaires résultantes qui forment les signaux de sortie des TDVL 12, 14 dépendent des positions des noyaux magnétiques respectifs 15, 19. Les moyens de sortie du dispositif 30 de détection de la figure 1 comprennent des détecteurs synchrones 34, 36 et un additionneur 38. Le détecteur synchrone 34 reçoit un signal d'entrée provenant des bobines secondaires 17, 18 connectées en série, et un signal de synchronisation 35 provenant de la source de signal alternatif 30.

Le détecteur synchrone 36 reçoit un signal de sortie provenant des bobines secondaires 21, 22 connectées en série et un signal de synchronisation provenant du déphaseur 32.

Chaque signal de synchronisation est en phase avec le signal d'excitation respectif pour chaque bobine primaire. Les détecteurs synchrones 34, 36 détectent la valeur de crête et la polarité des tensions secondaires résultantes qui proviennent des TDVL respectifs 12, 14, et ils fournissent des échantillons qui en sont représentatifs. L'additionneur 38 combine en un signal de sortie les échantillons que fournissent les détecteurs synchrones 34, 36.

Lorsque la bobine primaire de chaque TDVL est excitée, des tensions sont induites dans les bobines secondaires. Le noyau magnétique établit un chemin pour le flux magnétique reliant les bobines primaire et secondaires. Du fait que les bobines secondaires sont connectées en série et en opposition, le signal de sortie résultant du TDVL est la différence entre ces tensions, qui est égale à zéro lorsque le noyau est à la position centrale. Lorsque le noyau est déplacé à partir de la position centrale, la tension induite dans la bobine vers laquelle le noyau est déplacé augmente, tandis que la tension induite dans la bobine opposée diminue. La tension secondaire résultante varie selon une fonction linéaire des changements de la position du noyau, et sa phase s'inverse lorsque le noyau passe d'un côté à l'autre de la position centrale.

On décrira le fonctionnement du dispositif de la figure 1 en se référant à la figure 2 qui montre diverses quantités en fonction du temps. L'emplacement de chaque signal est indiqué par la référence numérique correspondante sur la figure 1. Les divers signaux sont placés de façon que des valeurs alignées verticalement apparaissent simultanément. Le signal de sortie de la source 30 est représenté par un signal d'excitation sinusoïdal 40, tandis que le signal de sortie du déphaseur 32 est représenté par un signal

d'excitation sinusoïdal 42, qui est déphasé de 90° par rapport au signal 40. La position de la pièce mobile 10 à un instant quelconque est représentée par une position Y 44. Une valeur zéro de la position Y 44 représente la position 5 dans laquelle les noyaux magnétiques 15, 19 sont respectivement centrés dans les TDVL 12, 14. La tension résultante induite dans les bobines secondaires 17, 18 est représentée par une tension secondaire 46, tandis que la tension résultante induite dans les bobines secondaires 21, 22 est re-
10 présentée par une tension secondaire 48. Les amplitudes des tensions secondaires 46, 48 varient linéairement en fonction de la position Y 44 de la pièce mobile 10. On notera en outre que les tensions secondaires 46, 48 changent de polarité lorsque la position Y 44 change de polarité, c'est-à-dire
15 lorsque les noyaux magnétiques 15, 19 passent par la position centrale des TDVL respectifs 12, 14.

Les signaux de sortie des détecteurs synchrones 34 et 36 sont respectivement représentés par des échantillons de tension secondaire 50, 52. Les échantillons de tension secondaire 50 représentent la valeur de crête et la polarité de la tension secondaire 46, tandis que les échantillons de tension secondaire 52 représentent la valeur de crête et la polarité de la tension secondaire 48. Les détecteurs synchrones 34, 36 fonctionnent conformément à des
25 techniques de détection connues. Par exemple, ils détectent les passages par zéro du signal de synchronisation (provenant soit de la source 30, soit du déphaseur 32) et, au bout d'un retard d'un quart de cycle, ils échantillonnent la tension secondaire. Ceci garantit le prélèvement des
30 échantillons à la valeur de crête des tensions secondaires 46, 48. Les échantillons sont prélevés à la fois dans les demi-cycles positifs et négatifs des tensions secondaires 46, 48, pour obtenir le nombre maximal de points de données. Du fait que les tensions secondaires 46 et 48 sont mutuellement déphasées de 90° , les échantillons de tension secondaire
35

50 sont décalés dans le temps de façon similaire par rapport aux échantillons 52. Lorsque la position Y 44 de l'élément mobile 10 est négative, les tensions secondaires 46, 48 ont une polarité opposée à celle des signaux d'excitation respectifs 40, 42 et les échantillons de tension secondaire correspondants 50, 52 sont négatifs. L'additionneur 38 additionne les échantillons de tension secondaire 50 et 52 pour former un signal de sortie 54 ayant des échantillons qui apparaissent au double de la cadence des échantillons dans l'un ou l'autre des trains d'échantillons de tension secondaire 50, 52. Lorsque, par exemple, les signaux d'excitation 40, 42 ont une fréquence de 20 kHz, les échantillons 50, 52 ont une cadence de répétition de 40 kHz, à cause de l'échantillonnage à double alternance des tensions secondaires 46, 48, et le signal de sortie 54 a une cadence de répétition de 80 kHz.

Comme indiqué précédemment, les TDVL ont une fréquence maximale de fonctionnement déterminée, et donc une résolution limitée lorsque la position Y 44 de la pièce mobile 10 change rapidement. Le dispositif de la figure 1 double la résolution effective en employant deux TDVL et des signaux d'excitation déphasés. La figure 2 illustre l'amélioration de résolution. Entre des échantillons de tension secondaire 50 successifs, la position Y 44 peut changer d'une quantité ΔY . Par conséquent, un seul TDVL produisant un seul ensemble d'échantillons de tension secondaire 50 a une résolution de ΔY . La résolution est améliorée jusqu'à $\Delta Y/2$ lorsque la cadence d'échantillonnage de la position Y 44 est doublée, comme l'indique la représentation du signal de sortie 54 sur la figure 2. L'invention procure donc un dispositif capable de doubler la résolution de détection de position, sans augmenter la fréquence de fonctionnement du TDVL.

On peut encore améliorer la résolution de la mesure de la position d'une pièce mobile, en augmentant le

nombre de TDVL utilisés pour détecter la position de la pièce mobile. Lorsqu'on utilise trois TDVL, les signaux d'excitation sont déphasés de 0° , 60° et 120° pour produire un triplement effectif de la cadence d'échantillonnage. De façon similaire, lorsqu'on utilise quatre TDVL, les signaux d'excitation sont déphasés de 0° , 45° , 90° et 135° , pour produire un quadruplement de la cadence d'échantillonnage. On peut en outre utiliser d'autres techniques d'échantillonnage. Par exemple, on peut convertir directement sous forme numérique les échantillons des tensions secondaires 46, 48, au moyen de convertisseurs analogique-numérique connectés aux sorties respectives des TDVL. On peut produire un signal de sortie à résolution élevée par la transmission sélective des signaux de sortie des convertisseurs analogique-numérique. Il n'est pas obligatoire que les noyaux magnétiques 15, 19 soient disposés en alignement. La condition à respecter consiste en ce que chaque noyau magnétique doit être accouplé à la pièce mobile de façon que tous ces éléments se déplacent en un seul ensemble.

La figure 3 montre une application du dispositif de la figure 1 au contrôle de la fréquence d'un dispositif à cavité résonnante. Un dispositif à cavité résonnante 60, de type accordable, comprend une enceinte à vide 62 qui limite une chambre à vide 64 fermée hermétiquement. Une cavité résonnante 66, qui peut avoir une forme annulaire, se trouve à l'intérieur de l'enceinte à vide 62. La cavité résonnante 66 possède une fréquence de résonance associée qui peut être modifiée par le mouvement d'un plongeur d'accord 68. Le plongeur d'accord 68 est accouplé à une structure d'accord qui fait varier la position du plongeur d'accord 68 selon une configuration d'accord déterminée. Le plongeur d'accord 68 est accouplé par l'intermédiaire d'un soufflet 70 à une tige d'accord allongée 72, à l'extérieur de la chambre à vide 64. La tige d'accord 72 est accouplée à des moyens d'entraînement tels qu'un moteur linéaire 74, qui

entraînent la tige 72 et le plongeur d'accord 68 à une vitesse élevée. Un magnétron coaxial à agilité de fréquence constitue un exemple particulier d'un tel dispositif à cavité résonnante. Les magnétrons coaxiaux sont connus de
5 façon générale dans la technique et comprennent des éléments supplémentaires qui ne sont pas représentés sur la figure 3.

Un dispositif destiné à détecter avec une résolution élevée la position de la tige d'accord 72 comprend des TDVL 82, 84 qui sont montés en position coaxiale par rapport
10 à la tige d'accord 72. Les TDVL 82, 84 correspondent aux TDVL 12, 14 représentés sur la figure 1 et décrits ci-dessus. Les noyaux magnétiques des TDVL 82, 84 sont incorporés dans la tige d'accord 72 et se déplacent avec elle. Les TDVL 82, 84 sont connectés à un circuit d'excitation et de détection
15 86, qui comprend des éléments correspondant à la source de signal 30, au déphaseur 32, aux détecteurs synchrones 34, 36 et à l'additionneur 38, représentés sur la figure 1. Le dispositif de détection de position de la figure 3 fonctionne de la même manière que le dispositif représenté sur la
20 figure 1 et décrit ci-dessus. Chaque position de la tige d'accord 72 correspond à une fréquence de fonctionnement déterminée de la cavité résonnante 66. Le dispositif de détection de position est donc utilisé pour contrôler la fréquence de fonctionnement du dispositif à cavité résonnante
25 60.

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

REVENDICATIONS

1. Dispositif destiné à détecter la position d'une pièce mobile (10) pendant sa translation linéaire, caractérisé en ce qu'il comprend : au moins deux transformateurs 5 différentiels variables linéaires (TDVL) (12, 14), chacun d'eux comprenant un noyau magnétique (15, 19) accouplé à la pièce mobile, une bobine primaire (16, 20) et deux bobines secondaires (17, 18 ; 21, 22) connectées en série ; des moyens d'entrée (30, 32) destinés à appliquer un signal 10 d'excitation (40, 42) à la bobine primaire (16, 20) de chacun des TDVL, ces signaux d'excitation ayant tous la même fréquence mais étant déphasés par rapport aux autres signaux d'excitation et induisant des tensions secondaires (46, 48) dans les bobines secondaires (17, 18 ; 21, 22) des TDVL ; et 15 des moyens de sortie (34, 36, 38) destinés à détecter la valeur de crête et la polarité de chacune des tensions secondaires (46, 48) et à produire un signal de sortie qui en est représentatif, la valeur de crête et la polarité de chaque tension secondaire correspondant à la position du noyau ma- 20 gnétique (15, 19) respectif.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens d'entrée comprennent une source de signal alternatif (30) et des moyens déphaseurs (32) destinés à fournir des signaux d'excitation déphasés.

25 3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de sortie comprennent des détecteurs synchrones (34, 36) connectés aux bobines secondaires (17, 18 ; 21, 22) de chacun des TDVL (12, 14) et produisant un échantillon de la valeur de crête et de la polarité de cha- 30 que tension secondaire (46, 48) ; et des moyens (38) destinés à combiner les échantillons pour former le signal de sortie (54).

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que les signaux d'excitation (40, 42) sont déphasés 35 de façon que les échantillons présents dans le signal de

sortie soient séparés dans le temps, grâce à quoi le signal de sortie a une fréquence qui est un multiple entier de la fréquence des signaux d'excitation.

5 5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte deux TDVL (12, 14) et deux signaux d'excitation (40, 42) dont l'un est déphasé de 90° par rapport à l'autre.

10 6. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que les moyens destinés à combiner les échantillons comprennent un additionneur (38) pour additionner les échantillons (50, 52).

15 7. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pièce mobile (10) est une tige allongée (72) qui est soumise à une translation axiale, et chacun des TDVL (82, 84) est monté de façon coaxiale par rapport à la tige.

20 8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que la tige allongée (72) est accouplée à un plongeur d'accord (68) dans un dispositif à cavité résonnante (60), grâce à quoi la fréquence de résonance de la cavité résonnante varie sous l'effet d'une translation de la tige.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que le dispositif à cavité résonnante (60) est un magnétron.

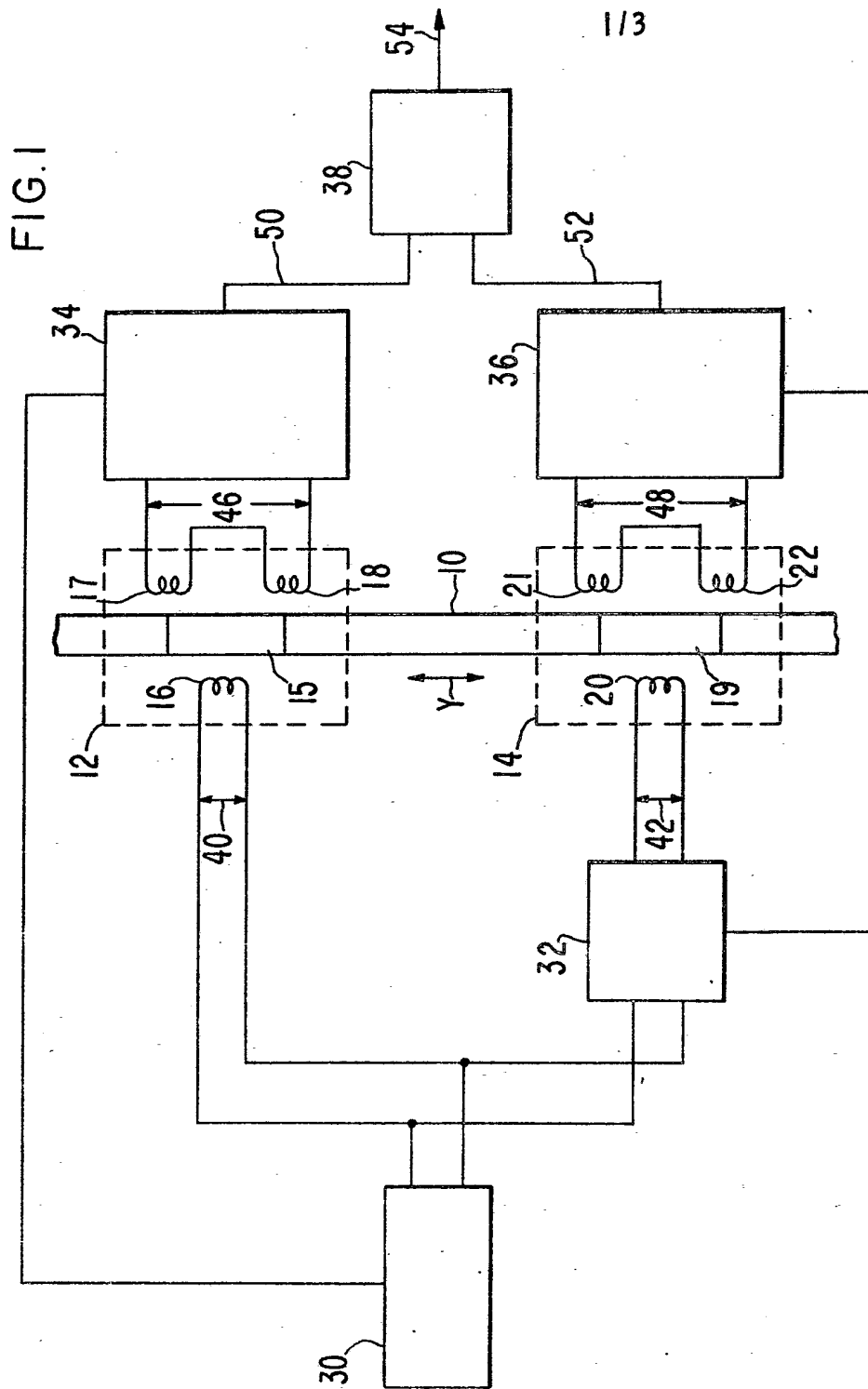


FIG. 2

2/3

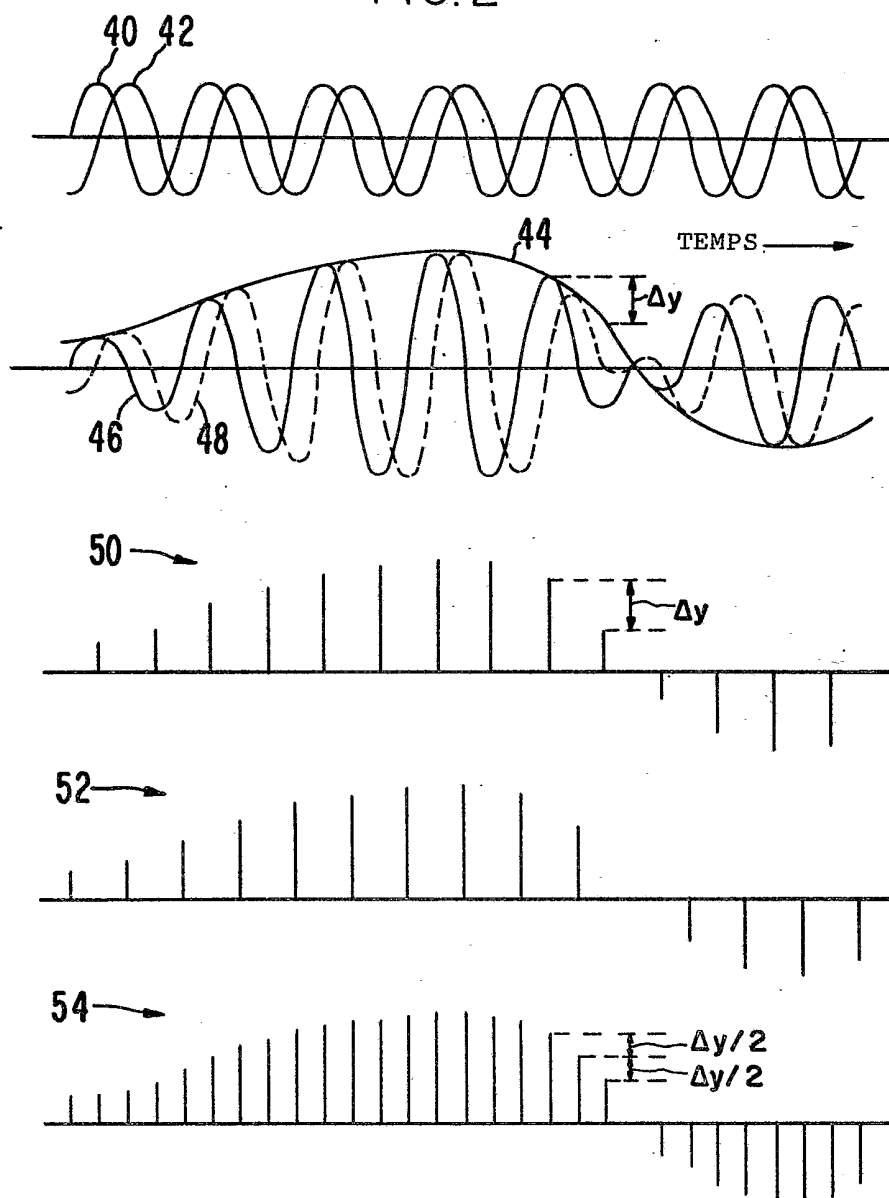


FIG.3

3/3

