

IV.

7 60108
C. 7 60108 W. T. 8-21.



REGISTRADO
H. O. 3
H

P A T E N T E D E I N V E N C I Ó N

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED - de nacionali-
dad norteamericana - con domicilio en 195 Broadway, NEW
YORK (EE. UU.),

por :

"Dispositivo de filtro electromecánico para una banda de
frecuencia seleccionada y que tiene una característica de
carga determinada".

-----:oOo:-----

M e m o r i a d e s c r i p t i v a



La presente invención se refiere a un dispositivo de filtro electromecánico para una banda de frecuencia seleccionada y que tiene una característica de carga determinada, y comprende un cuerpo de cristal piezoeléctrico y varios pares de electrodos que comprenden un primer y segundo pares de electrodos, así como un par intermedio, en el cuerpo de cristal, cuyo par intermedio de electrodos está separado del primer y segundo pares de manera que dicho par intermedio de electrodos se halla mecánicamente acoplado a tales primer y segundo pares, teniendo estos primer y segundo pares masas y dimensiones, y presentando el cuerpo de cristal dimensiones tales, que las partes del cuerpo cubiertas por el primer y segundo pares de electrodos presentan, cuando están desacoplados, una frecuencia resonante mecánica predeterminada, cuyos primer y segundo pares de electrodos presentan además respectivas capacidades eléctricas; y siendo el par intermedio suficientemente macizo para formar en la parte del cuerpo al que cubre un resonador que tiene una frecuencia en relación dada con una de las frecuencias resonantes mecánicas predeterminadas.

Más concretamente esta invención se refiere a un filtro electromecánico que utiliza las propiedades resonantes acústicas de cristales, y particularmente a filtros de ondas eléctricas que emplean un cuerpo de cristal resonante mecánicamente en el que están montados pares de electrodos separados para formar respectivos resonadores interacoplados y donde la energía eléctrica aplicada a uno de los pares de electrodos se acopla a través del cuerpo y se retira del otro de manera que el filtro transmite una banda de paso predetermi-



nada con características también predeterminadas.

Aunque se puede prever algún género de transmisión de energía siempre que se aplica energía eléctrica a un par de electrodos acoplados piezoeléctricamente a un cuerpo de cristal y se retira energía de otro par de electrodos del
5 cuerpo, no ha sido siempre posible obtener una característica seleccionada controlada o una banda de paso suave controlada.

Se ha propuesto que las bandas de paso sean controladas con componentes adicionales. Además, el control de las
10 masas y la separación de los pares de electrodos permite que la naturaleza de la característica de transmisión o banda de paso sea controlada sin componentes adicionales mientras la banda de paso esté limitada a una banda de frecuencia menor que la diferencia de frecuencia entre las denominadas frecuen-
15 cias resonante y antiresonante de un par de electrodos. Además, se descubrió que dentro de esta banda de frecuencia la banda de paso se puede controlar montando una cantidad de pares adicionales de electrodos en el cuerpo entre el par de electrodos de entrada más separados y el par de electrodos
20 de salida. Dichos pares de electrodos intermedios sirvieron con el cuerpo para formar resonadores que acoplaron el resonador de entrada, formado por los electrodos de entrada y el cuerpo de cristal, al resonador de salida, formado por los electrodos de salida y el cuerpo de cristal. Sin embargo,
25 dichos resonadores adicionales no fueron adecuados fuera de esta banda de frecuencia resonante a antiresonante. En estructuras en las que el par de electrodos intermedio servía para acoplar los pares de entrada y salida, las capacidades interelectrónicas de cada par de electrodos imponían restric-



ciones en la banda de paso, que si bien se podían vencer, requerían cambios tan engorrosos que prohibían la aplicación práctica. Por ello, dichos dispositivos de transmisión de energía o filtros de cristal tienen limitaciones prácticas.

5 El problema citado se resuelve de acuerdo con la invención en un dispositivo de filtro electromecánico que se caracteriza porque en por lo menos uno del primer y segundo pares de electrodos está conectada una inductancia para ajustar la capacidad eléctrica de dicho par de electrodos.

10 De acuerdo con un aspecto de la invención, la aludida relación dada es tal que la frecuencia de sintonización es igual a la frecuencia resonante mecánica predeterminada. Según otra forma de la invención la frecuencia resonante mecánica de cada uno de los otros elementos de electrodo es la
15 misma.

Con arreglo a otro aspecto de la invención, el par de electrodos intermedios que se acopla a los otros pares de electrodos comprende varios pares de electrodos en cortocircuito. En otra modalidad de la invención, el par de electro-
20 dos intermedio que se acopla a los otros dos elementos de electrodo comprende varios electrodos en circuito abierto. En el caso de los electrodos en cortocircuito, la frecuencia resonante mecánica no acoplada del cuerpo cubierto por un par de electrodos es preferiblemente igual a la frecuencia
25 resonante mecánica predeterminada de los otros pares de electrodos.

Gracias a la presente invención, los límites de banda de paso anteriormente impuestos por las capacidades interelectrónicas se eliminan solamente con dos inductancias y sin



necesidad de componentes reactivos adicionales conectados a los pares de electrodos intermedios.

En los dibujos :

La figura 1 es una vista un tanto esquemática y en planta parcial de un circuito que comprende un filtro con un cuerpo de cristal y que representa aspectos de la invención.

La figura 2 es una vista un tanto esquemática y en sección parcial del circuito de la figura 1.

La figura 3 es un esquema de un equivalente totalmente eléctrico del circuito de las figuras 1 y 2.

La figura 4 es una gráfica que ilustra la característica de transmisión del filtro de las figuras 1 y 2.

La figura 5 es un dibujo un tanto esquemático y parcialmente en sección de un dispositivo de prueba para verificar acoplamientos entre resonadores en el circuito de las figuras 1 y 2.

La figura 6 corresponde a un dibujo, también un tanto esquemático y en sección parcial, de otro circuito en el que se representan aspectos de la invención; y

Las figuras 7, 8 y 9 ilustran características útiles para fabricar los filtros de las figuras 1, 2 y 6, para electrodos alineados a lo largo del eje Z'.

Los símbolos en los dibujos representan :

PI, db : Pérdida de inserción en decibelios.

SF $f_B - f_A$, KHz, 10MHz : Separación de frecuencias $f_B - f_A$ en kilohertzios, a 10 megahertzios.

SE : Separación de electrodos.

EC : Espesor del cuerpo de cristal.

EP : Espesor de la placa de cristal y de la oblea.



DE : Dimensión del electrodo en la dirección de la alineación del electrodo.

% P : Porcentaje de "Plateback".

AP : Se aproxima a.

5 MX : Máximo.

MN : Mínimo.

TP : Típico.

En la figura 1 una fuente S aplica un potencial de elevada frecuencia a través de una inductancia sintonizadora Li y a través del primero de ocho pares de electrodos 12,14; 16,18; 20,22; 22,24; 26,28; 28,30; 30,32; 32,34; 36,38; y 40,42 que están depositados mediante vapor o metalizados en alineación con ejes elegidos, como el eje cristalográfico Z' en una oblea rectangular de cristal de cuarzo tallada a 35° con respecto al eje óptico. Para mayor claridad, se ha exagerado el espesor de los electrodos y de la oblea de la figura 2. Un electrodo de cada par está situado respecto al electrodo del par respectivo opuestamente a través de la oblea. La fuente S aplicando el potencial de alta frecuencia a través de los electrodos de entrada -12- y -14- engendra piezoeléctricamente vibraciones en sentido transversal al espesor en la oblea de cristal -44-. Las vibraciones provocan vibraciones de igual frecuencia en porciones de la oblea de cristal situadas entre los sucesivos pares de electrodos -12- a -42- y engendra energía eléctrica en los electrodos -40- y -42- a través de los cuales se encuentra una inductancia de sintonización Lo. Cada par de electrodos forma con la oblea un resonador acoplado a los resonadores adyacentes. Un dispositivo de carga Ri recibe energía eléctrica-



ca que aparece a través de los electrodos de salida -40- y -42- sobre una anchura de banda predeterminada B_w . Los pares de electrodos intermedios -16- a -38- están en cortocircuito entre sí y puestos a tierra.

5 Las masas de los electrodos -12- a -42- adoptan la frecuencia resonante de cada uno de los resonadores cuando se consideran por separado mediante el descenso de sus frecuencias respectivas desde la frecuencia fundamental del modo transversal al espesor de la oblea de cristal -44-. Cada una de las masas es apta para sintonizar el sintonizador individual en ausencia de los otros a la misma frecuencia f_p cuando se hallan en el mismo estado de cortocircuito. La inductancia L_i ajusta la total capacidad interelectródica eléctrica efectiva C_{O1} del primer par de electrodos -12- y -14-, comprendiendo las capacidades parásitas, a la frecuencia resonante f_p de manera que f_p es igual a $1/(2\pi\sqrt{L_i C_{O1}})$. La inductancia L_o ajusta la capacidad interelectródica del último par de electrodos -40- y -42- a la misma frecuencia f_p de modo que f_p es igual a $1/(2\pi\sqrt{L_o C_{O2}})$. En la figura 1 los electrodos -12- a -42- son sustancialmente iguales de manera que $C_{O1} = C_{O2} = C_o$, y $L_i = L_o$.

El funcionamiento del filtro de la figura 1 se puede comprender mejor considerándolo en conexión con el circuito equivalente ilustrado en la figura 3 donde las porciones que representan la estructura compuesta por el cuerpo de cristal -44- y los electrodos -12- a -42- se designa por F. Aquí, la fuente S aplica potenciales de elevada frecuencia a través de un condensador C_{O1} que representa la capacidad interelectródica de los electrodos -12- y -14-. La fuente S



tiene una resistencia interna R_g . El transformador de capacidad compuesto de una capacidad Tee que tiene dos condensadores C_1 en el brazo en serie y un condensador $-C_1$ en la rama de derivación representa el acoplamiento piezoeléctrico

5 entre los electrodos -12- y -14- y la oblea -44- y sirve para aplicar la energía de entrada desde la fuente S a un circuito resonante en derivación compuesto por una inductancia L_1 y un condensador C_1 que representa la estructura resonante de la oblea -40- entre los electrodos -12- y -14-.

10 El circuito resonante compuesto por la inductancia L_1 y C_1 es sintonizado a la frecuencia f_p sobre la base del espesor de la oblea -44- y las dimensiones y masas de los electrodos -12- y -14-. Así, $1/(2\sqrt{C_1 L_1}) = f_p$. La inductancia L_1 conectada en derivación con el condensador C_{01} y los electrodos

15 -12- y -14- sintoniza el condensador C_{01} a la frecuencia f_p de manera que esta última es igual a $1/(2\sqrt{L_1 C_{01}})$. La energía que se presenta en el resonador $L_1 C_1$ excita varios resonadores $L_2, C_2; L_3, C_3; L_4, C_4; L_5, C_5; L_6, C_6; L_7, C_7$ y L_8, C_8 . Aquí, $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = C_7 = C_8$, y $L_1 =$

20 $L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = L_6 = L_7 = L_8$. Esto se hace por medio de secciones de acoplamiento en γ inductivas $S_{12}, S_{23}, S_{34}, S_{45}, S_{56}, S_{67}$ y S_{78} cada una de las cuales se compone de una inductancia en serie $L_{n(n+1)}$ y dos brazos en derivación $-L_{n(n+1)}$, donde $n = 1, 2 \dots 7$. Así la sección S_{34} está com-

25 puesta por una inductancia en serie L_{34} y dos inductancias en derivación $-L_{34}$. La excitación de los otros resonadores corresponde al efecto de la vibración de la oblea -44- entre los electrodos -12- y -14- que se provoca a través de las vibraciones similares del material intermedio de la misma fre-



cuencia en las porciones de oblea situadas entre los respectivos pares de electrodos -16- a -42-. Los respectivos resonadores L_1 , C_1 , etc., representan la frecuencia de vibración de la porción resonante individual de la oblea cuando
5 las otras porciones resonantes se desintonizan de la región de la banda de paso. Las secciones inductivas S_{12} , S_{23} , etc., representan el acoplamiento entre resonadores sucesivos y da por resultado cambios de frecuencia de las porciones vibrantes entre las obleas.

10 La energía que se presenta a través del resonador L_8 , que representa la energía entre los electrodos -40- y -42- es acoplada piezoeléctricamente a la capacidad C_{08} que representa la capacidad interelectródica total a través de los electrodos -40- y -42-, por medio de un transformador de
15 capacidad de salida que corresponde al acoplamiento piezoeléctrico entre los electrodos y la oblea -44-. Un circuito de capacidad Tee formado por dos brazos de condensadores en serie C_1 y C_1 y una rama de derivación $-C_1$, similar al transformador de capacidad de entrada, forma el transformador de
20 capacidad de salida. La energía eléctrica que se presenta pasa a un dispositivo de resistencia de carga R_0 . La inductancia L_0 sintoniza la capacidad C_{08} a la frecuencia f_p .

En el circuito equivalente de la figura 3, la porción W_E representa el circuito equivalente del material de oblea.
25 La porción P_E representa el acoplamiento piezoeléctrico entre el material de oblea y los electrodos y la porción E_E representa las capacidades eléctricas totales de los electrodos.

Según los estados de la figura 1, los electrodos



-16- a -38- están en cortocircuito. En consecuencia, las capacidades C_{02} a C_{07} están también en cortocircuito. Verdaderamente el trabajo de estos cortocircuitos es disponer una impedancia infinita o circuito abierto a través de cada uno de los resonadores C_2, L_2 a C_7, C_7 . Esto se puede apreciar computando los valores de las capacidades totales C_t a través de una de las capacidades, tal como la C_2 . Aquí el condensador C_1 en la rama del circuito transformador de capacidad para C_{02} es puesto en derivación a través del condensador $-C_1$. Por otra parte, el condensador $-C_1$ está entonces en serie con el condensador C_1 en el otro brazo de la capacidad Tee. El valor total de la capacidad C_t a través del resonador L_2, C_2 es igual a $C_1 (C_1 - C_1)/(C_1 + C_1 - C_1) = 0$. Así la capacidad es igual a cero y la correspondiente reactancia $X_{CT} = \frac{1}{2\gamma f C_t}$ es infinita. Por ello, el efecto de los cortocircuitos a través de cada uno de los resonadores L_2, C_2 a L_7, C_7 es disponer efectivamente reactancias infinitas a través de los resonadores particulares y no influir sustancialmente sobre su sintonización.

Al mismo tiempo las inductancias L_1 y L_0 y las impedancias R_s y R_0 que forman circuitos resonantes en derivación con los condensadores C_{01} y C_{08} representan respectivas impedancias compuestas de reactancias infinitas y respectivas resistencias R_s y R_0 en la frecuencia f_p . Así en la frecuencia f_p la capacidad Tees refleja esas bajas resistencias y circuitos resonantes en paralelo L_1, C_{01} y L_0, C_{08} a través de los resonadores C_1, L_1 y C_8, L_8 como resistencias elevadas y reactancias cero si los valores de R_s y R_0 son bajos. Esto es debido a que la impedancia reflejada tal como la Z_{01}



a través del resonador L_1, C_1 en f_p es igual a

$$\sqrt{(R_s + X_{C1}) (-X_{C1}) / (R_s + X_{C1} - X_{C1})} - X_{C1} = X_{C1}^2 / R_s,$$

5 donde $X_{C1} = 1/j2\pi f_p C_1$ es la reactancia de C_1 en la frecuencia f_p . Así en frecuencia f_p la impedancia reflejada

$$Z_{O1} = 1/4 \pi^2 f_p^2 C_1^2 R_s,$$

10 que es un valor real. Si R_s es pequeño comparado con la reactancia de C_1 entonces Z_{O1} es una gran resistencia. Análogamente, si R_o es pequeño comparado con la reactancia de C_1 entonces Z_{O8} es grande.

15 En consecuencia, cada uno de los resonadores C_1, I_1 a C_8, I_8 que representan los resonadores formados por los electrodos -12- a -42- y la oblea -44- es ajustado sustancialmente a la misma frecuencia f_p .

20 La banda de paso formada por tal ajuste depende del acoplamiento entre cada par sucesivo de resonadores. La figura 4 ilustra una banda de paso apta para un circuito tal como el que se representa en las figuras 1 y 2. El grado de acoplamiento conveniente y necesario para producir bandas de paso concretas puede obtenerse según la teoría de circuitos ordinarios. El acoplamiento real entre resonadores adyacentes se puede medir determinando las desviaciones de frecuencia impartidas por uno de los pares de resonadores sobre el
25 otro.

El circuito de la figura 5 ilustra el método para determinar el acoplamiento entre pares sucesivos de electrodos. Aquí, una fuente de frecuencia variable -60- aplica una señal de alta frecuencia a través de uno de los dos pares de



electrodos entre los que se ha de medir el acoplamiento. Un contador -62- mide el voltaje de entrada. El resonador en el que se ha de medir el acoplamiento, tal como el formado por los electrodos -24- a -26- se pone en cortocircuito. Los electrodos restantes se mantienen en circuito abierto para ajustar los resonadores formados por ellos. La frecuencia aplicada desde la fuente -60- se registra en los dos voltajes más bajos medidos por el contador -62- cuando la salida de frecuencia de la fuente -60- varía. Esas dos frecuencias registradas f_A y f_B se forman por el efecto de sección inductiva S_{34} sobre los resonadores L_3, C_3 y L_4, C_4 que representan los resonadores formados por los electrodos -20-, -22- y -24-, -26-. El acoplamiento k es igual a

$$(f_B - f_A) / \sqrt{f_B f_A}$$

Si se ponen en circuito abierto los electrodos -12- a -18- y -28- a -42- de la figura 5, cuyos acoplamientos no se consideran en alguna medición que no los desajuste de manera que se hallan fuera del alcance de la medición, se puede añadir inductancia o capacidad suplementaria para desajustarlos ulteriormente.

A continuación se dan dimensiones adecuadas para la estructura de las figuras 1 y 2. Estas dimensiones son solamente ejemplos y no se deben tomar como limitativas. De acuerdo con este ejemplo el cuerpo de cristal está compuesto por un cristal de cuarzo tallado a 35° con relación al eje óptico y que tiene 2,54 cm. de longitud, 0,916 cm. de anchura y aproximadamente 0,0155 cm. de espesor.

Las dimensiones de los pares de electrodos -12- a



-42- son 0,1865 cm. sobre la dirección longitudinal del cuerpo de cristal, que se encuentra a lo largo del eje Z', por 0,2327 cm. a lo largo del eje X. Las separaciones d_1 a d_7 de los electrodos entre los bordes con las dimensiones longitudinales son :

- $d_1 = 0,02794$ cm.
- $d_2 = 0,03754$ "
- $d_3 = 0,03889$ "
- $d_4 = 0,03917$ "
- 10 $d_5 = 0,03889$ "
- $d_6 = 0,03754$ "
- $d_7 = 0,02794$ "

Estas dimensiones de separación tienen respectivamente tolerancias de $\pm 0,00025$ cm. Las masas de los electrodos son aptas para conseguir respectivos "platebacks" de 2 %. El término "plateback" representa una medida de las masas o de los efectos de las masas de los electrodos. Específicamente, el "plateback" constituye la caída fraccional $(f - f_p)/f$ en la frecuencia resonante f_p de un cuerpo de cristal electrodado con un único par de electrodos, a partir de la frecuencia fundamental transversal al espesor f del cuerpo de cristal no electrodado debido al aumento de masas de los electrodos. Esto tiene en cuenta el hecho de que cuando las masas de los electrodos se aumentan, desciende la frecuencia resonante de los resonadores individuales medida con otros resonadores desajustados.

Los coeficientes k de acoplamiento resultantes entre pares sucesivos de izquierda a derecha en las figuras 1 y 2 son $1,54 \times 10^{-3}$, $1,245 \times 10^{-3}$, $1,200 \times 10^{-3}$, $1,192 \times 10^{-3}$,



1,200 x 10⁻³, 1,245 x 10⁻³ y 1,54 x 10⁻³. La estructura de las figuras 1 y 2 pasa la frecuencia de banda media de 10,7 megahertz. La anchura de la banda de paso es de 25 kilohertz. La inductancia de resonador L_1 a L_3 es de 34 milihenrios. El filtro está destinado a funcionar entre una fuente que tiene una impedancia de 3000 ohms y una carga de 3000 ohms. las inductancias L_1 y L_0 son de .154 milihenr, respectivamente. $R_s = 3000$ ohms.

La anchura de banda de frecuencia sobre la que un filtro tal como se ilustra en las figuras 1 y 2 actúa para proveer una banda de paso continua como muestra la figura 4 es mayor que la utilizable hasta ahora con tales estructuras de cristal. Hace tiempo se supuso que tales anchuras de banda suaves, más bien limitadas por otras razones tales como el acoplamiento mecánico entre resonadores, quedaban restringidas por el efecto sobre la banda de paso del acoplamiento piezoeléctrico del cuerpo a la capacidad de cada uno de los electrodos -12- a -42-. No obstante, el circuito equivalente de la figura 3, revela que el acoplamiento piezoeléctrico actúa para imponer la capacidad interelectrónica de modo diferente sobre los resonadores intermedios que sobre los resonadores de entrada y salida. Concretamente, cuando la fuente y la carga se aplican a través de los resonadores de entrada y salida los condensadores C_1 en los brazos del condensador Tee se encuentran sobre la línea o conducto principal de energía. Esto tiene un resultado distinto desde el condensador Tee sobre los resonadores intermedios C_2 , L_2 a G_7 , L_7 . Aquí el condensador Tee que representa el acoplamiento piezoeléctrico es puesto sustancialmente en deriva-



ción a través de la línea o conducto de energía. Este efecto es verdadero aún cuando los electrodos -16- a -18- están en circuito abierto.

Aunque el poner en cortocircuito los electrodos intermedios -16- a -38- es a menudo conveniente con el fin de limitar los efectos sobre la capacidad C_0 , que es cualquiera de las capacidades C_{01} a C_{08} de conductores y capacidades reflejadas, el estado de circuito abierto es con frecuencia conveniente. En estas circunstancias, el circuito equivalente de la figura 3 cambia solamente teniendo retirados los cortocircuitos de C_{02} a C_{07} . Las frecuencias resonantes no acopladas de cada uno de los resonadores interiores C_2, L_2 a C_7, L_7 que representan los resonadores formados por la oblea -44- y los electrodos -16- a -38- son ahora desajustadas por la acción de la capacidad de desajuste C_T que representa el acoplamiento piezoeléctrico y las capacidades interelectrónicas C_{02} a C_{07} que ahora no están en cortocircuito.

La capacitancia de desajuste C_T en cada caso es igual

20 a
$$C_1 \sqrt{C_1 C_0} / (C_1 + C_0) - C_1 \sqrt{C_1} / \sqrt{C_1 + C_0} + C_1 C_0 / (C_1 + C_0) - C_1 \sqrt{C_1}.$$

Así C_T es igual a $-C_1^2 / C_0$. En consecuencia, la frecuencia en circuito abierto f_{oc} que se puede probar como se ilustra en la figura 5 a excepción de poner en circuito abierto los electrodos -24- y -26- y de poner en cortocircuito los electrodos -12-, -14-, -16-, -18-, -28-, -30-, -32-, -34-, -36-, -38-, -40- y -42-, comprende los efectos de las capacitancias interelectrónicas C_0 y el efecto del acoplamiento piezoeléctrico. Esto constituye una elevación de la frecuencia



desde f_p debido a que la capacitancia resultante es negativa. Los resonadores formados por los electrodos -12- y -14- así como por los electrodos -40- y -42- como se representa por L_1, C_1 y L_8, C_8 están solos, sin el efecto de C_0 , ajustados por la frecuencia f_{oc} . Como antes los efectos de acoplamiento piezoeléctrico de los condensadores C_{01} y C_{08} son eliminados ajustando las capacitancias C_{01} y C_{08} con las inductancias L_1 y L_8 a la frecuencia de los resonadores L_1, C_1 y L_8, C_8 . Aquí esta frecuencia es f_{oc} . En la figura 6 el ajuste de los resonadores desacoplados, considerados solos, formado por los electrodos -16- a -38-, y representado por L_2, C_2, L_7, C_7 , condensadores $C_1, -C_1$ y C_0 , a la frecuencia f_{oc} se lleva a cabo haciendo las masas de los electrodos -16- a -38- mayores que la de los electrodos -12-, -14- y -40-, -42-. Esto reduce la frecuencia resonante desacoplada f_p de cada uno de ellos hasta que la frecuencia resultante total de cada resonador en circuito abierto es f_{oc} . Las masas aumentadas logran el antedicho "plateback" que reduce la frecuencia resonante de cada resonador. Las masas relativas de cada par de electrodos, es decir, los relativos "platebacks" están determinadas no solamente para conseguir ajuste adecuado sino para conseguir también el conveniente acoplamiento. Cuanto mayor es el "plateback" sobre resonadores sucesivos, menor es el acoplamiento entre ellos.

A continuación se da un ejemplo de las dimensiones adecuadas para la estructura de la figura 6. Tales dimensiones son nuevamente sólo ejemplos y no se deben considerar como limitativas. De acuerdo con este ejemplo el cuerpo



de cristal está compuesto de un cristal de cuarzo tallado a 35° con relación al eje óptico y de 3,56 cm de longitud 0,102 cm. de anchura y aproximadamente 0,0221 cm. de espesor. Las dimensiones de los pares de electrodos -12- a -42- son 0,2667 cm a lo largo de la dirección longitudinal del cuerpo, que se encuentra a lo largo del eje Z', por 0,3312 cm. a través del eje Z'. La separación d_1 a d_7 entre los bordes con las dimensiones longitudinales son :

	$d_1 = 0,0424$ cm.
10	$d_2 = 0,0536$ "
	$d_3 = 0,0554$ "
	$d_4 = 0,0559$ "
	$d_5 = 0,0554$ "
	$d_6 = 0,0536$ "
15	$d_7 = 0,0424$ "

Las dimensiones de separación tienen respectivamente tolerancias de $\pm 0,000254$ cm. Las masas de los electrodos son aptas para lograr respectivos "platebacks" de 2 %. Los coeficientes de acoplamiento respectivos resultantes k entre sucesivos pares de izquierda a derecha en la figura 6 son $1,54 \times 10^{-3}$, $1,245 \times 10^{-3}$, $1,200 \times 10^{-3}$, $1,192 \times 10^{-3}$, $1,200 \times 10^{-3}$, $1,245 \times 10^{-3}$ y $1,54 \times 10^{-3}$. La estructura de la figura 6 pasa a frecuencia de banda media de 7,5 megahertz y una anchura de banda de paso de aproximadamente 17,5 kilohertz. La inductancia de resonador en cada resonador es de 48,5 milihenrios. El filtro está destinado a ser accionado por una impedancia de fuente de 3000 ohms y cuando la salida de los electrodos -40- y -42- se aplica a través de una carga R_0 de 3000 ohms. L_1 y L_0 son de 0,220



milihenrios, respectivamente. $R_3 = 3.000$.

De este modo la invención soslaya las limitaciones que anteriormente imponía a tales filtros el acoplamiento piezoeléctrico de los electrodos.

5 Gracias a que de acuerdo con la invención el acoplamiento se controla entre resonadores adyacentes, es posible utilizar una banda de paso más ancha que la que se obtenía con el material de cristal particular.

10 La estructura de cristal de las figuras 1, 2 y 6, se fabrica seleccionando primero la anchura de banda total y calculando sobre la base de la teoría de circuito ordinario los coeficientes de acoplamiento necesarios entre cada par de electrodos. Los tamaños de electrodo y los "plate-backs" adecuados se escogen de curvas, tales como las de
15 las figuras 7, 8 y 9 que han sido pensadas para estructuras con dos pares de electrodos acoplados entre sí. Cuando t es el espesor de la oblea y r es la anchura de los electrodos, r/t se hace generalmente igual a 12 aunque en la práctica se puede emplear cualquier valor entre 6 y 20. Fre-
20 cuentemente se elige un valor de $15t$ como longitud de los electrodos normal a los ejes de acoplamiento para la conveniente supresión de otros modos. La frecuencia fundamental f de modo transversal al espesor se elige de la fórmula $\hat{f} = f_p / (1 - P_B)$ donde P_B es la desviación fraccional en frecuencia debida a la carga de masa de los electrodos e igual
25 a $(f - f_p) / f$.

La fabricación de filtros tal como se ilustra en las figuras 1, 2 y 6 se inicia cortando primero una oblea de un cristal de cuarzo que tenga la orientación cristalográfica



conveniente, tal como una talla a 35° del eje óptico. Luego se alisa la oblea y se corroe a un espesor t que corresponde a la frecuencia f de índice de modo transversal al espesor fundamental. Para depositar los electrodos son aptas plantillas recortadas que se disponen sobre cada cara

5 de la oblea de cristal. La geometría de los electrodos se determina considerando las anchuras de banda convenientes y los oportunos "platebacks".

La adecuada separación d entre los electrodos de pares adyacentes se puede determinar a partir de gráficas

10 tales como las de las figuras 7, 8 y 9 que ilustran la variación en acoplamiento $(f_B - f_A)/\sqrt{f_B f_A}$ para varias relaciones de separación d de electrodos a espesor de oblea y para varios "platebacks" así como para diversos valores de

15 r/t en una frecuencia nominal.

Para obtener "platebacks" elegidos se deposita oro o níquel, tal como por evaporación, en capas a través de las plantillas para hacer posibles conexiones y lograr aproximadamente la mitad del total "plateback" deseado. A cada

20 par de electrodos se aplica separadamente energía por medición y se les añade masa hasta que tiene lugar una desviación que corresponde al "plateback" total. Esto se hace hasta que el par resuena a la total frecuencia nominal deseada. Durante este procedimiento de deposición los otros

25 pares de electrodos se desajustan manteniéndolos, ya sea en circuito abierto haciendo el circuito de la figura 1, o en cortocircuito haciendo el circuito de la figura 6. Sin embargo, puede ser necesario eliminar el efecto de los otros pares terminándolos inductivamente o capacitivamente. Luego



se mide el acoplamiento y respuestas de cada par de resonadores acoplados como se describe en la figura 5 y deben prevalecer las anchuras de banda convenientes. Se pueden efectuar ajustes mediante ligera variación en el "plate-back" de cada par de electrodos.

La invención provee un sistema de transmisión de energía seguro y un filtro que se puede constituir no solamente de manera sencilla, sino de modo que puede cubrir bandas de paso de anchura de bandas amplias.

Las figuras 7, 8 y 9 son ejemplos de gráficas derivadas empíricamente para un filtro provisto de dos resonadores acoplados que funcionan no afectados por otros resonadores dentro de una banda de frecuencia y alrededor de una frecuencia nominal. Las gráficas son útiles para determinar parámetros adecuados. Los valores $f_B - f_A$ se pueden considerar medidas del acoplamiento $k = (f_B - f_A) / \sqrt{f_B f_A}$. El valor $(f_B - f_A) / f_A$ es una aproximación donde f_B es casi f_A . En las gráficas r es la dimensión de electrodo en cuya dirección están alineados los electrodos.

20

N O T A
 =====

Se reivindica como objeto de la presente patente de invención :

1. - Dispositivo de filtro electromecánico para una banda de frecuencia seleccionada y que tiene una característica de carga determinada y comprende un cuerpo de cristal piezoeléctrico (44); varios pares de electrodos (12,14 a 40,42) comprendiendo un primer y segundo par de electrodos, así como un par intermedio (12,14), (40,42) y (16 a 38)



respectivamente sobre el cuerpo de cristal, estando el par de electrodos intermedios separado del primer y segundo pares de manera que dicho par de electrodos intermedios se halla mecánicamente acoplado al primer y segundo pares, teniendo estos primer y segundo pares masas y dimensiones tales, y teniendo el cuerpo de cristal dimensiones tales que las porciones del cuerpo cubiertas por el primer y segundo pares de electrodos presentan, cuando están desacoplados, una frecuencia resonante mecánica predeterminada, cuyos primer y segundo pares de electrodos presentan, además, respectivas capacitancias eléctricas; y siendo el par intermedio suficientemente macizo para formar en la porción del cuerpo al que cubre un resonador que tiene una frecuencia en relación dada con una de las frecuencias resonantes mecánicas predeterminadas, caracterizado por comprender una inductancia (L_0 o L_1) conectada a por lo menos un par del primer y segundo pares de electrodos para ajustar la capacitancia eléctrica de dicho par de electrodos.

2. - Dispositivo de filtro electromecánico, según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende una segunda inductancia (L_0 o L_1) conectada al otro par del primer y segundo pares de electrodos para ajustar la capacitancia eléctrica del otro par de electrodos.

3. - Dispositivo de filtro electromecánico, según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque las inductancias añadidas al primer y segundo pares de electrodos ajustan los pares a su frecuencia resonante mecánica predeterminada.

4. - Dispositivo de filtro electromecánico, según



las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque el par de electrodos intermedio es un par de varios pares de electrodos intermedios.

5 5. - Dispositivo de filtro electromecánico, según la reivindicación 3, caracterizado porque los pares de electrodos intermedios están en cortocircuito.

6. - Dispositivo de filtro electromecánico, según la reivindicación 3, caracterizado porque los pares de electrodos intermedios están en circuito abierto.

10 7. - Dispositivo de filtro electromecánico para una banda de frecuencia seleccionada y que tiene una característica de carga determinada.

Esta memoria consta de veintidós páginas, escritas por una sola cara.

BARCELONA, 18 ABR. 1969

P. A.

FIG. 3

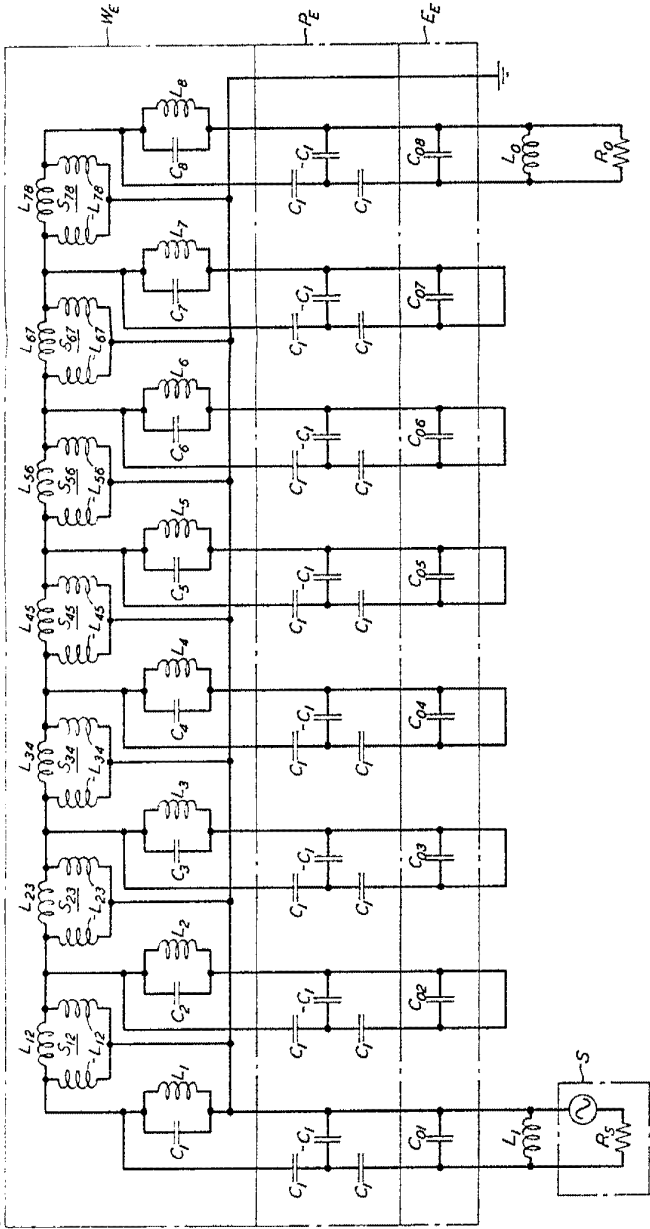


FIG. 4

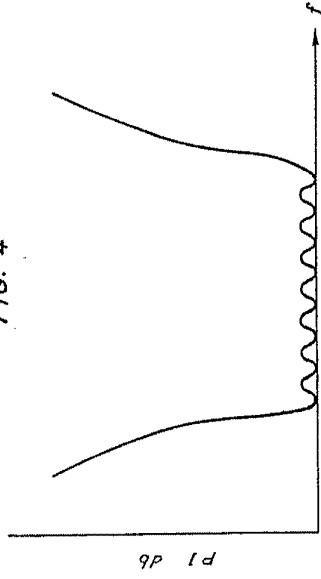


FIG. 1

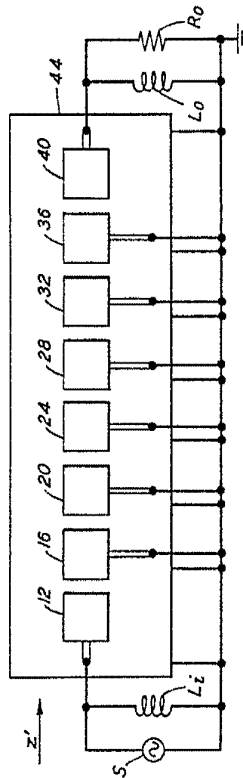


FIG. 2

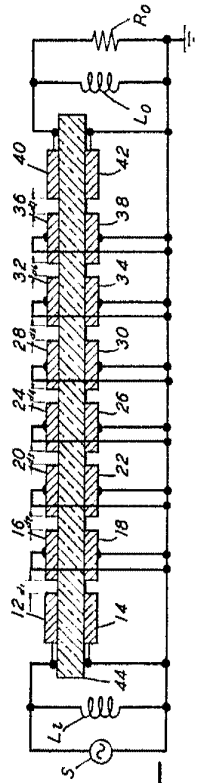


FIG. 5

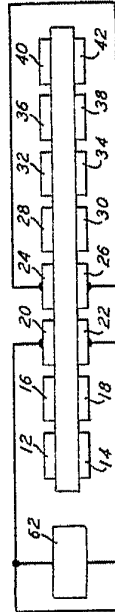
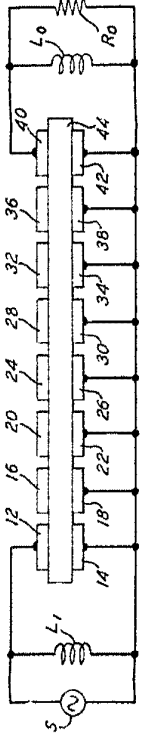


FIG. 6



FOR AUTOMATIC

FIG. 3

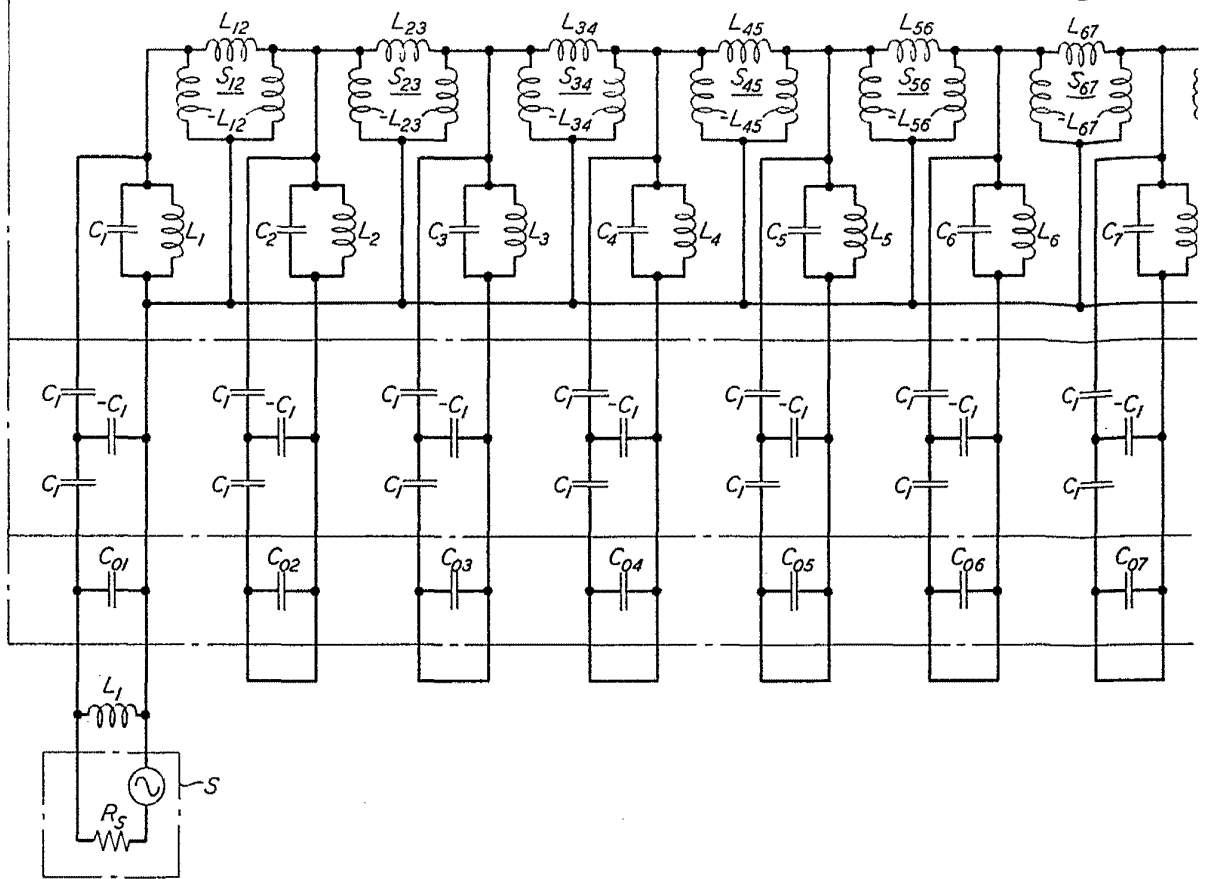


FIG. 1

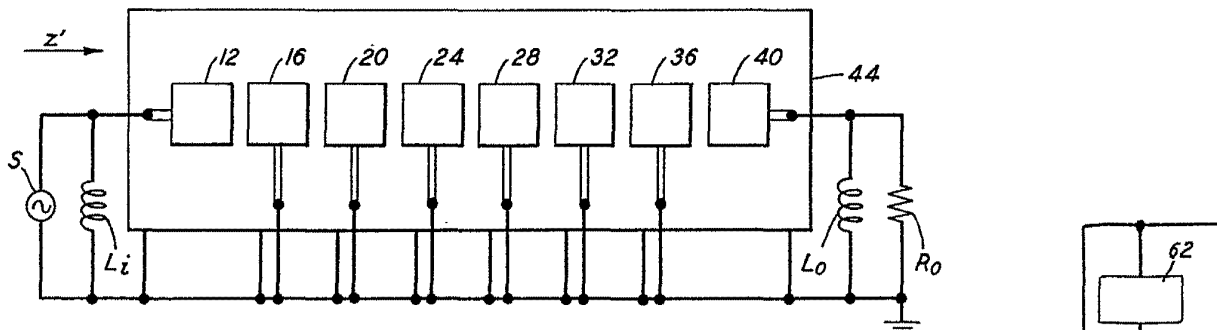
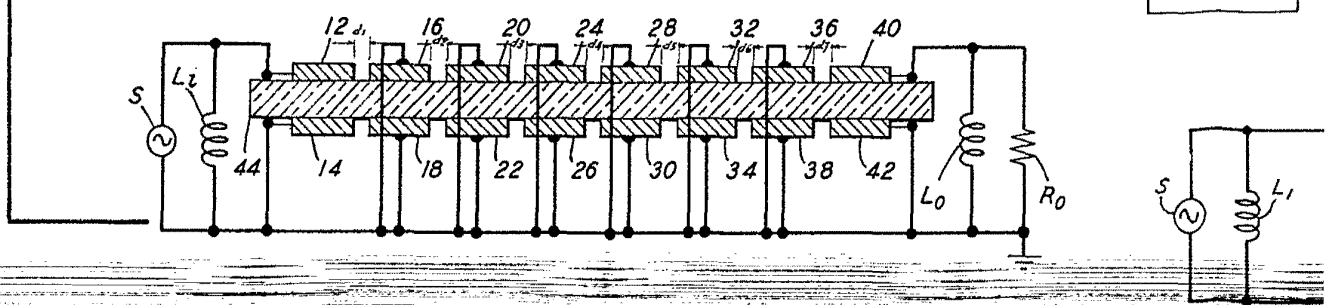


FIG. 2



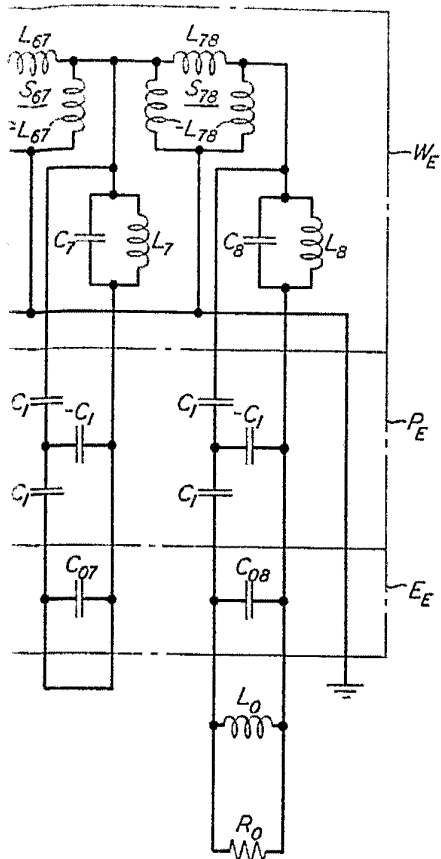


FIG. 4

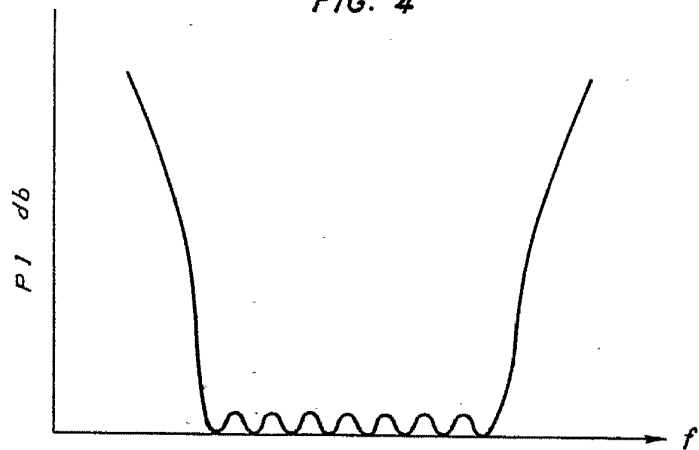


FIG. 5

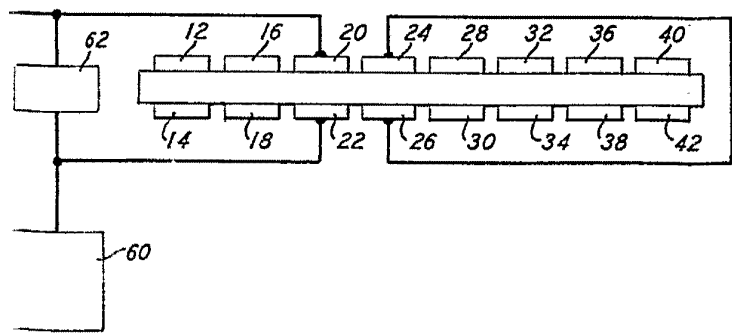
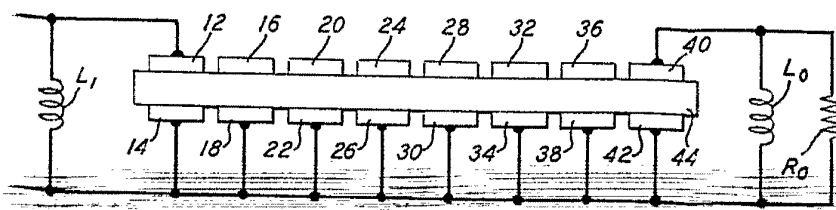


FIG. 6



FOR AUTORIZACION:

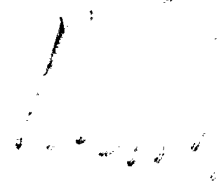




FIG. 7

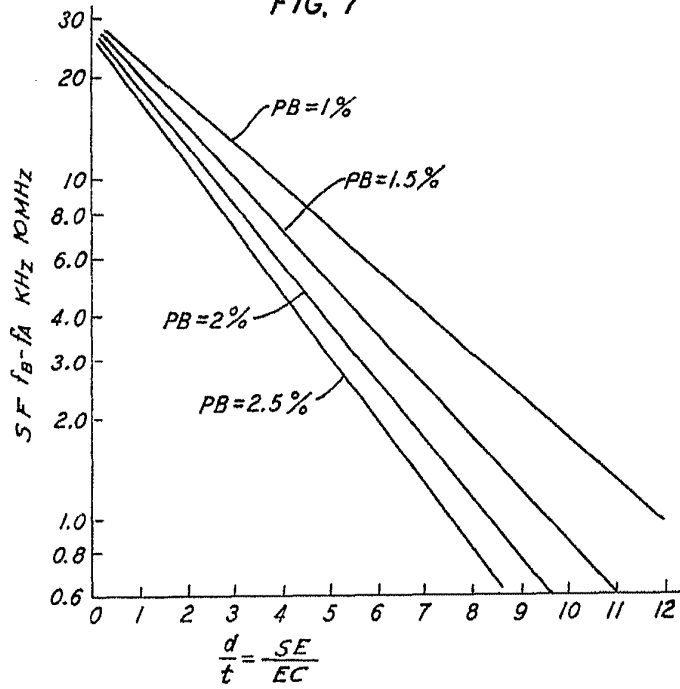
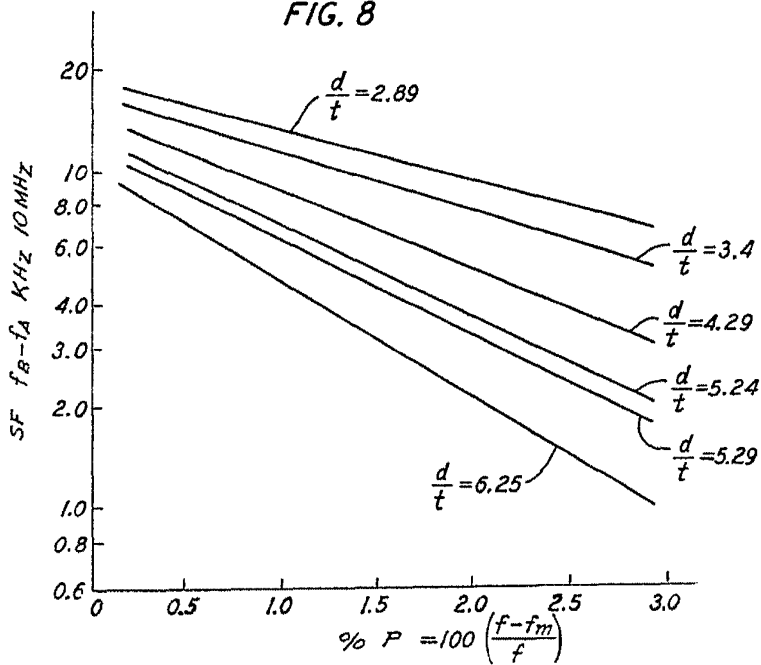


FIG. 8

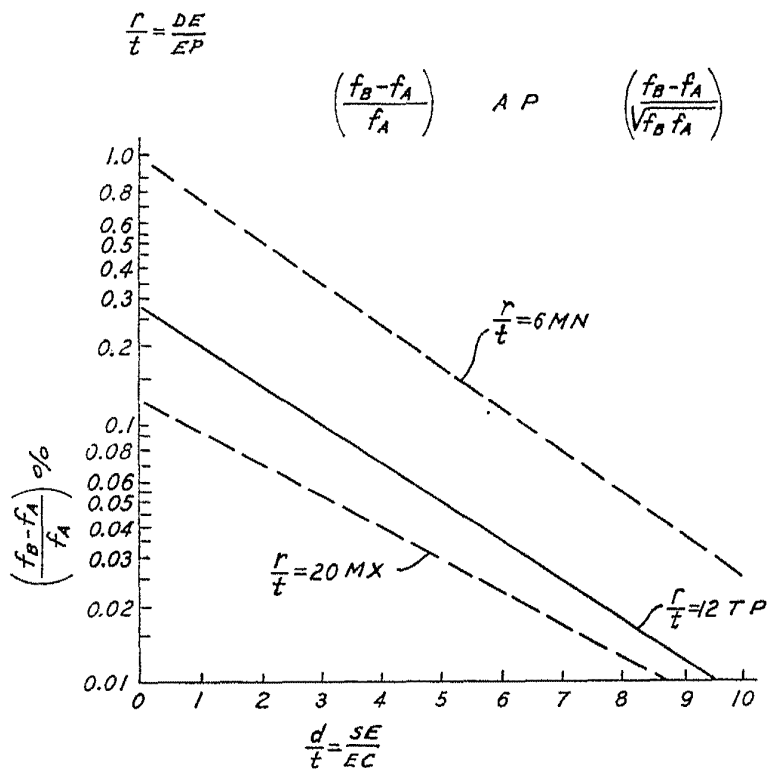


FOR AUTORIZACIÓN:

[Handwritten signature]



FIG. 9



POR AUTORIZACIÓN:

[Handwritten signature]