

PATENTE DE INVENCION

KURTH.C.F.16 SPAIN.

Int. Cat.	H03H

1442  
3.  
COPIA

21 DIC. 1976

COMPROBADA

*Memoria Descriptiva*

*sobre:*

Perfeccionamientos en filtros piezoeléctricos monolíticos.

==.==.==.==.==.==.==.==.==.==.==.==

*Solicitante:* WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED, entidad norteamericana, residente en 195 Broadway, New York, New York 10007, EE.UU. de A.

==.==.==.==.==.==.==.==.==.==.==.==

Este filtro se refiere a un aparato de filtro piezoeléctrico monolítico que comprende una pluralidad de elementos resonadores piezoeléctricos acoplados formados encerrando parcialmente partes de una oblea piezoeléctrica entre pares de electrodos, estando des-

5.

tinados los electrodos en un lado anverso de la pastilla a ser el terminal común para el acoplamiento de un acceso de entrada y un acceso de salida a dichos elementos resonadores.

5. El término "filtro piezoeléctrico monolítico" se emplean en la presente memoria para definir una estructura de filtro básico, como es un filtro piezoeléctrico monolítico, que comprende una pluralidad de resonadores los cuales comparten una oblea piezoeléctrica común. De un modo más particular un filtro piezoeléctrico monolítico se caracteriza por dos rasgos distintivos o sea; carga masiva y acoplamiento acústico.
10. El término "carga masiva" se refiere a una masa de electrodo particular que está determinada por la naturaleza del cuerpo piezoeléctrico y su espesor, y por el tamaño y densidad de los electrodos que componen cada uno de los resonadores.
15. El acoplamiento acústico, por otro lado, se refiere a la existencia de un canal de energía en el cuerpo piezoeléctrico que efectúa la transmisión de energía acústica entre los electrodos de entrada y salida. En virtud a la combinación específica de la carga masiva y acoplamiento acústico, la impedancia de imágenes de la estructura de filtro piezoeléctrico monolítico como un todo se conforme a un patrón específicamente definido. Adicionalmente, la estructura, como un todo, tiene un circuito equivalente en forma de red mallada con frecuencias resonantes y antirresonantes caracterizada por una relación específicamente definida.
- 20.
- 25.

30. Para asegurar la acción de corte más pronunciada posible y un grado correspondientemente alto de selectividad, la característica de atenuación de cualquier filtro de banda eficaz, incluyendo un filtro piezoeléctrico monolítico, deberá estar marcada por partes laterales inferiores pronun

- ciadas de atenuación cerca de la banda pasante del filtro. Cuando se trata de un filtro piezoeléctrico monolítico, una técnica particular para conseguir dichas partes laterales inferiores pronunciadas de atenuación ha consistido en modificar la estructura del filtro monolítico clásico de forma que la estructura muestre polos de atenuación cerca de la banda de paso del filtro. No obstante desgraciadamente, las modificaciones empleadas hasta la fecha para conseguir dichos polos de atenuación han exigido añadir otros trayectos de señal y/o resonadores a la estructura de filtro básico, con lo cual se tiende a aumentar su complejidad.

5. El problema anterior se resuelve según el invento en un aparato de filtro piezoeléctrico monolítico que se caracteriza porque uno de dichos accesos se acopla a los electrodos en el lado del reverso solamente de dicha pastilla.

10. En el dibujo:

La figura 1 ilustra un filtro piezoeléctrico monolítico según los principios del presente invento.

15. Las figuras 2 y 3 ilustran otras dos combinaciones de acceso de entrada y salida para el filtro de la figura 1.

La figura 4 ilustra una característica de atenuación típica que cabe esperar del filtro de la figura 1.

La figura 5 ilustra el circuito equivalente del filtro de la figura 1.

20. La figura 6 ilustra una pluralidad de filtros del tipo ilustrado en la figura 1 conectados en alud.

La figura 7 representa una característica de atenuación típica para el dispositivo de la figura 6.

25. La figura 8 ilustra una modificación del dispositivo de la figura 6 donde se emplean capacitores de sintonización

30.

y

La figura 9 ilustra un circuito equivalente del tipo de red celular del filtro de la figura 1.

5. Según los principios del presente invento, un filtro piezoeléctrico monolítico clásico se modifica para emplear como acceso de entrada y de salida del mismo combinaciones particulares de un primer, un segundo y un tercer terminales, estando destinados estos terminales a conectarse a ciertos electrodos previamente elegidos de los dos resonadores adyacentes que comprenden el filtro. De un modo más específico, el primer terminal está destinado a conectarse a uno de los electrodos del primero de los dos resonadores mencionados, el segundo terminal al otro electrodo del primer resonador y a uno de los electodos del segundo de los dos resonadores, y el tercer terminal al electrodo restante del segundo resonador. Con el primer, segundo y tercer terminales adaptados de éste modo, el empleo del primer y tercer terminales como uno de los accesos de entrada y salida del filtro, y el empleo de cualquier otra combinación de dos de los terminales como el otro de sus accesos de entrada y salida dá por resultado un filtro que muestra dos polos de atenuación de frecuencia definidos cuyas ubicaciones pueden variar variando los parámetros del filtro. Por consiguiente, mediante una elección apropiada de dichos parámetros del filtro, se puede hacer que los polos de atenuación del filtro ahorquillen la banda pasante del filtro, proporcionando de éste modo la elevación pronunciada requerida en la característica del filtro cerca de la banda.

20. A pesar de que se comprenderá que el presente invento puede adoptar una pluralidad de modalidades, en una modalidad particular que se describe en la presente memoria, el acceso

25.

30.

so de entrada del filtro comprende el primer y el tercer terminal del filtro y el acceso de salida comprende el tercer y el segundo terminales del filtro. En otra modalidad, el acceso de salida del filtro comprende el primer y el tercer terminales y el acceso de entrada el tercer y el segundo terminales del filtro.

5.

En otra modalidad del invento, una pluralidad de filtros modificados según los principios del presente invento se ponen en cascada para dar por resultado un filtro de paso de banda compuesto.

10.

Con referencia a la figura 1, se ilustra un filtro piezoeléctrico (MCF) 11 de acuerdo con los principios de la presente invención. El filtro comprende un primer y un segundo resonadores acoplados acústicamente 12 y 13 que se forman intercalando partes de una oblea o cuerpo piezoeléctrico 14 entre pares de electrodos 15-1, 15-2 y 16-1, 16-2, respectivamente. De un modo adicional, el filtro 11 está provisto de tres terminales 1, 2 y 3 que proporcionan medios para alimentar una señal  $V_i$  al filtro y extraer una señal  $V_o$  del filtro. Estos terminales, a su vez, están destinados a conectarse a electrodos particulares de los pares de electrodos 15 y 16. Según se ilustra en la figura 1, los terminales 1 y 3 están destinados, por medio de los circuitos respectivos 17 y 18, a conectarse a los electrodos 15-1 y 16-1, respectivamente, y el terminal 2 está destinado, por los circuitos 19-1 y 19-2, a conectarse a los electrodos 15-2 y 16-2. No obstante, se observará que los principios del invento tienen aplicación igualmente cuando los terminales 1 y 3 se destinan a conectarse a los electrodos 15-1 y 16-2, respectivamente, y el terminal 2 se destina a conectarse a los electrodos 15-2 y 16-1. Además, se

15.

20.

25.

30.

verá también que, a pesar de que cada uno de los circuitos 17, 18, 19-1 y 19-2 se ilustran en la figura 1 compuestos por un elemento conductor, cada uno de los circuitos podría estar compuesto también por un elemento reactivo o una combinación de elementos reactivos y conductivos.

5.

Según se comprenderá, si el filtro 11 es enteramente clásico y no se modifica en la forma que se describirá más adelante, el acceso de entrada del filtro comprendería normalmente los terminales 1 y 2 y el acceso de salida los terminales 2 y 3. No obstante, según se sabe, con los terminales mencionados definiendo los accesos de entrada y de salida del filtro, el filtro muestra polos de atenuación solamente a una frecuencia cero o infinita. Esto, a su vez, dá por resultado la característica de atenuación del filtro con partes laterales inferiores que se elevan de una forma monotónica y, por lo tanto, partes laterales inferiores de atenuación que no proporcionan una demarcación suficientemente precisa de la banda de paso del filtro para ciertas aplicaciones del mismo.

10.

15.

Según los principios del presente invento, los accesos de entrada y salida del MCF 11 se forman de modo que el filtro muestre partes laterales inferiores de atenuación que se elevan a un ritmo sensiblemente más rápido que en la situación clásica mencionada. En particular, según el invento, uno de los accesos de entrada y salida mencionados del MCF 11 se forma a parte de los terminales 1 y 3, mientras que el otro de los accesos de entrada y salida mencionados se forma a partir de cualquier otra combinación de dos de los terminales. Estando los accesos de entrada y de salida del filtro formados de éste modo, el filtro demuestra tener dos polos de atenuación que se encuentran a frecuencias definidas y que son controlables va-

20.

25.

30.

riando los parámetros del filtro. Por consiguiente, mediante una elección apropiada de los parámetros mencionados, un polo de atenuación se puede situar en un lado de la banda pasante del filtro y el otro en el otro lado de la banda de paso. Con los polos situados de éste modo, la característica de atenuación del filtro muestra crestas de atenuación en ambos lados de la banda, dando por resultado la elevación pronunciada mencionada en las partes laterales inferiores de atenuación.

5.

10.

15.

En la modalidad ilustrativa de la figura 1, el acceso de entrada del MCF 11 está formado por los terminales 1 y 3, representándose este último terminal, con fines ilustrativos, puesto a tierra. Así, la señal de entrada  $V_i$  se alimenta al filtro a través de los dos terminales mencionados. El acceso de salida del filtro, por otro lado, se forma a partir de los terminales 2 y 3, y por consiguiente, la señal de salida  $V_o$  se extrae de los dos últimos terminales.

20.

25.

Se verá que podrían utilizarse también otras combinaciones de los terminales 1, 2 y 3 para formar los accesos de entrada y salida del filtro. Dichas otras dos combinaciones de los terminales se representan en las figuras 2 y 3. En particular en la figura 2, el acceso de salida del filtro se forma con los terminales 1 y 3 y el acceso de entrada con los terminales 2 y 3. En la figura 3, por otro lado, el acceso de entrada se forma con los terminales 1 y 3, y el acceso de salida con los terminales 1 y 2.

30.

En la figura 4 se ilustra en función de la frecuencia (abcisas) una característica de atenuación típica que se consigue con el MCF 11 de la figura 1. Según se verá, la característica muestra crestas de atenuación a las frecuencias  $P_1$  y  $P_2$  que, como resultado de una elección apropiada de los parámetros del filtro, se ha hecho que ahorquillen la banda de paso del filtro. Estas crestas de atenuación, según se observará también,

dan por resultado partes laterales inferiores de atenuación en elevación pronunciada 22 y 23 que proporcionan una clara demarcación de la banda pasante del filtro.

5. Para ilustrar con mayor claridad que el filtro MCF 11 tiene de hecho polos de atenuación que dan por resultado las crestas de atenuación representadas en la figura 4, se analizará a continuación el filtro empleando el circuito equivalente del filtro ilustrado en la figura 5. De un modo más particular, en la figura 5, los compuestos inductivos y capacitivos 10.  $L_1$  y  $C_1$  y  $L_2$  y  $C_2$  corresponden, respectivamente, a los equivalentes eléctricos de los parámetros binámicos de los resonantes 12 y 13 del filtro 11. Los tres elementos capacitivos  $C_m$ ,  $C_m$  y  $C_{m0}$ , por un lado, corresponden al equivalente eléctrico del acoplamiento acústico entre dichos resonadores. Adicional- 15. mente, las capacitancias respectivas  $C_3$  y  $C_4$  representan los equivalentes eléctricos de las capacitancias entre electrodos, entre los pares de electrodos de resonador 15 y 16. Según se indica en la figura, las capacitancias en serie  $C_1$  y  $C_m$  se han combinado para formar una sola capacitancia equivalente  $C'_1$  20. y las capacitancias en serie  $C_2$  y  $C_m$  se han combinado para formar una sola capacitancia equivalente  $C'_2$

Con el nudo 3 tomado como referencia, la descripción de matriz para el circuito equivalente de 4 nudos de la figura 5 se obtiene por:

25. 
$$\begin{bmatrix} I_1 \\ 0 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & -Y_{10} & -Y_{12} \\ -Y_{01} & Y_{00} & -Y_{02} \\ -Y_{21} & -Y_{20} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_i \\ V'_0 \\ V_o \end{bmatrix} \quad (1)$$

30. donde, utilizando  $S$  como frecuencia compleja, las admitancias de la matriz son las siguientes:

$$Y_{11} = \frac{S}{L_1 (S^2 + 1/L_1 C_1')} + SC_3, \quad (2)$$

5.

$$Y_{00} = \frac{S_1}{L_1 (S^2 + 1/L_1 C_1')} + \frac{S}{L_2 (S^2 + 1/L_2 C_2')} + SC_{mo}, \quad (3)$$

$$Y_{22} = S (C_{mo} + C_3 + C_4), \quad (4)$$

10.

$$Y_{12} = Y_{21} = SC_3, \quad (5)$$

$$Y_{10} = Y_{01} = \frac{S}{L_1 (S^2 + 1/L_1 C_1')}, \quad (6)$$

y

15.

$$Y_{02} = Y_{20} = SC_{mo}. \quad (7)$$

empleando las ecuaciones 1 - 7 y técnicas de análisis de redes normales (vease, por ejemplo, W. Cauver, "Synthesis of Linear Communication Networks" (síntesis de Redes de Comunicación Lineales), volumen I, McGraw-Hill Book Company Inc, N.Y. 1958).

20. la relación de  $V_1$  a  $V_0$  puede demostrarse con la forma

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{S^6 A_6 + S^5 A_5 + S^4 A_4 + S^3 A_3 + S^2 A_2 + SA_1 + A_0}{S(S^2 + P_1^2)(S^2 + P_2^2)}. \quad (8)$$

25. La ecuación 8 anterior es la expresión general para la función de atenuación  $V_1/V_0$  del circuito equivalente de la figura 5. Según resultará evidente en dicha ecuación, la función de atenuación del circuito es infinita en valores definidos de  $S$ , y no solamente en valores de  $S$  iguales a 0 o infinitos como ocurre con un MCF clásico. Esto significa que el filtro ll tiene polos de atenuación a dichas frecuencias defini-

30.

das, v.g., a las frecuencias definidas  $P_1$  y  $P_2$ .

En la situación particular donde los parámetros  $L_1$  y  $L_2$  del circuito equivalente de la figura 5 son iguales y, además, los parámetros  $C'_1$  y  $C'_2$  del circuito son también iguales, las expresiones de las frecuencias  $P_1$  y  $P_2$  pueden demostrarse como sigue:

$$P_1 = \sqrt{\frac{1}{L_1 C'_1}}, \quad (9)$$

$$P_2 = \sqrt{\frac{2C_1 + C_{mo}}{L_1 C_{mo} C'_1}} + \frac{1}{L_1 C_3}. \quad (10)$$

Se comprenderá por las ecuaciones 9 y 10 que en la situación mencionada (v.g.,  $L_1 = L_2$  y  $C'_1 = C'_2$ ), una elección apropiada de los parámetros  $L_1$ ,  $C_{mo}$ ,  $C'_1$  y  $C_3$  del filtro situarán la frecuencia  $P_1$  por debajo y la frecuencia  $P_2$  por encima de la banda pasante del filtro dando por resultado, por lo tanto, una característica de atenuación para el filtro según se ilustra en la figura 4.

Según se ha indicado anteriormente, los principios del invento tienen igual aplicación a la situación en que los terminales 1 y 3 están destinados a conectarse a los electrodos 15-1 y 16-2, respectivamente, y el terminal 2 está destinado a conectarse a los electrodos 15-2 y 16-1. Se observará que en dichas circunstancias, el circuito equivalente del filtro sería el mismo que el ilustrado en la figura 5, y la función de atenuación y polos de atenuación definida del filtro serían iguales que los dados en las ecuaciones 8-10, a excepción de que la capacitancia  $C_{mo}$  en dicho circuito y en dichas ecuaciones se reemplazaría por una capacitancia  $-C_{mo}$ .

En la explicación anterior de las figuras 2 y 3, se

- indicó que el presente invento puede adoptar una pluralidad de modalidades que se pueden conseguir empleando diversas combinaciones de los terminales 1, 2 y 3 para los accesos de entrada y salida del filtro 11. Este hecho se apoya en la naturaleza simétrica del circuito de la figura 5. Así, por ejemplo, partiendo de la simetría del circuito, es evidente que se conseguirían funciones de atenuación similares con los terminales 1 y 3 como acceso de entrada del circuito y los terminales 2 y 3 o los terminales 2 y 1 como el acceso de salida del mismo.
- 5.
10. Según se comprenderá fácilmente, el MCF 11 de la figura 1 se puede utilizar para formar filtros de paso de banda más complejos con dos o más polos de atenuación definiendo ahorquillando sus pasos de banda respectivos. En la figura 6 se ilustra un filtro de paso de banda complejo 41 donde el filtro está formado poniendo en cascada una pluralidad de MCF que son similares al MCF 11 de la figura 1.
- 15.
20. De un modo más particular, el filtro 41 comprende tres MCF 41A, 41B y 41C, cada uno de los cuales es similar al MCF 11 según se ha indicado anteriormente. Según se podrá ver, los elementos que comprenden los filtros mencionados 41A, 41B y 41C se han referenciado de una manera similar a los que comprenden el MCF 11. Así, según se ilustra, cada filtro comprende dos resonadores 12 y 13, el primero de los cuales se forma intercalando una parte de una oblea piezoeléctrica 14 entre los electrodos 15-1 y 15-2 y el último se forma intercalando una parte de la oblea 14 entre los electrodos 16-1 y 16-2.
- 25.
30. Adicionalmente, cada uno de los filtros 41A, 41B y 41C, comprende también tres terminales 1, 2 y 3. Los tres terminales que comprenden cada filtro a su vez, se emplean de una forma selectiva como los accesos de entrada y salida de su fil-

tro respectivo. Así, según se ilustra, los terminales 1 y 3 de un filtro particular forman su acceso de entrada, mientras que los terminales 2 y 3 de un filtro particular forman su acceso de salida. Además, los tres terminales comprenden cada uno de los filtros 41A, 41B y 41C están destinados a conectarse a determinados electrodos incluidos en su filtro respectivos. En particular, el terminal 1 de un filtro particular está destinado a conectarse, por su trayecto conductivo respectivo 17, al electrodo 15-1 del filtro, el terminal 2 del filtro particular está destinado a conectarse, por sus trayectos respectivos 19-1 y 19-2, a los electrodos 15-2 y 16-2 del filtro y terminal 3 de un filtro particular está destinado a conectarse, por su trayecto respectivo 18, al electrodo 16-1 del filtro.

Según se verá, la interconexión de los filtros 41A, 41B y 41C para formar el filtro compuesto 41 se consigue conectando el acceso de salida del primer filtro 41A al acceso de entrada del filtro intermedio 41B y conectando además la salida de este último filtro al acceso de entrada del último filtro 41C. De un modo más particular, según se ilustra los terminales 2 y 3 del filtro 41A se conectan a los terminales 1 y 3, respectivamente, del filtro 41B y los terminales 2 y 3 del filtro 41B se conectan a los terminales 1 y 3 respectivamente del filtro 41C.

En la figura 7, se ilustra, en función de la frecuencia (abcisas), una característica de atenuación típica que se consigue con el filtro de la figura 6. Según se observará, el filtro 41 muestra tres crestas de atenuación en un extremo de la banda y tres en el otro extremo de la banda. Estas crestas de atenuación hacen que la característica se eleve de una forma pronunciada en los márgenes de la banda, proporcionando de

este modo una mayor demarcación de la banda pasante del filtro sobre la que se consigue empleando el MCF ll simple de la figura 1.

5. La figura 8 ilustra otra modificación del filtro de la figura 6, donde la sintonización del filtro se consigue sintonizando los capacitores  $C_{1A}$ ,  $C_{1B}$  y  $C_{1C}$  que se conectan a través de los terminales 1 y 3 de los filtros 41A, 41B y 41C, respectivamente, y sintonizando los capacitores  $C_{2A}$ ,  $C_{2B}$  y  $C_{2C}$  que se conectan en serie con los terminales 2, respectivamente, de tales filtros.

10. Debemos indicar que el diseño del filtro ll de la figura 1 para cumplir con las exigencias específicas puede llevarse a cabo de una manera normal empleando el circuito equivalente del filtro ilustrado en la figura 1. De igual modo, el filtro más complejo 41, que emplea una pluralidad de filtros similares al filtro ll, se puede diseñar también de una manera normal empleando el circuito equivalente de la figura 5 para representar cada uno de los filtros individuales que se emplean.

15. Debemos indicar además, que el diseño de tales filtros podría conseguirse empleando un circuito equivalente más clásico del tipo de red celular de MCF ll ilustrado en la figura 9. De un modo más específico, el diseño de un filtro particular podría llevarse a cabo determinando primero los valores de los parámetros del circuito de red celular clásico de la figura 9 que da por resultado la respuesta deseada. Después, se pueden emplear técnicas de transformación de redes normales para transformar el circuito de red celular en su equivalente representado en la figura 5 para determinar los valores de los parámetros de dicho equivalente. Estos últimos valores de los parámetros se pueden utilizar para determinar los parámetros físicos

20.

25.

30.

del filtro.

N O T A

5. Describa suficientemente la naturaleza del invento así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento
10. corresponde a una solicitud de patente presentada en Norteamérica con el nº Ser. No. 525.885 de 21 de Noviembre de 1974, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España sobre: PERFECCIONAMIENTOS EN FILTROS PIEZOELECTRICOS MONOLITICOS; caracterizándose por lo siguiente:
- 15.
20. 1.- Perfeccionamientos en filtros piezoeléctricos monolíticos, del tipo que comprenden una pluralidad de elementos resonadores piezoeléctricos acoplados formados encerrando parcialmente partes de una oblea piezoeléctrica entre pares de electrodos, diseñándose los electrodos en el lado anverso de dicha oblea como el terminal común para acoplar un acceso de entrada y un acceso de salida a dichos elementos resonadores, caracterizados porque uno de dichos accesos se acopla a los
25. electrodos en el lado del reverso solamente de dicha oblea.
- 2.- Perfeccionamientos en filtros piezoeléctricos monolíticos, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria y en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de quince hojas escritas a máquina por una sola cara.

21 NOV. 1975

Madrid,

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED.

J. GOMEZ ACEBO Y ESUDER  
D. P. Alameda L. Costa Fontán

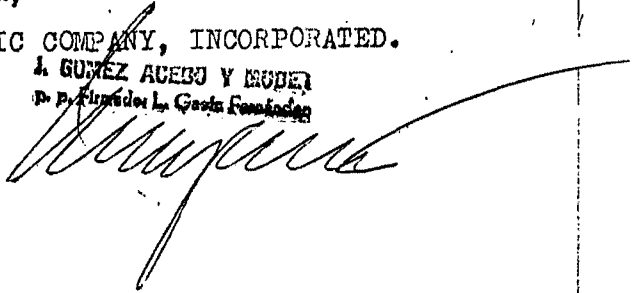


FIG. 1

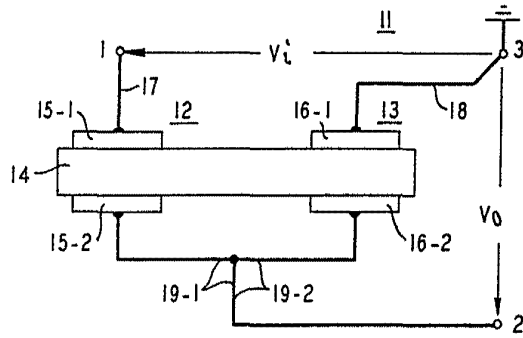


FIG. 2

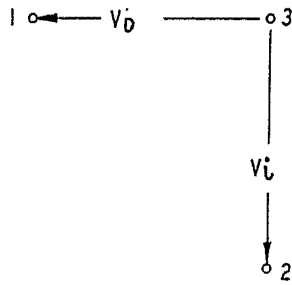
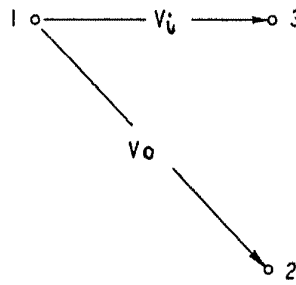
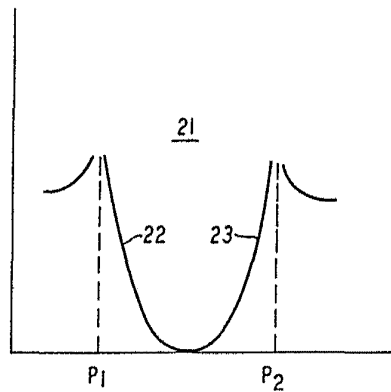


FIG. 3



ESCALA  
VARIABLE

FIG. 4



21 NOV 1975  
L. L. ...  
...  
*[Handwritten signature]*

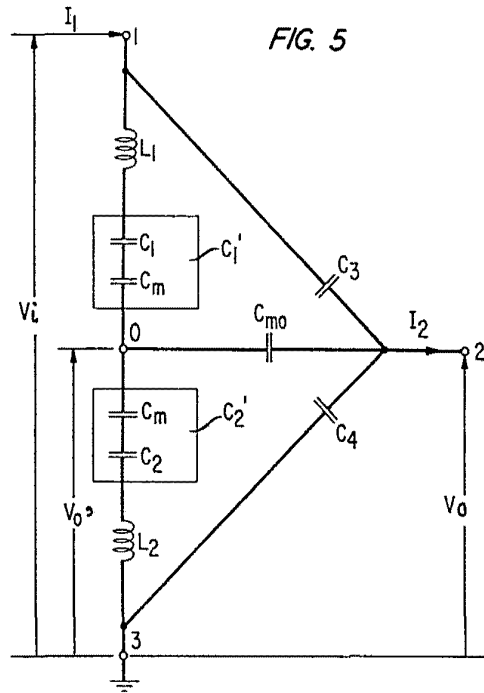
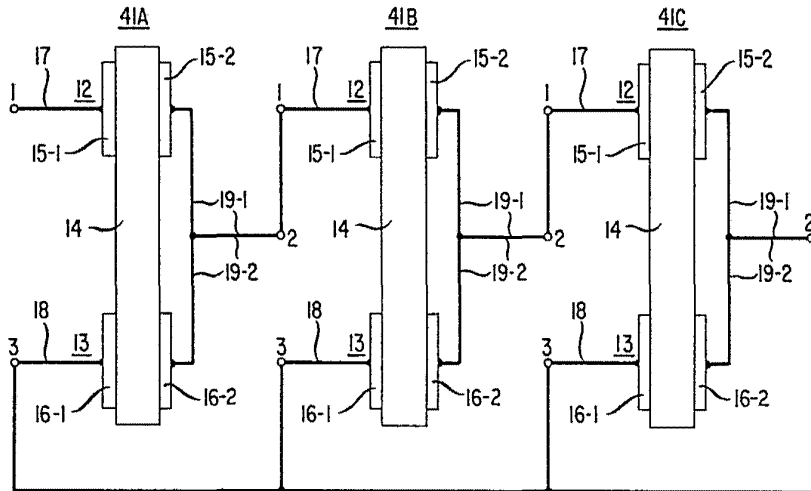


FIG. 6



21 NOV 1975

A. GOMEZ AGUIRRE  
Fleming L. Co.

FIG. 7

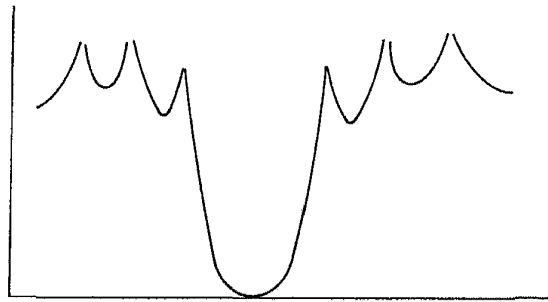


FIG. 8

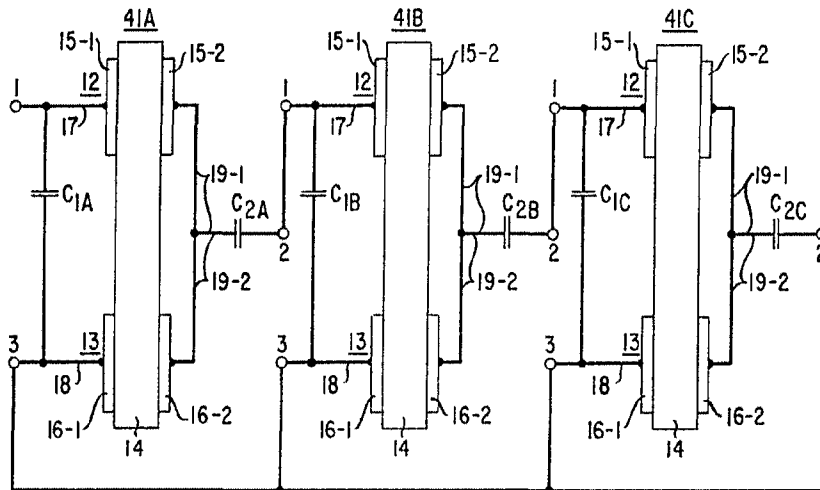
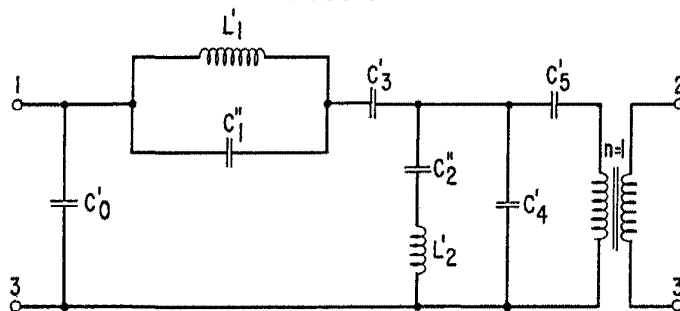


FIG. 9



RECEIVED  
MAY 1941

21 40  
[Handwritten signature]