



344476

344476

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED - de nacionalidad  
norteamericana - domiciliada en 195, Broadway, NEW YORK,  
(EE.UU.),

por:

"Oscilador de frecuencia regulada".

-----:OOo:-----

Memoria descriptiva

Este invento se refiere a un oscilador de frecuencia regulada para producir señales de banda estrecha relativamente insensibles a los cambios de temperatura.

La estabilidad propia de los osciladores regulados  
5 por cristal, ó sea su capacidad de producir oscilaciones den-

344476



tro de una estrecha banda determinada de frecuencias, los  
convierte en excelentes generadores de frecuencia fundamen-  
tal para aparatos tales como sistemas de radar Doppler y de  
comunicación. Sin embargo, el ruido originado por esos os-  
5 cilladores limita a menudo su rendimiento. Este ruido limi-  
tante se hace apreciable dentro y fuera de la banda estrecha  
prefijada de salida cuando el bucle de realimentación regene-  
rativa del oscilador intensifica el ruido relativamente apa-  
gado ó "ruido blanco" que se inicia primero en el amplifica-  
10 dor del oscilador. El ruido aumentado puede desplazar efec-  
tivamente la fase de la señal de salida, y también reducir  
la relación de señal a ruido del sistema. Básicamente for-  
ma un pedestal ó limen por encima del cual las señales que  
modulan las oscilaciones han de ampliarse para su identifi-  
15 cación.

Es posible reducir el nivel del ruido de salida de  
tales osciladores por medio de filtros de salida de banda es-  
trecha que dejan pasar la banda prefijada de salida del osci-  
lador y suprimen el ruido fuera de esta frecuencia. Sin em-  
20 bargo, las variaciones de temperatura producen el despla-  
zamiento de las frecuencias del oscilador de cristal y del fil-  
tro de banda estrecha. Aunque los desplazamientos pueden  
mantenerse dentro de límites aceptables, pueden tener lugar  
a diferentes relaciones. Las anchuras de banda del filtro  
25 tienen que ser siempre suficientes para abarcar los despla-  
zamientos de la frecuencia provocados por la temperatura en  
parte de la estructura del cristal. El filtro puede supri-  
mir de otro modo porciones de la banda prefijada de salida.  
Tales filtros de banda ancha dejan persistir mucho ruido cer-  
30 ca de las bandas laterales. El filtro añade también varios



componentes a sistemas ya complicados.

El problema de proporcionar un oscilador económico y sencillo de banda estrecha, libre de variaciones debidas a la temperatura, se ha resuelto combinando un amplificador  
5 provisto de circuitos de entrada y de salida, un circuito de realimentación entre ambos, un circuito de conexión de carga, y un resonador de modo dual que tiene resonadores primario y secundario acoplados mutuamente, estando dicho resonador primario conectado en serie en el circuito de reali-  
10 mentación, para regular la frecuencia, y dicho resonador secundario conectado al circuito de conexión de carga, para acoplar la salida del oscilador a una carga exterior, presentado el resonador de modo dual características de filtro de banda estrecha a la transmisión de tales oscilaciones, y,  
15 en virtud de dicho acoplamiento recíproco, todas las variaciones casuales de temperatura son del mismo grado en los resonadores primario y secundario mencionados, con lo que se mantiene esencialmente constante la anchura de banda de las señales de salida del oscilador.

20 El invento se comprenderá por la siguiente descripción detallada, con referencia a los dibujos anexos, en los cuales indican:

La figura 1, un esquema de un ejemplo de circuito oscilador conforme al invento;

25 La figura 2, una grafica de la impedancia de imagen de estructuras de cristal como las ilustradas en la figura 1, para diferentes frecuencias cuando el acoplamiento de los resonadores es demasiado fuerte para funcionar en el dispositivo de la figura 1;

30 La figura 3, una gráfica de la impedancia de imagen

344476



de estructuras de cristal como las ilustradas en la figura 1, para cambiar la frecuencia cuando el acoplamiento de los resonadores es suficientemente flojo para funcionar en el dispositivo de la figura 1;

5 La figura 4, una gráfica de las pérdidas por inserción de dos cristales como los representados en la figura 1, acoplados según se expone en la figura 3;

La figura 5, una gráfica de los efectos de la anchura de banda, reverso de placa, espesor del cristal y separación de electrodos útiles para construir el filtro ilustrado en la figura 1; y

Las figuras 6 y 7, gráficas análogas de las relaciones entre el tamaño de los electrodos, el espesor del cristal la separación de los electrodos y la anchura de banda, a fin de construir la estructura cristalina de la figura 1.

Los símbolos empleados en estas figuras tienen los siguientes significados :

- FS : Separación de frecuencias.
- DDE : Distancia entre electrodos.
- 20 WE : Espesor de la placa de cristal.
- PE : Retroceso de placa.
- II : Impedancia de imagen.
- FR : Frecuencia.
- PI : Pérdida de inserción.
- 25 PC : Por ciento.
- ES : Separación de los electrodos.

Un ejemplo de realización del invento comprende un circuito oscilador regulado por cristal con un resonador secundario formado en el cuerpo del cristal del resonador primario, que sintoniza el bucle oscilador del circuito, acoplán-

344476



dose los dos resonadores a través del cristal, y conectándose el secundario a una red de carga determinada. Con preferencia el acoplamiento entre los resonadores se regula cargando la masa del cristal con los electrodos del resonador a muy poco menos del punto crítico para la red de carga.

Aportando la energía fuera del bucle, a través de los resonadores del invento, se suprimen los ruidos junto a las bandas laterales. Como los resonadores comparten un cristal común, se evitan las desviaciones de frecuencia recíprocas por efecto de los cambios de temperatura.

En la figura 1, un divisor de tensión, compuesto de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$ , y conectado a una fuente positiva  $E_{BB}$ , polariza la base de un transistor NPN en montaje de base a tierra TR, que constituye el elemento activo del oscilador ilustrado conforme al invento. Un condensador de derivación  $C_b$  constituye una vía para la corriente alterna desde la base a tierra. Una resistencia  $R_e$  de emisor polariza éste para la amplificación. La salida del transistor TR, por el colector, atraviesa un circuito oscilante T, compuesto de los condensadores  $C_1$ ,  $C_2$  y la inductancia L. La relación de impedancias en los condensadores  $C_1$  y  $C_2$  equipara la impedancia de salida del transistor TR a la impedancia de imagen en un resonador primario PR de la estructura cristalina CR. Esta última se halla en la vía de realimentación al emisor del transistor TR, que actúa como amplificador de base a tierra. El circuito oscilante L,  $C_1$ ,  $C_2$  funciona, pues, como sintonizador aproximado, que selecciona para actuar uno de los muchos modos de frecuencia a que la estructura cristalina CR puede funcionar. La estructura cristalina CR realimenta al emisor sólo las señales de su modo de actuación, y el emisor las reamplifica.



La acción transformadora de corriente del circuito oscilante  $T$  vuelve también esas señales, a la frecuencia del modo de actuación en la estructura cristalina  $CR$ , al emisor del transistor, para circulación continua por el circuito oscilante.

- 5 Un condensador de ajuste  $C_{T1}$  sintoniza ligeramente el resonador primario  $PR$  de la estructura cristalina  $CR$ .

En osciladores ordinarios, el ruido que nace en el transistor  $TR$ , aunque algo filtrado por el circuito oscilante  $Y$  y el resonador  $PR$ , pasará ó se acoplará fuera del circuito del oscilador, juntamente con la señal. Tal acoplamiento suele hacerse con un arrollamiento secundario en la bobina  $L$ . Sin embargo, según el invento, la estructura cristalina  $CR$  forma con su cuerpo  $OW$  un resonador secundario  $SE$  muy selectivo, acoplado al resonador primario  $PR$ . La energía que circula en el circuito del oscilador se acopla desde el resonador primario  $PR$ , por el resonador  $SE$ , a una red de carga  $LN$ . El resonador secundario  $SE$  altamente selectivo, así acoplado al resonador  $PR$ , forma un filtro monolítico muy selectivo, que suprime el ruido fuera de la banda de funcionamiento, al pasar energía desde el circuito oscilante. Un condensador de ajuste  $C_{T2}$ , en serie con el resonador secundario  $SE$ , sintoniza el resonador secundario a la misma frecuencia a que el condensador de ajuste  $C_{T1}$  sintonizaría el resonador primario  $PR$  si los resonadores no estuvieran acoplados. Los condensadores  $C_{T1}$  y  $C_{T2}$  forman con la estructura cristalina un resonador  $DM$  de modo dual.

La estructura cristalina de la figura 1 puede constar de una placa de cristal  $OW$  con dos electrodos  $E_1$  y  $E_2$  que forman el resonador primario  $PR$ , y electrodos  $E_3$  y  $E_4$ , que forman el resonador secundario  $SE$ , depositados sobre ella por



vaporizado. Cuando los electrodos  $E_1$  y  $E_2$  se excitan a una frecuencia fundamental próxima al modo en espesor, ó un armónico de ella, hacen vibrar la placa CW en ese modo. La placa vibrante, por piezoelectricidad, produce señales eléctricas en los electrodos  $E_3$ ,  $E_4$ , las cuales se aplican a la red de carga IN. Los resonadores se construyen de modo que sintonicen a la misma frecuencia no estando acoplados.

El grado en que las vibraciones de la placa CW entre los electrodos  $E_1$ ,  $E_2$  aparezcan en la placa entre los electrodos  $E_3$ ,  $E_4$ , ó sea el acoplamiento entre el resonador primario PR y el resonador secundario SE, depende de las masas de los electrodos y las distancias entre los resonadores. Las masas de los electrodos tienen importancia porque tienden a concentrar la energía vibratoria en la porción de la placa CW situada entre ellos. La amplitud de las vibraciones de la placa fuera de la zona entre electrodos disminuye en forma exponencial. Así, separando los resonadores PR y SE una distancia equiparable a cualquier carga de masa de electrodo, ó cargando en masa los electrodos en concordancia con cualquier espaciado, puede establecerse entre los resonadores un grado preconcebido de acoplamiento. Se conocen ya resonadores de modo dual de este tipo.

Las masas de los electrodos reducen también la frecuencia resonante de cada resonador respecto a la de la placa sin electrodos. Esta variación se conoce por retroceso de placa, y constituye una medida de la carga de masa.

Cuando el acoplamiento entre los resonadores PR y SE es sustancial, los condensadores de derivación a través de los electrodos en cada resonador afectan bastante al funcionamiento.



344476

El efecto se hace ostensible considerando las impedancias de imagen de la estructura cristalina. Al aumentar la frecuencia, se producen impedancias de imagen reales en dos bandas de frecuencia, y la impedancia real varía en cada banda desde cero a infinito. Esto se indica en la figura 2 para la impedancia real  $R_1$ . Sin embargo, cuando el acoplamiento es bastante pequeño para superar las capacidades que forman los electrodos, se producen impedancias de imagen reales en una primera banda de frecuencias, donde la impedancia sube de cero a un valor pequeño, como 100 ohmios, y vuelve de nuevo a cero al aumentar la frecuencia, y en una segunda banda, donde la impedancia comienza casi en infinito, desciende a un mínimo, y vuelve al valor inicial cuando aumenta la frecuencia. Esto se expone en la figura 3, mediante líneas llenas. La curva de resistencia varía desde cero a un máximo de  $Z_0$ , y vuelve a cero en una banda de frecuencias entre  $f_1$  y  $f_2$ . En una banda de frecuencias entre  $f_3$  y  $f_4$ , la resistencia de la impedancia de imagen varía desde infinito a un mínimo  $Z_m$ , para volver luego a infinito. Al disminuir el acoplamiento entre los resonadores, las impedancias cambian a las indicadas con trazos en las bandas  $f'_1$  a  $f'_2$ , y  $f'_3$  a  $f'_4$ . Si el acoplamiento es bastante pequeño, la diferencia de impedancias entre el máximo intermedio  $Z_0$  de una banda y el mínimo intermedio de la otra es de varios órdenes de magnitud. Si no están acoplados, los resonadores sintonizan a una frecuencia  $f_0$ , entre  $f_1$  y  $f_2$ .

La pérdida por inserción, derivada de terminar el resonador secundario con cualquier impedancia  $R$ , se acerca al extremo mínimo posible a cualquier frecuencia a que la impedancia de imagen iguale la impedancia terminal. Así, al



terminar el resonador secundario con una impedancia  $R$  próxima al margen de impedancia de imagen en una banda de frecuencias, y distante del margen de impedancia de imagen en la otra banda, produce una pérdida por inserción en todo el espectro de frecuencia que sólo las tiene grandes en el margen distante de frecuencias. Esto se excluye en sustancia el efecto del margen distante de frecuencias.

5  
10  
15  
20  
25  
30

Cuando la impedancia máxima  $Z_0$  en el punto intermedio de uno de esos márgenes se hace igual a la impedancia  $R$  de la terminación, variando la carga de masa ó espaciando, se dice que el acoplamiento es crítico. Con acoplamiento crítico, cuando el valor  $R$  de la terminación es igual a la punta  $Z_0$  producida entre las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$ , la pérdida por inserción aparece como indica la línea llena en la figura 4. Las impedancias de la banda entre las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$  apenas afectan al resultado, por ser tan remotas. De conformidad con una forma de realización preferida del invento, el acoplamiento es menos que crítico; esto significa que la máxima impedancia intermedia  $Z_0$  se ha hecho algo menor que la terminal  $R$ . Las impedancias de imagen reales quedan entonces en la banda más estrecha, entre las frecuencias  $f'_1$  y  $f'_2$ . Así, desacoplando los resonadores para cualquier valor terminal  $R$  algo menor de  $R$ , de modo que el valor  $R$  esté por encima del pico  $Z_0$ , entre las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$ , pero todavía lejos de las impedancias entre las frecuencias  $f_3$  y  $f_4$ , puede ajustarse la curva de pérdidas por inserción para presentar cualquier banda estrecha.

Según el invento, se hace que esta banda concuerde con la banda estrecha de salida prefijada, para suprimir el ruido fuera de la misma. Los condensadores de ajuste  $C_{T1}$  y



$C_{T2}$  afinan las frecuencias de los circuitos resonantes. Sirven para ayudar a compensar las imprecisiones residuales de frecuencia al construir los resonadores PR y SE.

5 En virtud del invento, los resonadores PR y SE acoplados juntos suprimen el ruido en las bandas laterales del oscilador. El cuerpo cristalino común compartido por los resonadores evita desviaciones de frecuencia de la sintonía del oscilador respecto a la sintonización del filtro en respuesta a cambios de temperatura.

10 En lo esencial, la corriente circula con carácter regenerativo desde el transistor TR al transformador T, el resonador DM de modo dual, y nuevamente al transistor. El transformador T constituye una sintonización aproximada para la actuación del oscilador, y además, por obra de los condensadores  $C_1$  y  $C_2$ , sirve de igualador de impedancia entre  
15 la salida del transistor TR y la entrada del resonador DM de modo dual. Éste sintoniza con precisión el oscilador, y le sirve de vía de salida y filtro de salida.

20 Los ruidos fuera de la banda de sintonía debidos a la acción del transistor TR mientras es realimentado por medio del resonador primario, se filtran por el resonador DM de modo dual. Las señales que aparecen en el resonador secundario SE han suprimido y filtrado en sustancia los ruidos u otras señales exteriores a la banda de filtro. Según  
25 el invento estas bandas de filtro se pueden hacer muy estrechas, limitadas sólo por los factores Q obtenibles para el resonador, porque los cambios de temperatura afectan por igual a los resonadores primario y secundario.

30 Se han encontrado valores ejemplares de impedancia de imagen máxima intermedia  $Z_0$ , en el modo fundamental en

344476



espesor, a partir de la fórmula :

$$Z_0 = 2\sqrt{BWL} = 2\sqrt{\frac{Bw}{f_0} 50 \times 10^6 \frac{t^2}{r^2}}$$

5 donde Bw es la anchura de banda  $f_2-f_1$ ;  $f_0$ , la frecuencia central de banda;  $t$ , el espesor de la placa de cristal;  $r$ , la longitud de un electrodo a través del espacio comprendido entre los pares de electrodos, y L, la inductancia de un resonador. Por consiguiente, se puede hallar un valor de  $Z_0$  eligiendo valores de  $Bw$ ,  $t$  y  $r$ .

10 En las figuras 5, 6 y 7 se expone un ejemplo de curvas para una estructura como CR, actuante en el modo fundamental en espesor, y útil para construir la estructura cristalina de la figura 1.

15 En un ejemplo de realización del invento, que se construye en la actualidad, los componentes tenían los siguientes valores:

- $R_1 = 10K$
- $R_2 = 3K$
- TR = 2N918
- $C_b = 0,001\mu f$
- $R_e = 1K$
- $C_1 = 20pf$
- $C_2 = 80pf$
- $L = 1.2\mu H$
- Retroceso de placa = 2,5 %
- Espesor de CW = 0,015 cm.
- Dimensiones de los electrodos = 9,25 x 0,30 cm.
- 25 Distancia entre electrodos = 0,075 cm.
- LN = 100%
- $f_0 = 35 \text{ MHz}$  en el tercer armónico.



344476

N O T A

Se reivindica como objeto de la presente patente:

1. - Oscilador de frecuencia regulada, para producir  
señales de banda estrecha relativamente insensibles a los  
5 cambios de temperatura y otros, caracterizado por la combi-  
nación de un amplificador (TR,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_e$ ,  $C_b$ , L,  $C_1$ ,  $C_2$ ),  
con un circuito de entrada (base de TR) y un circuito de sa-  
lida (punto medio de  $C_1$  y  $C_2$ ); un circuito de realimentación  
que conecta entre sí dichos circuitos de entrada y de salida;  
10 un circuito de conexión de carga (a LN), y un resonador de mo-  
do dual (DM) que comprende resonadores primario (PR) y secun-  
dario (SE) mutuamente acoplados (vía CW), el primario conec-  
tado en serie en el circuito de realimentación para efectuar  
la regulación de frecuencia, y el secundario conectado al  
15 circuito de conexión de carga para acoplar la salida del os-  
cilador a una carga externa (LN); presentando el resonador  
de modo dual características de filtro de banda de paso es-  
trecha a la transmisión de dichas oscilaciones a través del  
mismo, de manera que, en virtud del citado acoplamiento mu-  
20 tuo, cualquier variación casual de temperatura u otras se  
producen en un mismo grado en los resonadores primario y se-  
cundario, manteniendo así constante en sustancia la anchura  
de banda de dichas señales de salida del oscilador.

2. - Oscilador de frecuencia regulada según la rei-  
25 vindicación 1, caracterizado porque el acoplamiento mutuo  
de los resonadores primario y secundario es inferior al crí-  
tico respecto a la impedancia de la carga externa.

3. - Oscilador de frecuencia regulada según las rei-  
vindicações 1 ó 2, caracterizado porque el circuito de rea-  
30 limentación comprende un primer condensador de ajuste ( $CF_1$ )



para ajustar la frecuencia resonante del resonador primario y el circuito de conexión de carga comprende un segundo condensador de ajuste ( $CT_2$ ) para ajustar la frecuencia resonante del resonador secundario.

5

4. - Oscilador de frecuencia regulada.

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

BARCELONA, 17 AGO. 1967

P. A.

JOAQUIN BOLIBAR

P. P.

304, # 76

344476



FIG. 1

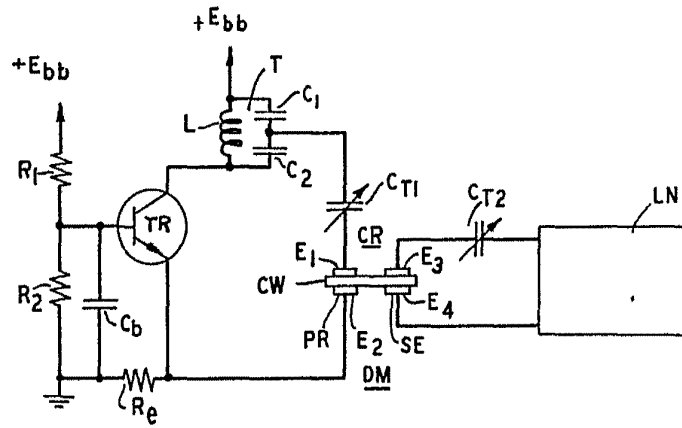
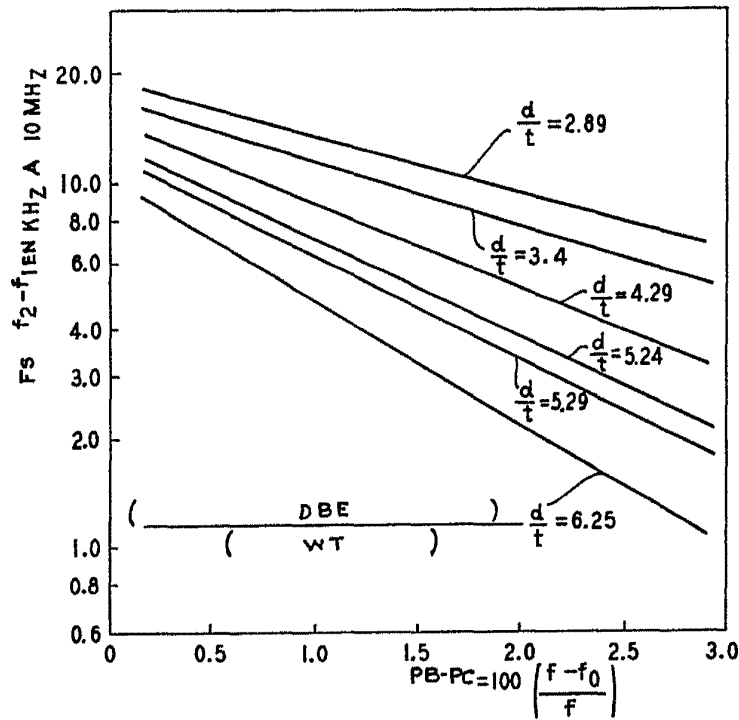


FIG. 5



JOAQUIN BOLIBAR

P. P.

*[Handwritten signature]*

344476

FIG. 2

344478

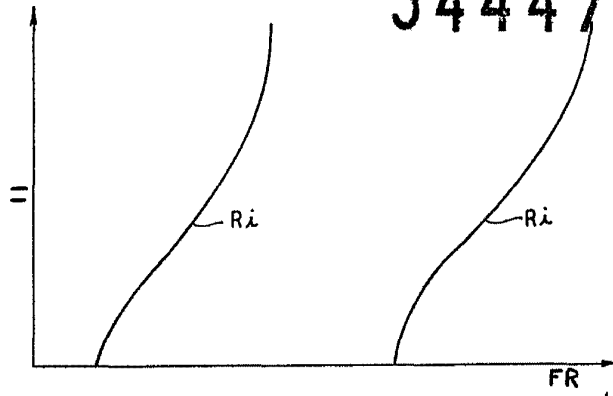


FIG. 3

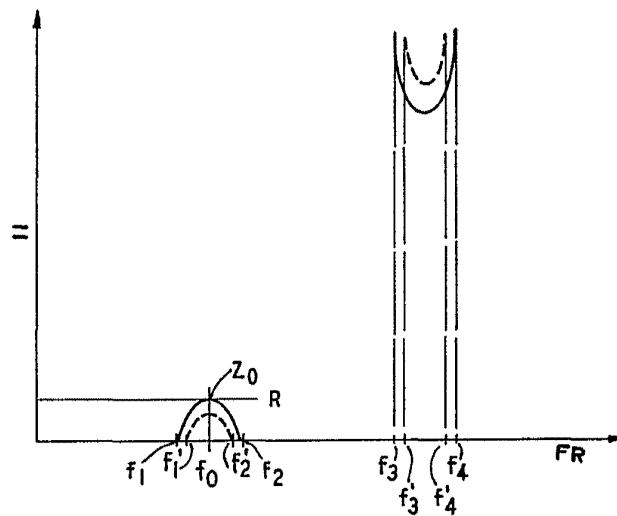
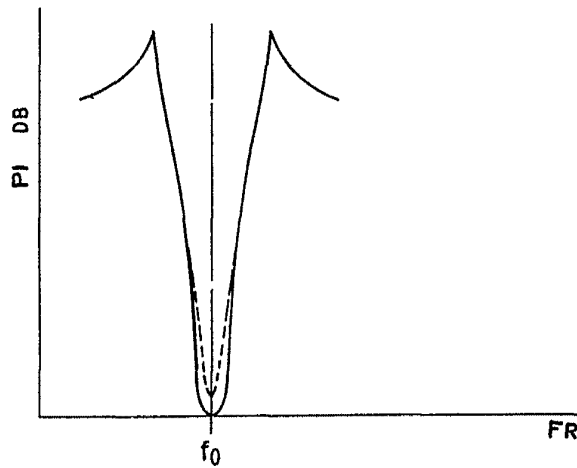


FIG. 4



FR JOAQUIN LIBAR  
p. p.

*[Handwritten signature]*

344.476

FIG. 6

344476

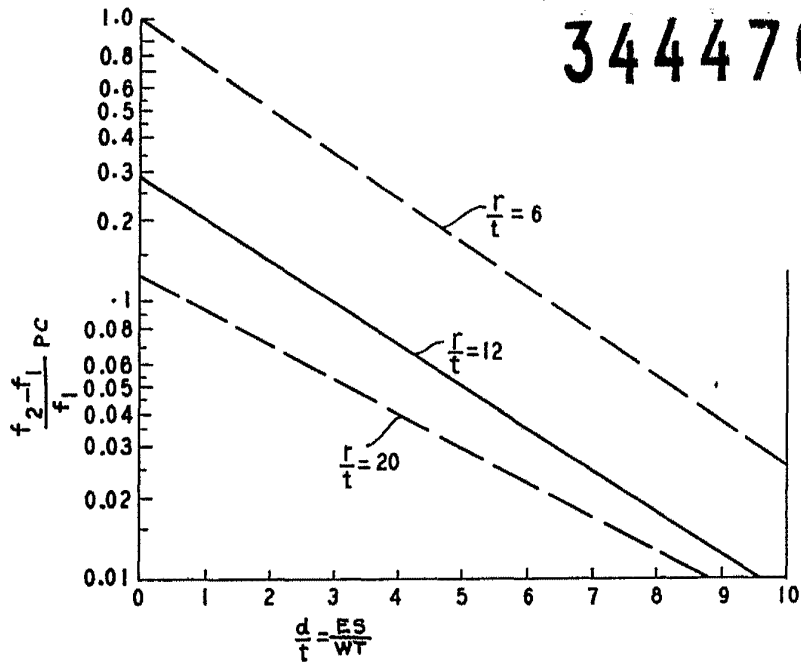
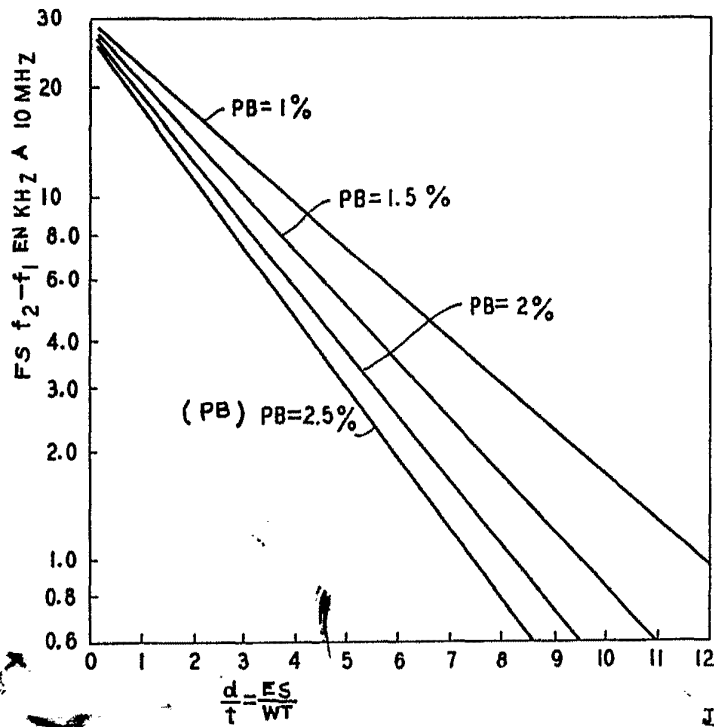


FIG. 7



JOAQUIN LIBAR

P. P.

*[Handwritten signature]*