



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

a favor de

ELECTRICAL RESEARCH PRODUCTS Inc. - Domiciliada en NEW YORK (Estados Unidos).

por

"Reproductores del sonido".

-----:-----

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

Esta invención se refiere a reproductores a propósito para reproducir directamente el sonido impresionado en una superficie blanda de cera del original y mas especialmente se refiere a una aguja estilo y la manera de montarla para ser usada en dichos aparatos.

Esta invención se refiere a los aparatos reproductores del sonido y su objeto consiste en conseguir un sistema movil para reproductores que funcione perfectamente por las fuerzas aplicadas a la punta de la aguja que son de una magnitud tan pequeña que no destruyen o estropean el blando material de cera en el cual está



registrado el original de una producción.

Un sistema móvil de impedancia mecánica suficientemente pequeña para conseguir estos resultados se obtiene usando una aguja rígida muy ligera que puede estar directamente conectada al elemento transportador del sistema y que puede ser de longitud suficiente para que su masa sea el factor que regule masa de la punta de la aguja a su valor más pequeño.

Una aguja cónica hueca, cuya punta activa forma parte integral del cono ha sido la que ha dado mejores resultados para la práctica de esta invención aunque también pueden emplearse otras formas.

En el plano adjunto la figura 1 es una vista en sección del reproductor objeto de esta invención. La figura 2 es una perspectiva de una aguja representando la manera de unirla al diafragma. La figura 3 representa detalles de la aguja. La figura 4 es una representación de los elementos de una red eléctrica correspondiente, análogos a los elementos mecánicos de este reproductor. La figura 5 representa la respuesta de frecuencia calculada de un sistema mecánico tal como el de la figura 4. La figura 6 da las curvas de frecuencia de impedancia para varios sistemas con las constantes indicadas y la figura 7 da los valores efectivos de las masas de agujas de diferentes longitudes.

Refiriendonos a la figura 1 el reproductor -1- es preferiblemente del tipo bipolar, en el cual el diafragma constituye un cierre flexible para el recipiente de la materia viscosa -3-. El diafragma constituye al mismo tiempo un soporte oscilante para la armadura -4- que da una gran rigidez al diafragma en una dirección pero que permite la flexión prácticamente libre en la otra.

Sin embargo en la presente invención se suprime el porta estilo y la aguja -5- está provista de una base roscada -6- que se rosca directamente al vástago roscado -7- que sobresale de la armadura.



Prolongándose en ángulo recto con la armadura -4- existen un par de brazos delgados -8,8- que se extienden practicamente por toda la longitud del diámetro de la parte libre del diafragma -2-.

Los brazos -8,8- y la armadura -4- pueden estar sujetos al diafragma -2- por soldadura. Los brazos -8,8- que, junto con el diafragma, forman un soporte oscilante para la armadura son lo suficientemente rigidos para evitar un movimiento de rotación de la armadura en cualquier dirección, excepto alrededor del eje de los brazos, pero son lo suficientemente delgados para permitir la flexión practicamente libre de la armadura a lo largo del eje de rotación de la misma.

Una forma de aguja que se ha demostrado ser conveniente para la reproducción está formada por un cono hueco de niquel de unos 25 mm. de longitud y lo suficientemente delgado para que su peso efectivo en la punta de la aguja sea de 0,01 gr. aproximadamente. Esta aguja puede estar formada de una hoja delgada y provista de una punta conveniente pero se ha observado que era preferible obtenerla por depósito electrolitico sobre un mandril conveniente.

Perfilando la punta de este cono de modo que se adapte a los surcos del registro y depositando electroliticamente sobre la misma una capa delgada de cromo se obtiene una aguja de un caracter semipermanente. Cuando es necesario la aguja puede ser reemplazada muy facilmente sin necesidad de desmontar el reproductor gracias a la construcción especial ya descrita.

La impedancia mecánica del reproductor es muy pequeña en comparación con la de otras disposiciones ya conocidas debido a que (a) el registro trabaja con un largo brazo de palanca obtenido por la larga aguja -5-, (b) la fuerza que actua sobre la aguja para volverla a su posición es pequeña, (c) el momento de inercia del sistema vibratorio y su masa son pequeños.

Para que el reproductor pueda dar una respuesta perfecta



en todo el orden de frecuencias que interesa es necesario no solo que el sistema móvil tenga una impedancia mecánica muy baja sino también que toda la respuesta del reproductor sea prácticamente uniforme y razonablemente eficiente para las varias frecuencias. Estas condiciones se consiguen en la presente invención por la combinación de las características siguientes: (1) un nuevo orden de magnitud de la relación entre la rigidez de la punta de la aguja y la masa total que se mueve junto con la aguja; (2) el valor conveniente de la resistencia mecánica o amortiguación; (3) un sistema móvil que no tiene periodos naturales de vibración en el orden de frecuencias en el cual el reproductor debe funcionar y (4) una pequeña rigidez de compensación del sistema móvil.

Se comprenderán fácilmente las consideraciones tenidas en cuenta en el desarrollo de esta invención, considerando los elementos mecánicos como análogos a los del correspondiente sistema eléctrico como se representa en la figura 4. La capacidad derivada S_1 representa la elasticidad de la aguja del reproductor, la capacidad en serie S_2 la elasticidad "de compensación" del sistema o sea la diferencia entre la rigidez del diafragma y la rigidez negativa debida al efecto magnético del campo de polarización; m^1 representa la masa efectiva del sistema móvil en la aguja o punta reproductora y r^1 representa un medio de dispersión mecánica, por ejemplo la amortiguación por aceite empleada en el sistema.

La importancia de la primera de las condiciones citadas es debida al hecho de que la frecuencia natural del sistema es directamente proporcional a la raíz cuadrada de esta relación como se representa por la ecuación $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{S_1}{m_1}}$.

Como que la impedancia mecánica de un sistema en resonancia paralela es muy elevada, la respuesta del sistema descenderá notablemente al aproximarse a su frecuencia natural. Es evidente que para un reproductor de alta calidad la frecuencia natural debe



ser tan elevada como sea posible. En este reproductor la relación $\frac{S_1}{m_1}$ se ha hecho muy elevada reduciendo la masa del sistema móvil al valor practicamente mínimo y empleando una aguja de una gran rigidez no acostumbrada, de manera que la frecuencia natural del sistema se aproxima al límite superior del orden de frecuencias que debe reproducirse.

Respecto a la segunda de estas características debe tenerse cuidado en regular el valor de la impedancia terminal r^1 de manera que la impedancia del sistema en los bornes -1- y -2- correspondientes a la punta de la aguja sea practicamente uniforme para todas las frecuencias de que se trate. Los periodos naturales de las partes que componen el sistema móvil, tales como el diafragma y la aguja deben ser muy elevados para evitar la introducción de una alta impedancia derivada que haria imposible la obtención de una característica uniforme para todo el orden.

La rigidez de compensación del sistema móvil, representada por S^2 en el plano debe ser muy baja para evitar una impedancia elevada a bajas frecuencias. Mientras que el valor actual de la rigidez de compensación no puede ser reducido por debajo de un cierto valor sin que ello fuera causa de inestabilidad, la rigidez efectiva resulta muy pequeña debido a la longitud no acostumbrada de la aguja empleada.

En el proyecto de este reproductor la frecuencia de respuesta calculada para la estructura, para una velocidad de entrada constante resulta de la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdida en unidad de tiempo} = 10 \log \left(\frac{I_0}{I_2} \right)^2 = 10 \log \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^4 + \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \left[\frac{r_1^2}{\omega_0^2 m_1^2} - 2(1+K_1) \right] + (1+K_1)$$

en la cual I_0 = velocidad de entrada en cm. por segundo de la red representada en la figura 4; I_2 = velocidad de salida de la red en cm. por segundo; m_1 es la masa efectiva; S_1 la elasticidad deriva-



da; S_2 la elasticidad de compensación en serie y r_1 la resistencia mecánica efectiva en la punta de la aguja; $\omega = 2\pi f$, siendo f la frecuencia considerada; $\omega_0 = 2\pi f_0$;

$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{S_1}{m_1}}$ es la frecuencia de resonancia libre de la aguja y $K_1 = \frac{S_2}{S_1}$. Puesto que $\frac{\omega}{\omega_0}$ es igual a $\frac{f}{f_0}$ se deduce que la ecuación anterior da la respuesta relativa del sistema para un órden de frecuencia que es independiente de la eficiencia absoluta de la estructura que consideramos.

Habiendose determinado la frecuencia de resonancia libre de la aguja por la ecuación $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{S_1}{m_1}}$ la respuesta relativa a varias frecuencias puede ser modificada variando la resistencia mecánica r_1 . Para determinar el valor conveniente de la resistencia mecánica, se ha observado que era conveniente establecer curvas como las representadas en la figura 5 que representan la respuesta obtenida con varios valores efectivos de r_1 expresados en términos de la resistencia a la frecuencia resonante. De estas curvas resulta evidente que los mejores resultados se obtienen cuando $r_1 = \omega_0 m_1$ en este caso la variación hasta la frecuencia resonante es menor que 1 unidad de tiempo pero en los casos en que se emplean valores menores de r_1 aparece una cima o cresta en la curva de respuesta, próxima a la frecuencia resonante mientras que para otros valores mayores que $\omega_0 m_1$ la respuesta desciende mas rapidamente que para el valor ideal.

La impedancia Z_{1-2} a través de los bornes de entrada de la estructura de la figura 4 puede determinarse para cualquier frecuencia correspondiente a constantes del sistema mecánico a partir de la ecuación:

$$Z_{1-2} = R_{1-2} + jX_{1-2},$$



$$\text{en el cual } R_{1-2} = \omega_0 m_1 \frac{\frac{r_1}{\omega_0 m_1}}{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^4 - \left[2(1-K_1) - \left(\frac{r_1}{\omega_0 m_1}\right)^2\right] \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + [1+K_1]^2}$$

$$\text{y } jX_{1-2} = j \omega_0 m_1 \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right) \left[\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 - (1+K_1)K_1 - \left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2 \left(\frac{r_1}{\omega_0 m_1}\right)^2 (1+2K_1) \right]}{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^4 - \left[2(1-K_1) - \left(\frac{r_1}{\omega_0 m_1}\right)^2\right] \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + [1+K_1]^2}$$

Para simplificar la resolución de esta ecuación, en la figura 5 se representan curvas para diferentes valores de la resistencia mecánica r_1 dando los valores de las relaciones $\frac{R_{1-2}}{\omega_0 m_1}$ y $\frac{X_{1-2}}{\omega_0 m_1}$ establecidas en comparación con la relación $\frac{f}{f_0}$. De la cur-

va la de esta figura resulta evidente que las condiciones para la igualdad de la frecuencia de respuesta conducen así mismo a una igualdad en la característica de impedancia si la rigidez en serie S_2 es pequeña como sucede en este caso. Si se hace mayor la rigidez en serie, manteniendo el valor de la resistencia igual a $\omega_0 m$ como antes, la respuesta de impedancia queda prácticamente muy afectada particularmente para bajas frecuencias como se representa por la curva la. Estas dos curvas representan la importancia de una baja elasticidad de compensación efectiva si la impedancia mecánica a bajas frecuencias no debe resultar excesiva. Es evidente que escogiendo debidamente la resistencia mecánica y la rigidez en serie puede obtenerse un reproductor de una impedancia prácticamente constante para todas las frecuencias hasta la frecuencia de resonancia.

Al proyectar la aguja se ha aprovechado la ventaja de la mayor relación entre la rigidez y la masa efectiva para las secciones huecas con paredes delgadas que para las secciones macizas. El momento de inercia para una aguja cónica hueca de paredes delgadas tomado sobre el diámetro de su base se calcula por



$$I = \frac{\pi}{15} R_2 \rho h t (2R_2^2 + h^2)$$

en la cual R_2 es el radio interno de la base; h la longitud de la aguja; t el espesor de las paredes y ρ la densidad del material. Si a esto añadimos el momento de inercia necesario de la armadura representado por A tendremos para el peso efectivo en la punta de la aguja:

$$m_1 = \frac{I + A}{h^2} = \frac{\pi}{15} \left(\frac{R_2}{h}\right) \rho t \left[h^2 \times 2 \left(\frac{R_2}{h}\right)^2 + 1 \right] + \frac{A}{h^2}$$

Para una rigidez constante de la aguja, variando la longitud h es necesario que la relación $\frac{R_2}{h}$ se mantenga constante. Si diferenciamos la ecuación anterior con relación a h para m_1 con un valor mínimo tendremos:

$$h^4 = \frac{15A}{\pi \left(\frac{R_2}{h}\right) \rho t \left[1 + 2\left(\frac{R_2}{h}\right)^2 \right]}$$

Esta ecuación nos indica que h no variará notablemente para valores algo mayores de A, t o $\frac{R_2}{h}$ pero no da indicación en cuanto a las variaciones de m_1 para valores de h diferentes del mínimo. La curva de la figura 6 se representa por tanto para dar el valor de m_1 para un amplio orden de valores de h y varios valores de $A, \frac{R_2}{h}$ y t .

Con la estructura de reproductor bipolar que se ha observado ser conveniente para este aparato, el momento de inercia de la armadura junto con el del peso efectivo del diafragma es aproximadamente $0,04 \text{ gr. por cm}^2$. Si $\frac{R_2}{h}$ es igual a $0,08, t = 0,004 \text{ cm}; \rho = 8,0$; Para un peso mínimo $m_1 (0,010 \text{ gr.})$ encontramos que $h = 2,46 \text{ cm}$. Es necesario determinar luego si una aguja con estas constantes es suficientemente rígida para dar una frecuencia de resonancia libre de la aguja para una buena reproducción. La rigidez de una aguja cónica hueca con un espesor de pared mucho menor que el radio de



la base se obtiene muy aproximadamente por la fórmula

$$S = \frac{\pi E R_2^3 t}{h^3}$$

en la cual E es el modulo de Young y los símbolos restantes tienen el mismo significado que antes. Para los valores antes supuestos encontramos que la rigidez de la aguja es igual a $\pi \times 2,0 \times 10^{12} \times 512 \times 10^{-6} \times 0,004 = 12,8 \times 10^6$ dinas/cm. Por consiguiente encontramos que la frecuencia de resonancia es de

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{12.8 \times 10^6}{0.010}} = 5700 \text{ periodos.}$$

Siendo esta frecuencia próxima al limite superior del orden de frecuencia registrado, un reproductor de esta naturaleza cubrirá todo el órden a una frecuencia practicamente constante.

Como ya se ha dicho se ha observado que la impedancia resulta mucho mas constante para todo el órden de frecuencia, cuando r_1 es igual a $\omega_0 m_1$. Si luego tenemos para este reproductor $\omega_0 = 2\pi \times 5700$ y $m_1 = 0,010$ resulta r_1 igual a 360 ohmios mecánicos (cgs) efectivos a una distancia de la punta de la aguja de 2,46 cm. Se ha observado que esto requiere una resistencia en el espacio entre las piezas polares y el diafragma de aproximadamente 10.000 ohmios mecánicos la que puede obtenerse empleando un espacio de las siguientes dimensiones $l = 9,53$ mm., anchura $b = 6,35$ mm. y la distancia entre la superficie amortiguadora $d = 0,225$ mm. aproximadamente.

Estas dimensiones de l y b corresponden a las dimensiones usadas en una estructura con armadura bipolar de modo que usando una estructura de este tipo es necesario unicamente disponer el espacio de aire a 0,225 mm. aproximadamente.

Si se obtiene esta condición que corresponde a $r_1 = \omega_0 m_1$ y S_2 , la rigidez en serie es menor que $\frac{S_1}{50}$ o en este caso dis-



minuye hasta un valor inferior a $0,25 \times 10^6$ dinas, entonces para cada frecuencia por encima aproximadamente de 100 periodos o $0,02 \frac{f}{f_0}$ de la figura 5 tendremos para el valor máximo de la impedancia

$$Z_{1-2} \text{ máximo} = \sqrt{R_{1-2}^2 \text{ max.} + X_{1-2}^2 \text{ max.}}$$

tomando los valores máximos de R_{1-2} y X_{1-2} de las curvas l_r y l_x obtenemos $Z_{1-2} \text{ máximo} = \sqrt{1.34^2 + 1^2} = 1.67 \omega_0 m_1$.

En el caso considerado a 50 periodos la impedancia será aproximadamente $2,25 \omega_0 m_1$ ó 800 ohmios mecánicos. Se ha demostrado que un reproductor con estas características presenta una impedancia suficientemente baja para seguir el surco de un registro blando de cera sin averiarlo de manera que puede servir luego para la producción de los registros permanentes o definitivos.

En un aparato de buena calidad de esta clase, la eficiencia debe ser sacrificada para obtener la suavidad de respuesta necesaria pero es conveniente poder obtener el máximo de eficiencia compatible con la calidad deseada. En los actuales reproductores de ensayo contruidos de acuerdo con la descripción que antecede se ha demostrado una eficiencia superior en 1/10 de uno por ciento.

Hasta ahora para mantener una de las formas usuales de reproductores de sonido en el surco de un registro era necesaria una fuerza hacia abajo de unos 125 gr. mientras que el aparato objeto de esta invención trabaja satisfactoriamente con 15 gr.

Es innecesario decir que estas agujas pueden ser también usadas para la reproducción con los registros duros corrientes.

La palabra "aguja" puede indicar asimismo cualquier mecanismo equivalente que se ponga en contacto con un registro.

N O T A

Se reivindica como objeto de esta patente:

- 1) Reproductor de sonidos registrados caracterizado por que la impedancia mecánica del reproductor es muy pequeña en compa-



ración con la de los aparatos antiguos por razón de que (a) el registro trabaja con un largo brazo de palanca; (b) la fuerza que actúa sobre el brazo de palanca para volverlo a su posición es pequeña, (c) el momento de inercia del sistema vibratorio (y su masa) son pequeños, y la respuesta del reproductor es practicamente uniforme para un amplio orden de frecuencias debido a que la relación $\frac{S_1}{m_1}$ es practicamente mayor que en los porta estilos y agujas ordinarios representando S_1 la elasticidad de la aguja del reproductor y m_1 la masa efectiva del sistema movil en la aguja o punta reproductora.

2) Reproductor según la reivindicación 1 caracterizado por el empleo de una aguja cónica hueca.

3) Reproductor según las reivindicaciones 1 o 2 caracterizado por que la aguja en si está provista de medios para sujetarla al sistema vibratorio.

4) Reproductor según las reivindicaciones 1, 2 o 3 caracterizado en que la relación entre la rigidez de la punta de la aguja y la masa total del sistema movil es de un orden de 10^9 .

5) Reproductor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado en que la aguja no tiene periodo alguna natural de vibración dentro del orden de frecuencias de la conversación o de la música.

6) Reproductor según la reivindicación 2 caracterizado por que la citada aguja cónica está provista de una superficie endurecida.

7) Reproductor según la reivindicación 6 caracterizado por que dicha aguja está formada por una envolvente de níquel, revestida de cromo y perfilada en su punta para adaptarse a los surcos de un registro.

8) Reproductor según las reivindicaciones 3 o 4 caracterizado por que la aguja está directamente sujeta en la armadura.



9) Reproductor según la reivindicación 8 caracterizado en que dicha armadura está directamente montada en un diafragma que comprende una cámara conteniendo un electro-iman y un material viscoso amortiguador.

10) Reproductores del sonido.

Barcelona 4 de Diciembre de 1928.

P. A.



FIG. 1.

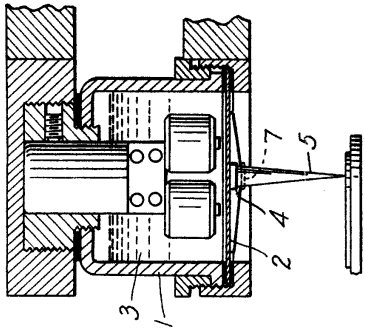


FIG. 2.

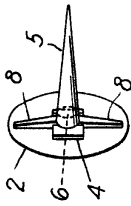


FIG. 3.

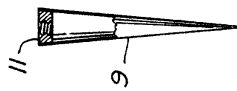


FIG. 4.

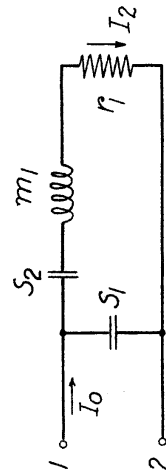


FIG. 7.

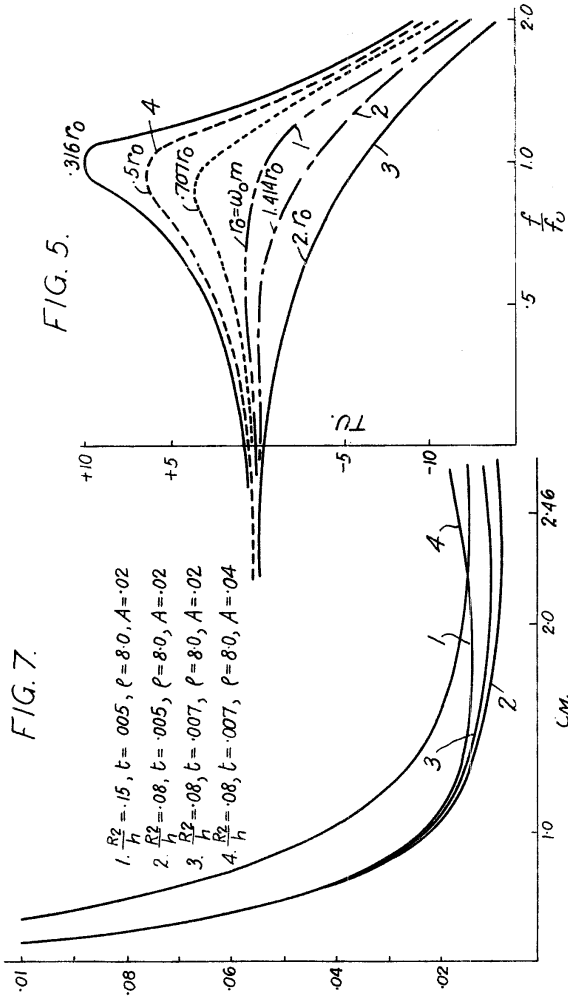


FIG. 5.

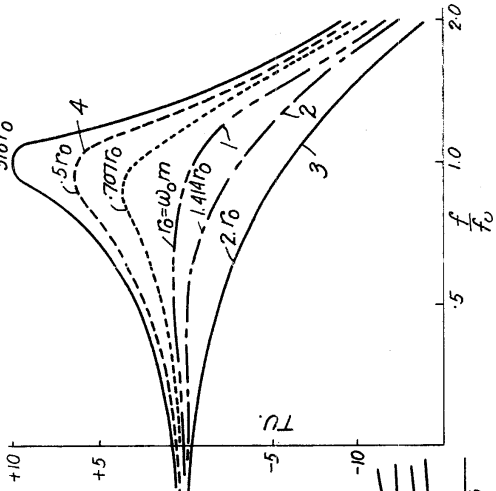
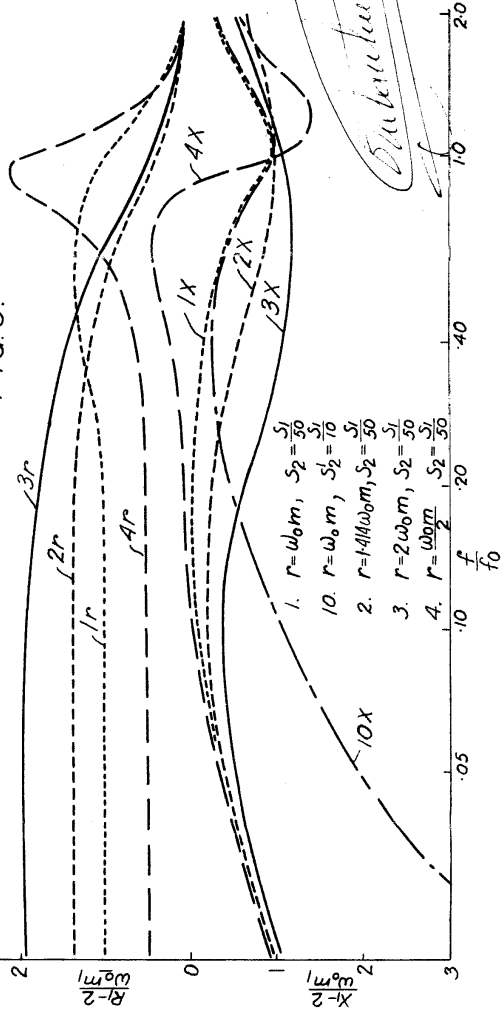


FIG. 6.



Benjamin J. ...