



L

A355

M3

1

T
T
M
C.1

631
INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
ESCUELA DE INGENIERIA

DISEÑO PARCIAL Y CONSTRUCCION DE UN
ANALIZADOR DE VIBRACIONES MECANICAS

T E S I S

PRESENTADA POR

Rodolfo Maisterra Martinez

COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

4
MONTERREY, N. L., JUNIO DE 1957

TAB55
•MB
C.1



1080094225

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
ESCUELA DE INGENIERÍA

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE
ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

DISEÑO PARCIAL Y CONSTRUCCIÓN DE UN
ANALIZADOR DE VIBRACIONES MECANICAS

I. T. E. S. M.
BIBLIOTECA

DONATIVO DE Rodolfo
Maisterra Martínez
26 de Junio d. 1957

T E S I S

PRESENTADA POR

Rodolfo Maisterra Martínez

COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

MONTERREY, N. L., JUNIO DE 1957

INTRODUCCION INDICE

INTRODUCCION El objeto de este trabajo es el diseño y construcción de un analizador de vibraciones, tomando como base un analizador de sonido fabricado por la General Radio Co. El analizador será destinado al laboratorio de vibraciones de la Universidad de Chile. Este trabajo tiene mucha utilidad para el alumno que estudia vibraciones mecánicas. Pag. 1

CAPITULO I PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO. Pasa un operato de este trabajo tiene mucha utilidad para el alumno que estudia vibraciones mecánicas. Pag. 3

CAPITULO II VENTAJAS DEL SISTEMA DE RETROALIMENTACION. Cuando una vibración es sinusoidal teóricamente se puede aplicar a otros sistemas. Pag. 6

CAPITULO III DESCRIPCION DEL ANALIZADOR DE SONIDO. Se describen los componentes reales sinusoidales que forman una vibración, en un analizador. Pag. 8

CAPITULO IV RED DE RETROALIMENTACION. Se pueden construir analizadores que funcionen bajo distintos principios. En 1929, Herman Hoesner Scott, ideó un analizador cuyo principio de funcionamiento tiene el mérito de aplicar la retroalimentación negativa para producir selectividad, pues antes sólo se había usado para obtener fidelidad. Bajo las mismas bases de funcionamiento se construirá el analizador que es tema de la presente tesis. Pag. 10

CAPITULO V ADAPTACION DEL AMPLIFICADOR. Se describen los componentes reales sinusoidales que forman una vibración, en un analizador. Pag. 17

CONCLUSIONES. Se describen los componentes reales sinusoidales que forman una vibración, en un analizador. Pag. 18

BIBLIOGRAFIA. Este de H. H. Scott, es muy general y no está dirigida exclusivamente a los analizadores, sino que ilustra como se puede usar la degeneración para obtener características de transmisión de diferentes formas y las ventajas que se obtienen al usar un sistema. Pag. 19

INTRODUCCION.

El objeto de esta tesis es el diseño y construcción de un analizador de vibraciones, tomando como base un analizador de sonido fabricado por la General Radio Co. El analizador será destinado al Laboratorio de Vibraciones del I.T.E.S.M., pues un aparato de esta naturaleza tiene mucha utilidad para el alumno que estudia vibraciones mecánicas.

Cuando una vibración no es sinusoidal teóricamente se puede aplicar el principio de Fourier y representar la vibración, en una suma de vibraciones sinusoidales de distinta frecuencia. Prácticamente se puede separar las componentes reales sinusoidales que forman una vibración, mediante un analizador. Entonces, se dice que un analizador, es aquel dispositivo con el cual se puede determinar las componentes sinusoidales de una vibración no armónica.

Se pueden construir analizadores que funcionen bajo distintos principios. En 1939, Hermon Rossmer Scott, ideó un analizador cuyo principio de funcionamiento tiene el mérito de emplear la retroalimentación negativa para producir selectividad, pues antes sólo se había usado para obtener fidelidad. Bajo las mismas bases de funcionamiento se construirá el analizador que es tema de la presente tesis.


La patente de H. H. Scott, es muy general y no está dedicada exclusivamente a los analizadores, sino que ilustra como se puede usar la degeneración para obtener características de transmisión de diferentes formas y las ventajas que se obtienen al usar su método.

El sistema que se seguirá para alcanzar el objeto deseado será: primero estudiar el analizador de sonido que posee el Instituto y luego adaptar o rediseñar lo necesario para obtener el analizador de vibraciones mecánicas, pues la única diferencia que hay entre éste y aquél, es el rango de frecuencias en que trabajan.

CAPITULO I

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Antes de entrar en materia es conveniente explicar lo que se entiende por función de transferencia. Cuando un sistema tiene una entrada y una salida, se dice que su función de transferencia es la relación que existe entre la salida y la entrada. Es claro que dicha función da la característica de transmisión de un sistema, y conviene notar que puede ser expresada como un número complejo.

Para explicar el funcionamiento se hace referencia a la figura 1, en ella, las literales dentro de cada bloque dan su función de transferencia, el signo  indica operación de resta.

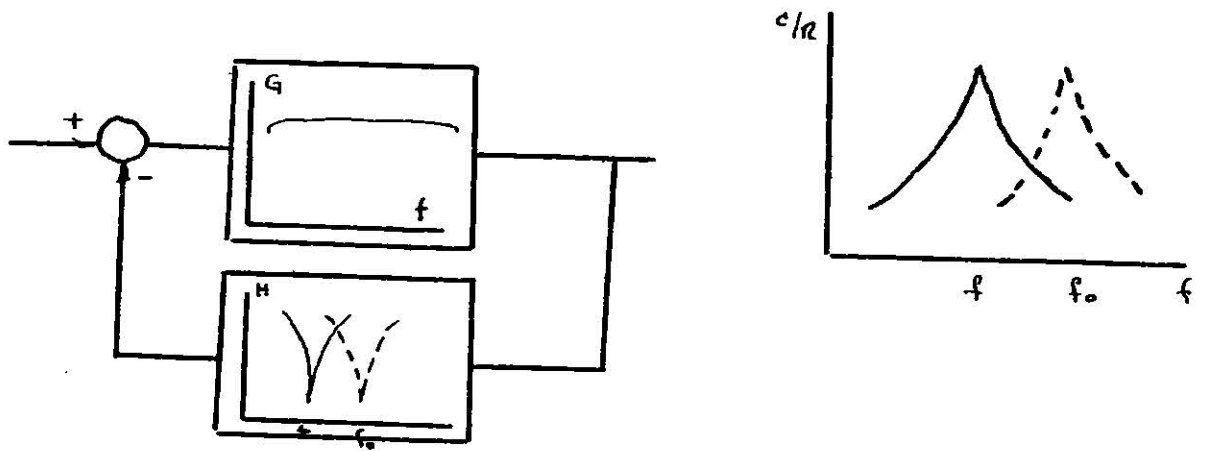


Fig. 1

De la Fig. 1:

$$E = R - B \quad (1)$$

$$B = cH \quad (2)$$

$$E = \frac{c}{G} \quad (3)$$

substituyendo (2) y (3) en (1) y arreglando términos obtenemos:

$$\frac{c}{R} = \frac{G}{1 + cH} \quad (4)$$

observando la ecuación (4) se ve que $\frac{G}{1 + cH}$ es la función de transferencia de todo el sistema.

Si en la ecuación (4) hacemos $G \gg 1$ podemos observar las siguientes propiedades de H:

$$\text{si } H = 1 \quad \frac{c}{R} \approx 1 \quad (a)$$

$$\text{si } H = 0 \quad \frac{c}{R} \approx G \quad (b)$$

$$\text{si } cH \gg 1 \quad \frac{c}{R} \approx \frac{1}{H} \quad (c)$$

$$\text{si } cH = -1 \quad \frac{c}{R} = \infty \quad (d)$$

Si el valor de H es tal, que sea sensible a la frecuencia cambiando desde la condición (b) hasta (a) y puesto que $G \gg 1$ pasará por la condición (c) y variando de una manera semejante a la mostrada en la figura 2, se obtendrá una característica de c/R selectiva, esto también se puede explicar notando que la relación c/R se conserva próxima al valor de la recíproca de H.

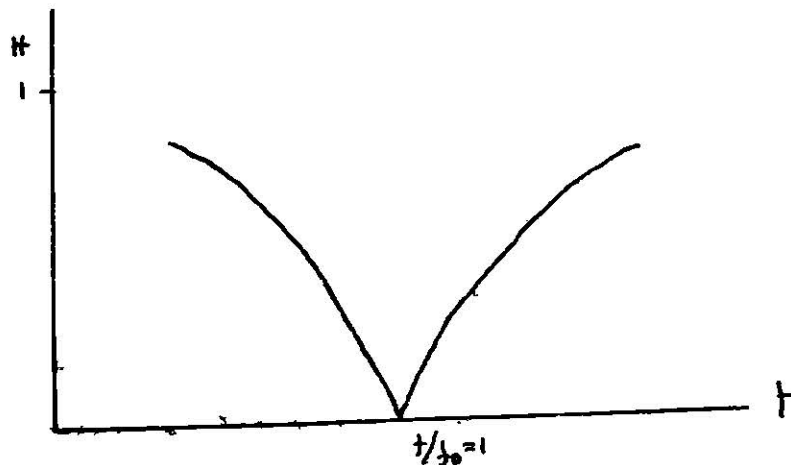


Fig. 2.

Una de las condiciones sumamente indeseable es (d), ya que se tiene una función de transferencia de valor infinito, y el sistema será capaz de sostener oscilaciones aún sin señal de entrada, por lo tanto, hay que evitar tal posibilidad.

Interpretando la característica de amplificación $\frac{C}{R}$ que se obtiene cuando se tiene la función de transferencia de H mostrada en la figura 2, y suponiendo que la característica de H pueda ser desplazada paralelamente a sí misma a lo largo del eje de las frecuencias, y la sintonizamos a una frecuencia f_0 (es decir que H, igual a 0 a la frecuencia f_0) entonces la transferencia del sistema será G, pero a cualquier otra frecuencia la relación $\frac{C}{R}$ será muy pequeña, pudiendo desprejarse. Ahora, si se recorre un ancho de banda determinado cuando tenemos una señal R no sinusoidal, obtendremos máximos de C a aquellas frecuencias para las cuales hay componentes en R y mas aún, si G es una constante, sus valores podrán ser medidos. Lo anterior equivale a analizar R, siendo únicamente necesario que R sea una señal representativa de una vibración.

CAPITULO II

VENTAJAS DEL SISTEMA DE RETROALIMENTACION SOBRE OTROS SISTEMAS.

Como se ha visto anteriormente, un analizador no es mas que un circuito que tiene medios para medir su salida, y que la frecuencia a la cual el sistema es selectivo puede ser variado libremente dentro de un rango razonable. Hay varias maneras de dar selectividad a un circuito: primero podemos citar el circuito de sintonización que se usa en los receptores de radio, ese sistema es satisfactorio a frecuencias elevadas, pero a las frecuencias bajas los valores de capacitancias e inductancias serán muy grandes, en tal forma que se haría necesario construir bobinas con núcleo de hierro las cuales no son lineales y originan interferencia magnética, lo cual sumado a la resistencia propia del conductor introduce pérdida de selectividad. Otra manera sería diseñar filtros formados por inductancias y capacitancias pero tendrían las mismas desventajas que el método anterior, además de requerir un sistema complicado de interruptores. Una manera mas ventajosa es la del analizador de tipo heterodino, en el cual la onda por analizar es heterodinada con una onda sinusoidal de un oscilador cuya frecuencia es controlable, y la heterodina pasa a través de un filtro fijo, este sistema tiene la desventaja de que el ancho de la curva de selectividad para una determinada atenuación, está dado por un número constante de ciclos, resultando así una pobre selectividad a bajas frecuencias y una muy aguda a altas frecuencias. También se podría construir un analizador con filtros formados por pur resistencias y condensadores, pero tienen poca selectividad y mucha atenuación.

Las principales ventajas del sistema de retroalimentación negativa, el cual se va a usar en el analizador que es tema de la presente tesis, son las siguientes:

- a) Puede lograrse un analizador para una banda de frecuencias sin un sistema muy complicado de sintonización.
- b) Es posible con este sistema, diseñar un analizador, sin — que éste tenga una sola inductancia en su circuito, pudiéndose variar la frecuencia a la cual el sistema es selectivo variando valores de resistencias y condensadores.
- c) Es fácil mantener una ganancia constante a resonancia, en toda la banda de frecuencias.

Con lo antes expuesto puede notarse las grandes ventajas que — ofrece el método de Scott para analizar vibraciones de baja frecuencia, como lo son las vibraciones mecánicas.

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL ANALIZADOR DE SONIDO.

Refiriéndose a la Fig. 3, que es el circuito simplificado del analizador de sonido de la General Radio Co. es posible ver la función de sus elementos.

Consta de un amplificador acoplado directamente, una red de realimentación y un elemento medidor con características de un voltímetro, colocado a la salida.

En el amplificador se emplea pentodos 11A conectados como triodos. Puesto que los acoplamientos son directos, es necesario que el potencial de cátodo de cualquiera de las etapas sea un poco mayor que el potencial de placa de la etapa anterior; esto se logra empleando una fuente alimentadora de voltaje bastante alto, y que las resistencias de carga de las distintas etapas, vayan disminuyendo conforme se acercan a la salida. Las resistencias de cátodo de la segunda y tercera etapa tienen condensadores de paso de gran valor debido a lo bajo de las frecuencias a que trabaja el amplificador y a la magnitud de las resistencias de cátodo.

La red de realimentación es una doble "T" formada solo por resistencias y condensadores, y en realidad no resta la señal de salida sino que la suma; esto es debido a que el amplificador tiene tres etapas, y la señal de salida está 180 grados fuera de fase con respecto a la señal de entrada. Es clara la ventaja de tener un número de etapas

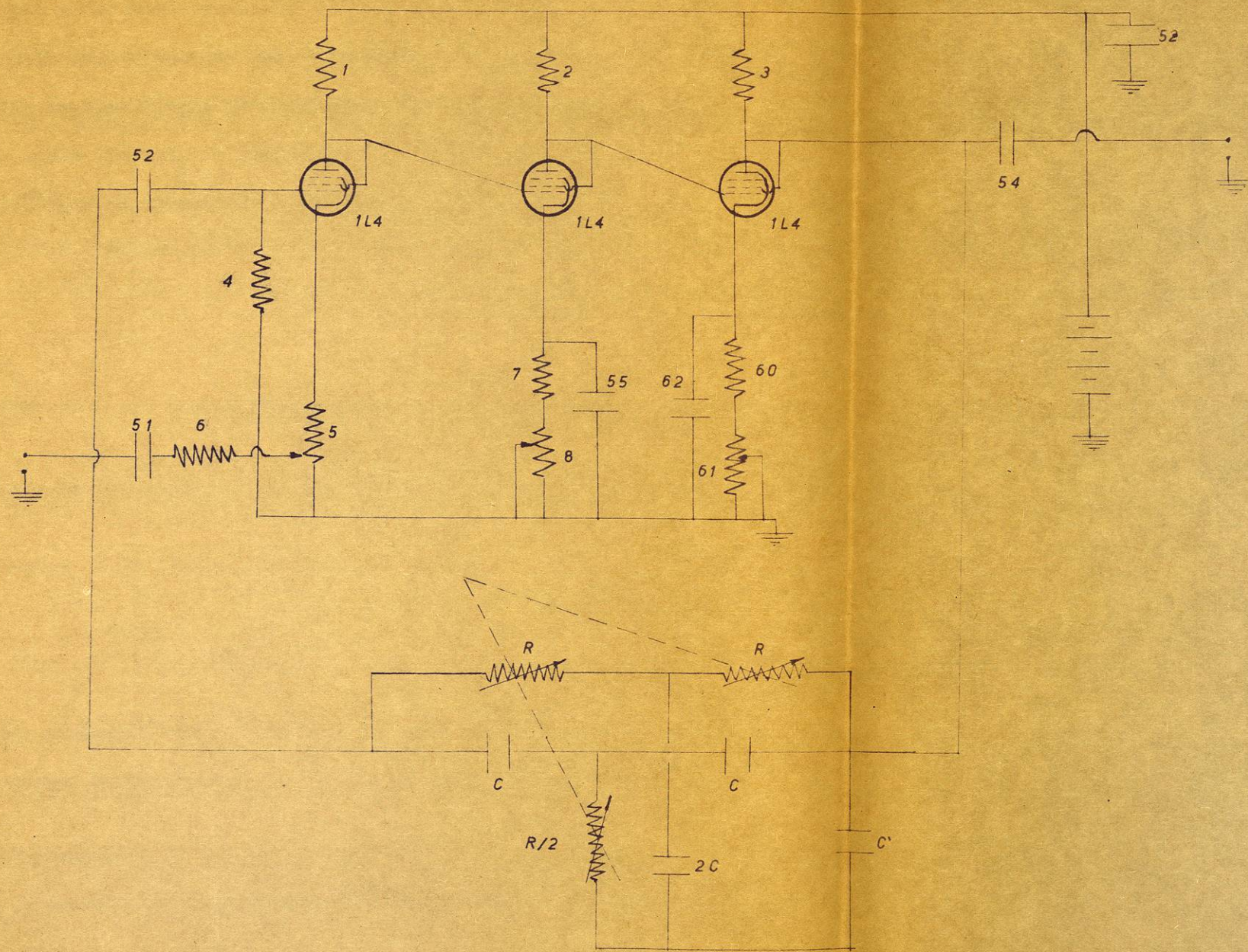


FIG. 3

DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL ANALIZADOR DE LA GENERAL RADIO Co.

impar cuando un amplificador va a ser realimentado negativamente, puesto que en cada etapa hay un desfase de 180 grados.

CAPITULO IV

RED DE RETROALIMENTACION.

La red de retroalimentación del analizador de sonido es una doble "T" formada exclusivamente por resistencias y condensadores, y para su estudio es conveniente considerarlas como dos "T" en paralelo. - Cuando ésta tiene los valores relativos mostrados en la Fig. 4a tiene una característica de transmisión conveniente para ser usada en el analizador.

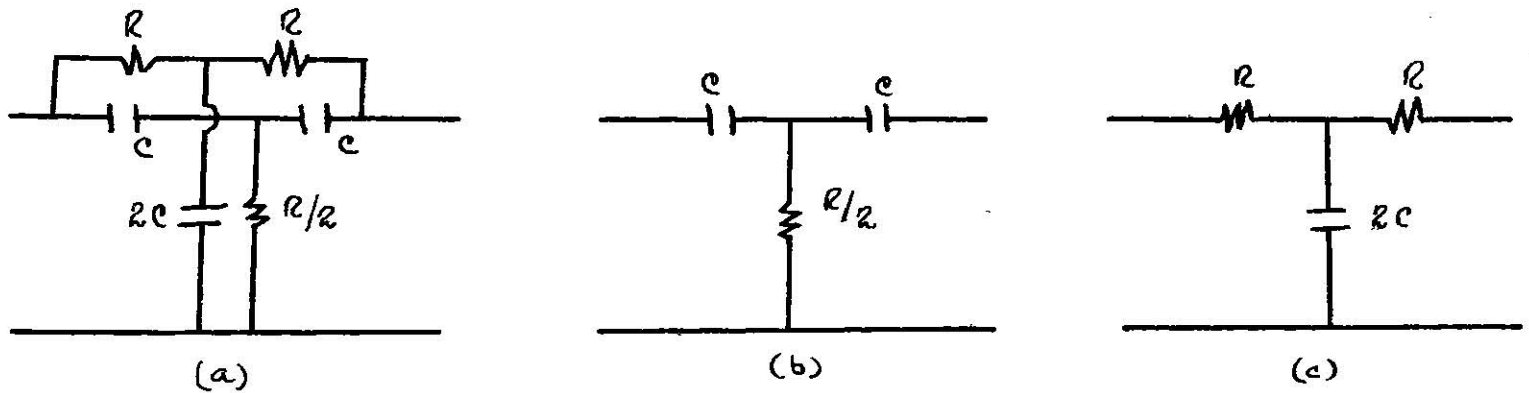


Fig. 4

Para obtener la función de transferencia se empleará las constantes generales de un circuito, y se seguirá el siguiente sistema:

- a) Determinar las constantes generales de cada "T" por separado.
- b) Determinar las constantes generales de los dos "T" en paralelo.
- c) Aplicar las ecuaciones de las constantes generales de un -- circuito.

A continuación se exponen las ecuaciones que se van a usar para determinar la función de transferencia de la red, clarificando en esta forma el desarrollo siguientes:

Para cualquier circuito cuyas constantes generales son conoci-

das:

$$E_1 = AE_2 + BI_2 \quad (5)$$

$$I_1 = CE_2 + DI_2 \quad (6)$$

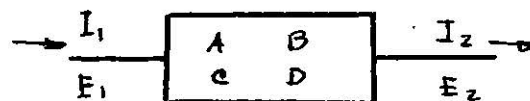


Fig 5

Para un circuito "T":

$$A = \frac{Z_a}{Z_c} + 1 \quad (7)$$

$$B = \frac{Z_a Z_b}{Z_c} + Z_b + Z_a \quad (8)$$

$$C = \frac{1}{Z_c} \quad (9)$$

$$D = \frac{Z_b}{Z_c} + 1 \quad (10)$$

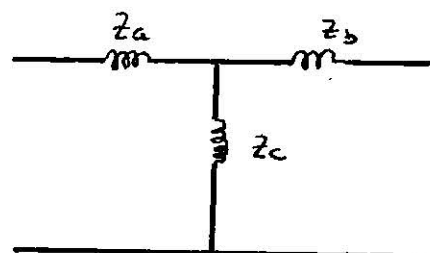


Fig 6

Para dos sistemas en paralelo cuyas constantes generales son -

conocidas:

$$A = \frac{A_1 B_2 + B_1 A_2}{B_1 + B_2} \quad (11)$$

$$B = \frac{B_1 B_2}{B_1 + B_2} \quad (12)$$

$$C = C_1 + C_2 + \frac{(A_1 - A_2)(D_2 - D_1)}{B_1 + B_2} \quad (13)$$

$$D = \frac{B_1 D_2 + B_2 D_1}{B_1 + B_2} \quad (14)$$

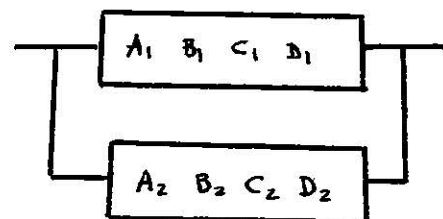


Fig 7

Aplicando ecuaciones (7) (8) (9) y (10) para la T₁ de la Fig.

4b se obtiene:

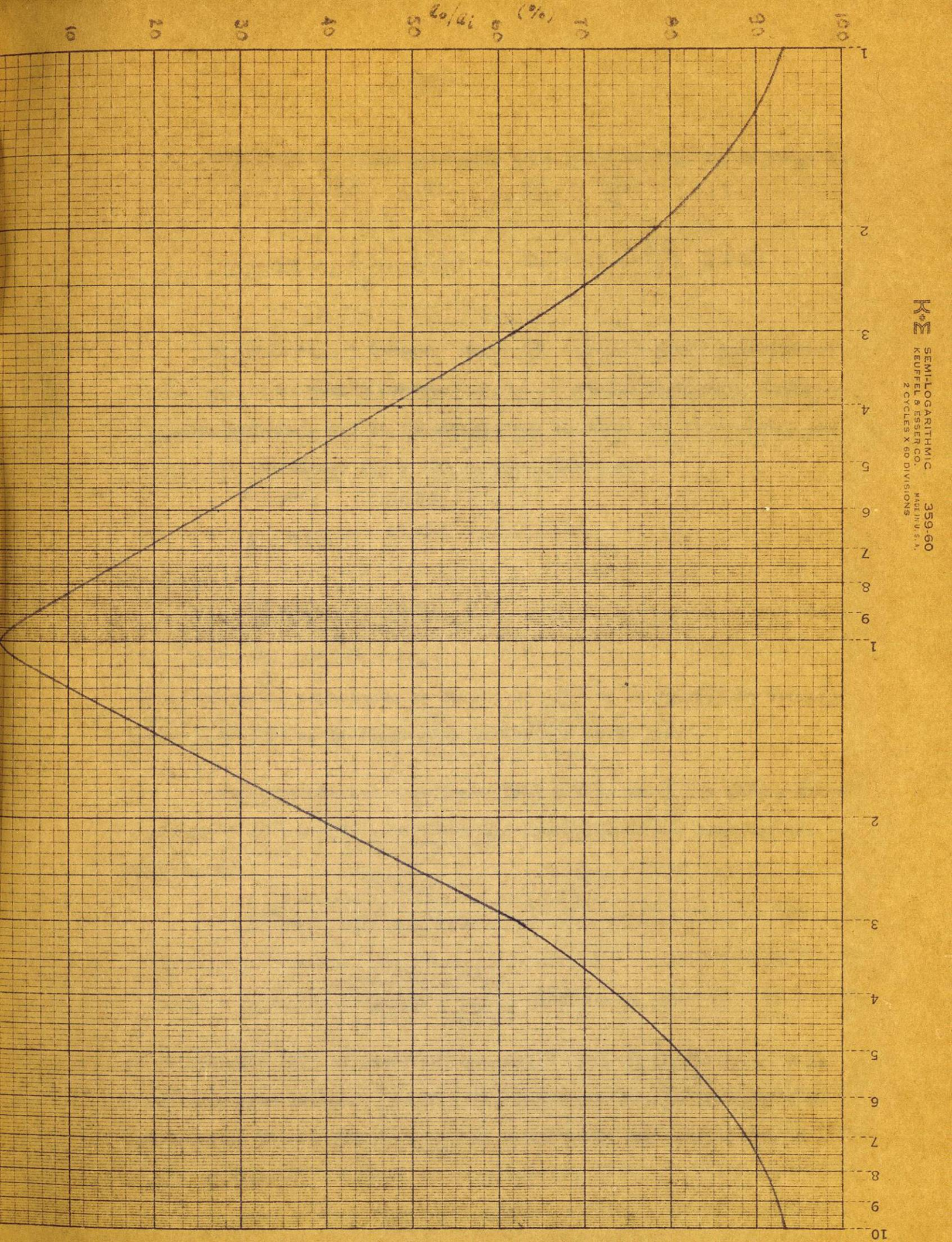
$$A_1 = 1 - j \frac{2X}{R} \quad (15)$$

$$B_1 = -\frac{2X^2}{R} - j2X \quad (16)$$

$$C_1 = \frac{2}{R} \quad (17)$$

$$D_1 = 1 - j \frac{2X}{R} \quad (18)$$

K+M
SEMI-LOGARITHMIC 359-60
KEUFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.
2 CYCLES X 60 DIVISIONS



Efectuando la misma operación para T_2 de la Fig. 4c se llega a:

$$A_2 = 1 + j \frac{2R}{X} \quad (19) \quad C_2 = j \frac{2}{X} \quad (21)$$

$$B_2 = 2R + j \frac{2R^2}{X} \quad (20) \quad D_2 = 1 + j \frac{2R}{X} \quad (22)$$

Si en la Fig. 5 hacemos $I_2 = 0$, lo cual puede justificarse cuando $Z_0 = \infty$ o bien cuando Z_0 es una impedancia sumamente grande comparada con la impedancia que la misma red representa, entonces, las ecuaciones (5) y (6) se transforman en:

$$E_1 = A E_2 \quad (23)$$

$$I_1 = C E_2 \quad (24)$$

de donde:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{A} \quad (25)$$

$$\frac{E_1}{I_1} = \frac{A}{C} \quad (26)$$

observando estas ecuaciones se ve que la (25) es la función de transferencia y la (26) es la impedancia de entrada de la red.

Substituyendo las ecuaciones (15) y (22) en (11) y (13) y éstas a su vez en (25) y (26) y haciendo las simplificaciones convenientes - llegamos a:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{1 - (R/X)^2}{1 - (\frac{R}{X})^2 + j 4R/X} \quad (27)$$

$$Z = \frac{1 - (R/X)^2 + j 4R/X}{-(R/X)^2 - j (R/X)} \quad (28)$$

en la ecuación (27) se puede ver que si $(R/X) = 1$ (29), $\frac{E_2}{E_1} = 0$. A la frecuencia para la cual $\frac{E_2}{E_1} = 0$, la llamaremos ω_0 , o frecuencia de resonancia. Siendo que $X = \frac{1}{\omega c}$ su valor puede ser substituído en (29) y se obtiene

$$\omega_0 = \frac{1}{Rc} \quad (30)$$

o bien:

$$\omega_0 = \frac{1}{T} \quad (31)$$

donde:

$$T \equiv RC \quad (32)$$

La ecuación (27) puede ser escrita en función de (ω/ω_0) y se obtiene:

$$\frac{E_z}{E_1} = \frac{1 - (\omega/\omega_0)^2}{1 - (\omega/\omega_0)^2 + j4(\omega/\omega_0)} \quad (27a)$$

que está mostrada gráficamente en la Fig. 8. Haciendo lo mismo con la ecuación (28) se llega a:

$$Z = \frac{1 - (\frac{\omega}{\omega_0})^2 + j4(\frac{\omega}{\omega_0})}{- (\omega/\omega_0)^2 + j(\omega/\omega_0)} \quad (28a)$$

para resonancia la impedancia será:

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \quad 45^\circ \quad (28b)$$

Es claro que la ecuación básica para el diseño de la red es la (30) puesto que ella suministra el valor de Z para resonancia. El orden de los valores de R y C estará dado por la impedancia de entrada necesaria de la red.

El analizador cambiará de rango de frecuencias por medio del cambio de C y el control continuo se hará por medio de potenciómetros, esto se justifica porque los condensadores tienen magnitud apreciable y no es posible encontrar condensadores variables de dicha magnitud.

El analizador de vibraciones tendrá los siguientes rangos de frecuencia:

- 7.5 a 25 c/seg.
- 25 a 75 c/seg.
- 75 a 250 c/seg.
- 250 a 750 c/seg.

Es conveniente, entonces, mantener la misma impedancia en la red en este analizador que en el de sonido, para eso se mantendrá las mismas resistencias y reactivancias.

En el analizador de la General Radio Co., para el rango de 25 a 75 c/seg. se usa un valor de C igual a 0.12 Mfd., por lo tanto, aplicando la ecuación (30) se calculará la resistencia máxima y mínima que se necesita en la red y así poder determinar el valor de los potenciómetros,

para 25 c/seg. $R = \frac{10^6}{2\pi \times 25 \times 0.12} = 53,000 \text{ ohms}$

para 75 c/seg. $R = \frac{10^6}{2\pi \times 75 \times 0.12} = 17,666 \text{ ohms}$

luego el incremento de resistencia debe ser de 35,334 ohms que se obtendrán mediante potenciómetros de 50,000 ohms. Siendo también necesario R/2 se usará dos potenciómetros de igual valor que los anteriores, conectados en paralelo.

Si para el rango de 25 a 75 c/seg. se necesita un valor de C de 0.12 Mfd., aplicando la ecuación (30) y para los mismos valores de resistencia máxima y mínima, tendremos las siguientes magnitudes de C para todos los rangos:

| | | | | | | |
|----|-----|---|-----|--------|-------|------|
| de | 7.5 | * | 25 | e/seg. | 0.4 | Mfd. |
| " | 25 | " | 75 | " | 0.12 | " |
| " | 75 | " | 250 | " | 0.12 | " |
| " | 250 | " | 750 | " | 0.012 | " |

Es conveniente para obtener valores mas pequeños de capacitancias, que se vayan sumando o restando al cambiar de rango de frecuencia, entonces para calcular los nuevos valores de los condensadores, se planteará las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}C_{21} + C_{22} + C_{23} + C_{24} &= 0.4 \\C_{22} + C_{23} + C_{24} &= 0.12 \\C_{23} + C_{24} &= 0.04 \\C_{24} &= 0.012\end{aligned}$$

resolviéndolas se obtiene:

$$\begin{aligned}C_{11} \text{ y } C_{21} &= 0.28 \text{ Mfd.} \\C_{12} \text{ y } C_{22} &= 0.08 \text{ Mfd.} \\C_{13} \text{ y } C_{23} &= 0.028 \text{ Mfd.} \\C_{14} \text{ y } C_{24} &= 0.012 \text{ Mfd.}\end{aligned}$$

Pero como son necesarios valores de 2C se utilizará los siguientes valores de capacitancia:

$$\begin{aligned}C_{41} &= 0.56 \text{ Mfd.} \\C_{42} &= 0.16 \text{ Mfd.} \\C_{43} &= 0.056 \text{ Mfd.} \\C_{44} &= 0.024 \text{ Mfd.}\end{aligned}$$

El analizador de la General Radio Co. tiene a la entrada de la red un condensador para evitar la amplificación fuera del rango en que se está trabajando, y para el rango de 25 a 75 c/seg. usa un valor de 0.1 Mfd., puesto que éste valor no debe ser muy exacto bastará que al cambiar de rango se conserve una capacitancia de un valor aproximadamente tres veces mayor o menor que la del rango adyacente, así los valores que se van a utilizar son los siguientes:

de 7.5 a 25 c/seg. 0.3 Mfd.

de 25 a 75 c/seg. 0.1 Mfd.

de 75 a 250 c/seg. 0.03 Mfd.

de 250 a 750 c/seg. 0.01 Mfd.

Para obtener la resistencia mínima se pondrá en serie una resistencia fija y una resistencia de ajuste, para el valor de R se usará 10,000 ohms fijos y un potenciómetro de 5,000 ohms para el ajuste. Para el valor mínimo de R/2 la resistencia fija será de 5,000 ohms y la variable de 5,000 ohms.

Quedan así determinados todos los parámetros de la red de realimentación. El circuito se ilustra en la Fig. 9.

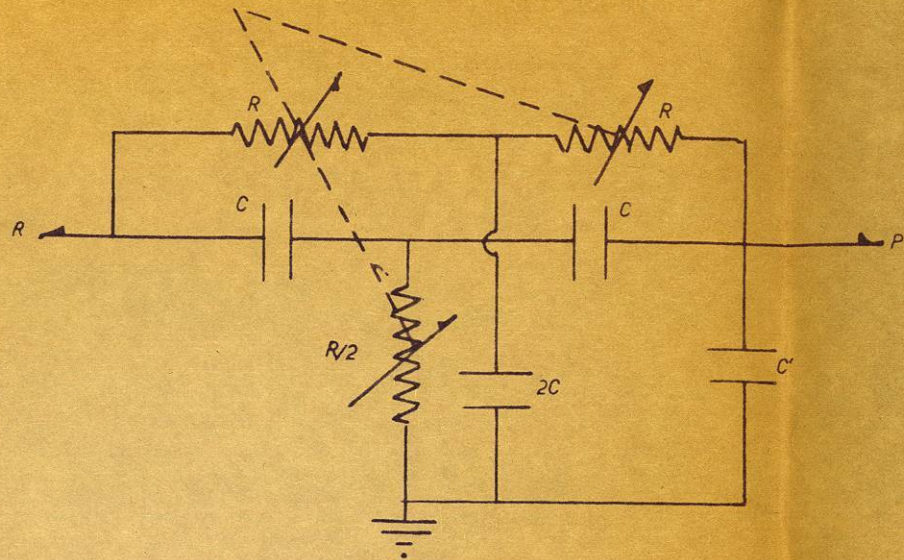


Fig. 9a

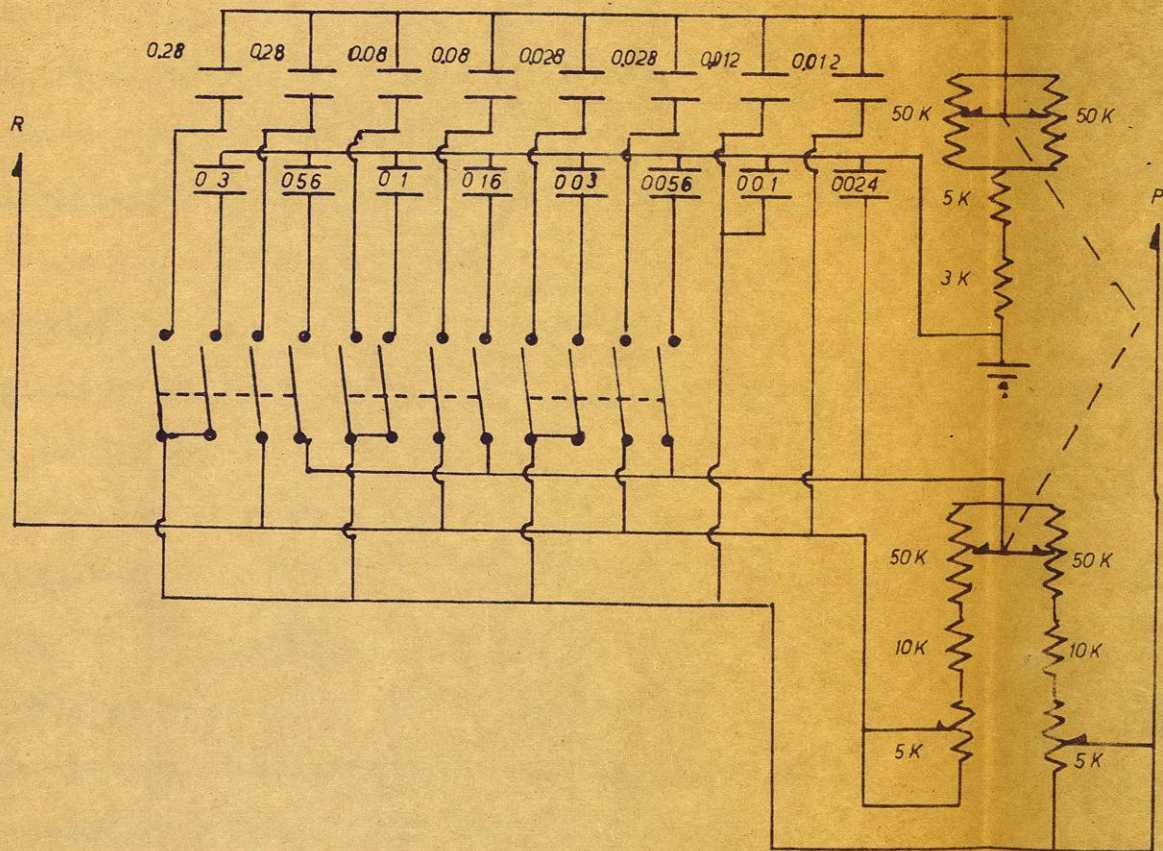


Fig. 9b

CAPITULO V

ADAPTACION DEL AMPLIFICADOR

El circuito del amplificador de la General Radio Co. está mostrado en la fig. 10a. Como se ve, es un amplificador acoplado directamente, para que sea capaz de responder a bajas frecuencias. Para ser adaptado a este caso, basta hacerle las modificaciones que a continuación se enumeran:

- a) El condensador de entrada C_{51} tiene un valor de 3 Mfd. Se cambió por uno de 6 Mfd., y en vez de la resistencia de entrada cuyo valor es de 18,000 ohms, se usó una de 27,000 ohms, así el producto de la constante de tiempo y la frecuencia se mantiene aproximadamente igual.
- b) El condensador de pase C_{55} se cambió de 2 a 6 Mfd., pues es el cambio que aproximadamente hay en la frecuencia.
- c) Se eliminó R_8 , R_9 , R_{10} y C_{54} , polarizándose directamente el cátodo de la tercera etapa con una batería de 45 volts. Esta substitución se hizo debido a que hubiera necesitado un condensador de papel de 36 Mfd.
- d) El condensador de salida es de 2 Mfd., pues con una capacitancia de esa magnitud y una impedancia de carga de 200,000 ohms es ya despreciable la atenuación.

Los demás elementos no se alteraron y en la fig. 10 se puede observar los dos amplificadores. Estando ya determinados todos los elementos del analizador, en el dibujo 1, se muestra el circuito completo.

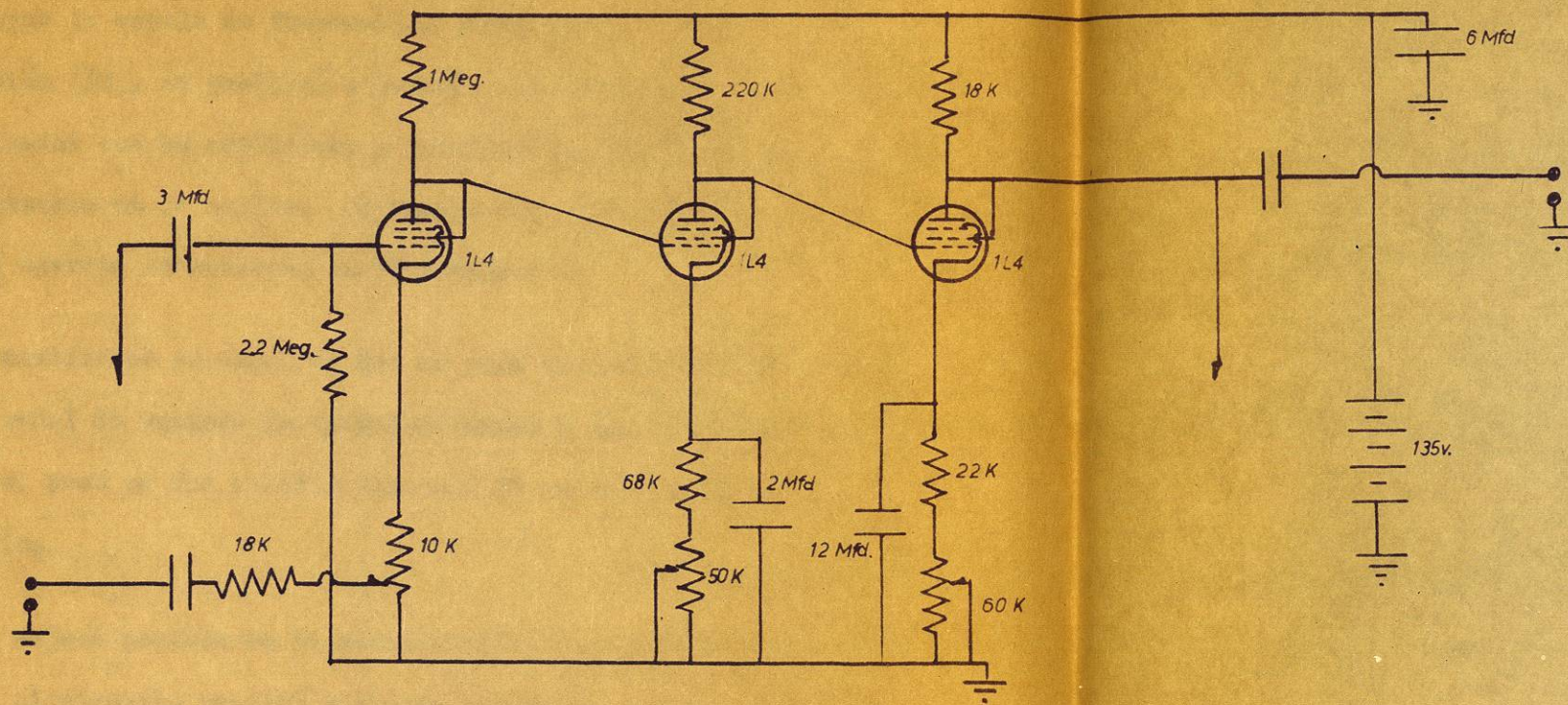


Fig. 10a

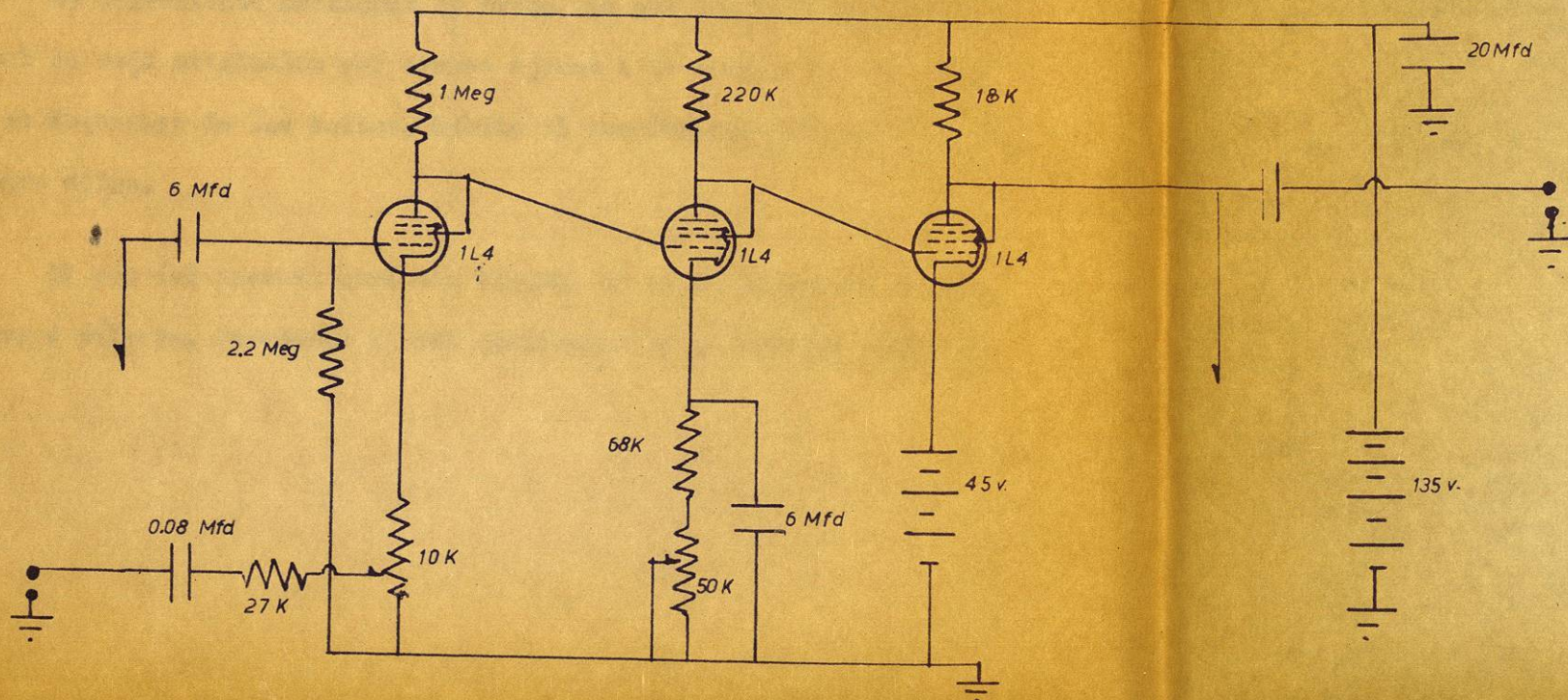


Fig. 10b

CONCLUSIONES

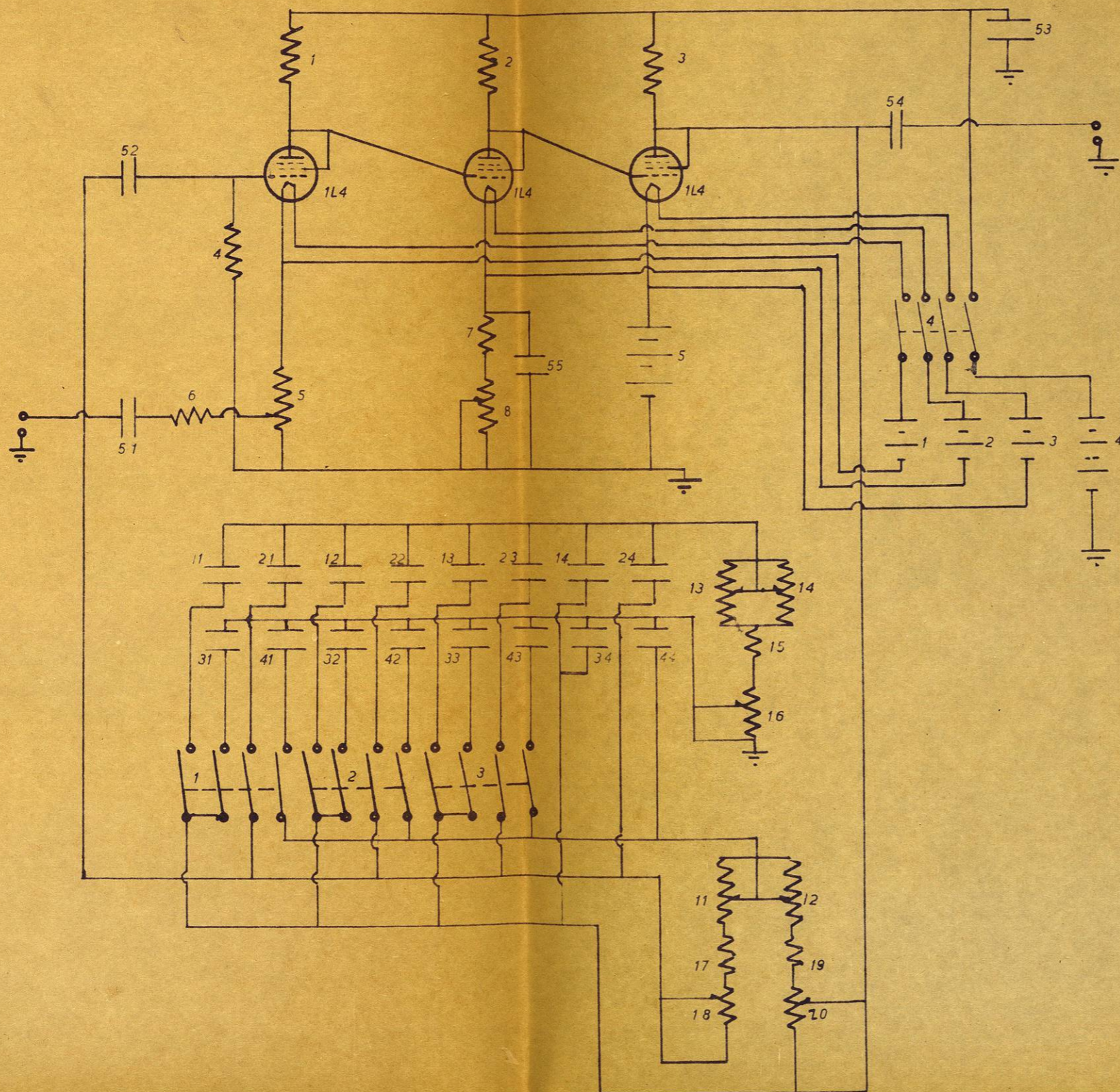
Aunque la escala de frecuencias puede ser diseñada con la ayuda de la ecuación (30), se prefirió obtenerla experimentalmente, alimentando el analizador con un oscilador, y localizando los máximos con un voltímetro conectado en la salida. La escala así obtenida, y la parte frontal del aparato se muestran en el dibujo # 2.

El analizador es capaz de dar un poco más de un voltio de salida con una señal de entrada de aproximadamente 5 mv. Estos datos son estimaciones, pues no fue posible disponer de un milivoltímetro de válvula de vacío.

Una mejora posible es la construcción de un control de selectividad, pues el circuito resultó bastante selectivo, siendo difícil por este hecho determinar los máximos, y el control antes mencionado aminoraría esta dificultad.

Es conveniente mencionar el hecho, de que las variaciones de potencial de reja originadas por causas ajenas a la señal, pueden ser motivo de deterioro de los bulbos, debido al acoplamiento directo que existe entre ellos.

El uso del aparato será más cómodo, si se le incorpora un voltímetro a válvula, semejante al del analizador de la General Radio Co.



- R₁ - 1 Meg.
- R₂ - 22K
- R₃ - 18 K
- R₄ - 2.2 Meg.
- R₅ - 10 K
- R₆ - 27 K
- R₇ - 68 K
- R₈ - 50 K
- R₁₃ - 50 K
- R₁₄ - 50 K
- R₁₆ - 3 K
- R₁₅ - 5 K
- R₁₁ - 50 K
- R₁₂ - 50 K
- R₁₇ - 10 K
- R₁₈ - 5 K
- R₁₉ - 10 K
- R₂₀ - 5 K
- C₁₁ - 0.28 Mfd
- C₁₂ - 0.08 Mfd
- C₁₃ - 0.028 Mfd
- C₁₄ - 0.012 Mfd
- C₂₁ - 0.28 Mfd
- C₂₂ - 0.08 Mfd
- C₂₃ - 0.028 Mfd
- C₂₄ - 0.012 Mfd
- C₃₁ - 0.3 Mfd
- C₃₂ - 0.1 Mfd
- C₃₃ - 0.03 Mfd
- C₃₄ - 0.01 Mfd
- C₄₁ - 0.56 Mfd
- C₄₂ - 0.16 Mfd
- C₄₃ - 0.056 Mfd
- C₄₄ - 0.024 Mfd
- C₅₁ - 6.00 Mfd
- C₅₂ - 0.08 Mfd
- C₅₄ - 2.00 Mfd
- C₅₃ - 20.00 Mfd

B₁, B₂, B₃ - 1.5 v.
 B₄ - 135 v.
 B₅ - 45 v.
 S₁, S₂, S₃, S₄ - Switch 4 polos, 1 tiro.

| | |
|------------|---------------------------|
| ITESM | ANALIZADOR DE VIBRACIONES |
| TESIS | DIBUJO N ^o 1 |
| JUNIO 1957 | RODOLFO MAISTERRA M. |

BIBLIOGRAFIA

1- Chesnut H., Mayer R. W., " Servomechanisms and Regulating Systems Design " Vol. 1 , 138-156, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1951.

2- Chesnut H., Mayer R. W., " Servomechanisms and Regulating Systems Design " Vol. 2, 201-205, John Wiley & Sons Inc., New York, 1955.

3- Terman F.E. " Ingeniería de Radio " Compañía Editorial Continental S.A. 238-241, México.

4- Scott H. H. United States Patent Office, 2,173,426 , Electric System, Sept. 1939

5- Woodruff L.F., " Principles of Electric Power Transmission " 2^a edición, 1953, 121-123, John Wiley & Sons Inc. New York.

