

mo/

Bullington-Edwards
Caso 2-33

177771

12 APR



177771

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 NEW YORK (E.U.)

por:

" Un sistema de transmisión de señales eléctricas, con líneas
de transmisión cargadas ".

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

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

Esta invención se refiere a los sistemas de transmisión de señales eléctricas y especialmente a la carga de las líneas de transmisión, por medio de unidades de carga de resistencia negativa.



La carga de líneas de transmisión por medio de bobinas o carretes de inductancia convenientemente espaciados a lo largo de las líneas lleva usándose bastante tiempo como medio de reducir la atenuación de línea. Tal carga por carretes
5 tiene, sin embargo, ciertos inconvenientes, entre las cuales figura el de que la velocidad de transmisión se reduce a un grado definido y a una cuantía variable, de manera que no es constante en todo el orden de frecuencias transmitidas. Al reducirse la velocidad, la longitud de onda a lo largo de la
10 línea se aminora, y la distancia mínima entre los carretes para funcionamiento eficaz es menor en proporción a la reducción de velocidad.

La carga de resistencia negativa reduce la atenuación anulando la resistencia positiva en la línea, y puede calcularse para obtener una mayor velocidad de transmisión a bajas frecuencias, y una velocidad más uniforme dentro del orden de frecuencias transmitidas, que en el caso de líneas sin carga o con carga de carrete. La longitud de onda, y, en consecuencia, la longitud mínima de cada sección de carga son así
15 mayores que con carga de carrete. Cuando la reducción de la resistencia positiva es suficiente para disminuir materialmente la atenuación, puede hacerse difícil, sin embargo, mantener el circuito estable, de no graduar debidamente el efecto de desviación de fase a altas frecuencias.

Según el presente invento, las líneas de transmisión se cargan mediante unidades de carga de resistencia negativa que sirven para producir un efecto de impedancia negativa de magnitud apreciable dentro del orden de frecuencia de las señales que se transmiten, pero que disminuye al subir la
25 frecuencia, hasta reducirse a cero o a un valor insignificante a frecuencias superiores a las del orden de frecuencia de
30

17777³²

ABP



las señales, y se convierte con preferencia en impedancia positiva a frecuencias aún más elevadas.

5 Este tipo de carga favorece la estabilidad, pues puede planearse de modo que el efecto de resistencia negativo se convierta en positivo o al menos se reduzca a cero, o a un valor insignificante, antes de que la desviación de fase, con frecuencia creciente, alcance los 180° por sección de carga, y permite comunicar una atenuación substancialmente uniforme y muy baja a la banda de frecuencias transmitidas, con una gran estabilidad, o incluso una ganancia neta estable (atenuación inferior a cero), en ciertas condiciones que se especifican más adelante.

15 El invento puede llevarse muy bien a efecto haciendo las unidades de carga con elementos de impedancia dotados de un coeficiente térmico de resistencia, negativo y lo bastante sensible para que su temperatura y resistencia varíen a fin de suministrar un efecto de resistencia negativo en respuesta a corrientes de señales dentro del orden de frecuencias transmitidas, pero que son cada vez menos reactivas a frecuencias superiores.

20 Los aparatos que se sirven de su coeficiente térmico de resistencia para proporcionar una impedancia variable se llaman termistores, y se describen más detenidamente en un artículo de G.L. Pearson titulado "Termistores, sus características y usos", en el Bell Laboratories Record" de diciembre de 1940. Los termistores construidos en el ramo pueden dotarse de varias constantes de tiempo, según sus dimensiones físicas y su capacidad de disipación térmica. Para fines de carga en la transmisión telerónica, es necesario que los termistores puedan responder a frecuencias hasta 2 o 3 kilociclos por segundo, a lo menos, y con preferencia mayores aún, mientras

177777

12 ABR



que para telefonía portátil deben responder a varias veces 3 o 4 kilociclos por segundo.

5 El invento puede asimismo llevarse a efecto usando circuitos de válvula de vacío u otros, como focos de resistencia negativa "pura", a diferencia de los elementos de resistencia cuyo efecto negativo se debe en primer término a su coeficiente
10 término de resistencia, negativo. Pero, en este caso, los circuitos de válvula de vacío u otros han de estar asociados con elementos de impedancia para imprimir un efecto de "interrupción" a las unidades de carga al aumentar la frecuencia, de modo que su impedancia negativa se reduzca a cero o a un valor insignificante a frecuencias superiores a las comprendidas en el orden de frecuencias de señales. Es preferible que las unidades de carga tengan redes igualadoras para regular la forma de sus características de transmisión dentro del orden de frecuencias de
15 señales, aumentando así la estabilidad en caso necesario, y mejorando la transmisión.

En los planos adjuntos representan:

20 La fig. 1, un diseño simplificado, en esquema, de un circuito telefónico con carga de resistencia negativa según el invento.

Las figs. 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 14, gráficas a que se hace referencia en la siguiente descripción.

25 La fig. 3, un esquema de la red de impedancia, que muestra el equivalente eléctrico de un termistor; y

Las figs. 11, 12, 13 y 15, diversos tipos de configuración de la red que pueden usarse en la práctica del invento.

30 En la fig. 1, el equipo telefónico -1-, montado en la estación -1- o conectado a ella, se representa comunicando por un sector de tránsito -10-, -11- con el equipo telefónico -4- montado en la estación -2- o conectable a ella. Las estaciones te-

977777

12 ABR



lefónicas pueden ser centrales en las que las líneas de abo-
nados que van a los equipos -1- y -4- aparecen en cuadros o ter-
minales de interruptores. Entre las líneas locales y el sector
de tránsito se intercalan bobinas o carretes repetidores -2- y
5 -3-. (No se representan los circuitos de flexible o sus equi-
valentes).

A intervalos periódicos se insertan en las líneas de
tránsito elementos de carga de resistencia negativa -12-, -12-,
etc. Una red igualadora -13- aparece conectada a cada elemento
10 de carga -12-. La corriente de excitación de los elementos de
resistencia negativa llega por las secciones de línea -10-, -11-
desde la batería -14-, y fluye a tierra por cada lado de la sec-
ción de línea por el punto medio del carrete repetidor extremo
-2- o -3-. Se insertan inductancias -15- en serie con los con-
15 ductores de la batería para ofrecer gran impedancia a las co-
rrientes de sonido. Esta batería se aplica a las secciones de
línea por el punto medio de los carretes de repetición -16-, a
través de los bornes de condensadores -17- insertos entre las
dos mitades de cada arrollamiento, y completa los circuitos de
20 corriente de sonido. Se emplean resistencias de regulación -18-
para poder graduar la magnitud de la corriente de excitación o
polarización. En la práctica, las redes -13- pueden espaciarse
más que las unidades de carga, si se quiere.

La resistencia negativa usada para el elemento de
25 carga puede ser de cualquier tipo apropiado o conocido, por
ejemplo, un circuito de válvula de vacío, pero aquí se descri-
be específicamente como un termistor, esto es, una impedancia
cuya resistencia cambia por variar su temperatura a causa del
efecto térmico de las corrientes telefónicas u otras corrientes
30 de señales que se estén transmitiendo. Si se emplea una resis-
tencia puramente negativa, se asocian a ella elementos de impe-

17777 12 ABR



dancia para imprimir a la unidad de carga un efecto de interrupción, como más adelante se describe con más detalle.

5 Los termistores apropiados para uso con este invento tienen una característica de corriente de tensión estática no lineal. Si un termistor de este tipo, con coeficiente térmico de resistencia, negativo se somete a una corriente continua de magnitud creciente, la caída de tensión a través de él aumenta hasta un máximo y disminuye después. En otras palabras, el aparato tiene una característica menguante de tensión-
10 corriente. La curva de tensión estática-corriente de un termistor típico se representa en la fig. 2.

Dinamicamente, la resistencia a la corriente alterna es negativa en la región que excede de la máxima tensión E_m para frecuencias suficientemente bajas. La fig. 2 muestra
15 asimismo las características dinámicas. Si una corriente continua de valor I_p mayor que I_c (la corriente que corresponde a E_m) se aplica al termistor, una corriente alterna superpuesta de frecuencia próxima a cero corresponderá a una curva acb que se acerca a la característica estática. Si la corriente
20 superpuesta tiene una frecuencia muy alta, el retardo térmico del termistor impedirá todo cambio de temperatura, y, por lo tanto, de resistencia. La curva de tensión de la corriente, será pues la línea de resistencia óhmica cod. A frecuencias intermedias, la corriente superpuesta describirá trayectorias
25 como las indicadas en e, f y g en el orden de frecuencias crecientes. A bajas frecuencias la resistencia efectiva a la corriente alterna es negativa; a frecuencias altas es positiva, y a frecuencias intermedias puede ser positiva o negativa; así, para alguna frecuencia crítica se hace igual a cero. Esta última
30 es la frecuencia máxima a que puede producirse una amplificación.

477771

- 7 -

12 ABR



Este funcionamiento puede equipararse con un buen factor de aproximación, al de una red eléctrica del tipo representado en la fig. 3, que consta de una resistencia positiva R, una resistencia negativa $-r$, y una inductancia L, asociadas del modo indicado. Si se aplica una tensión de corriente continua a través de los bornes de dicha red, su resistencia total es negativa, pues la resistencia R, relativamente grande, queda shuntada efectivamente por el ramal L, $-r$. Si se aplica una baja frecuencia y ésta se aumenta gradualmente, la impedancia del ramal L crece con la frecuencia, de modo que disminuye la resistencia negativa total y se introduce un ángulo de fase correspondiente. A frecuencias por encima de la respuesta del termistor a la temperatura, el ramal L se convierte en un circuito abierto, dejando R como único ramal efectivamente en circuito.

Una resistencia termalmente sensible, adecuada para emplearla en la carga de una línea telefónica por ejemplo, conforme al presente invento, puede hacerse de un material semiconductor, como óxido de uranio, una mezcla de óxidos de níquel y de manganeso y boro o substancias similares, y construirse del modo explicado en la patente norteamericana nº 2.276.864, otorgada a G.L. Pearson.

En caso de usar una resistencia negativa distinta de un termistor, debe llevar asociados elementos cualesquiera de reactancia y resistencia necesarios para imprimirle una característica de banda de interrupción a alguna frecuencia por encima de la banda, como ya se ha dicho. Los termistores poseen tal característica inherente, pues pierden su efecto de resistencia negativo y se convierten en elementos de pérdida a frecuencias demasiado altas para las variaciones de temperatura que han de seguirse. Una resistencia puramente negativa a todas las frecuencias, o un termistor cuya resistencia negativa

177771

12 AB



5 sobrepare el orden de frecuencias deseado, puede dotarse de una característica de interrupción conectando en serie con él una resistencia positiva en paralelo con una inductancia. En términos más generales, puede emplearse una red como la indicada en la fig. 15 para conseguir la necesaria interrupción y obtener características apropiadas en toda la banda de transmisión. En casos particulares pueden eliminarse algunos elementos de la fig. 15.

10 La característica calculada de reactancia y resistencia de un termistor utilizado en realidad, se expone en la fig. 4 a título de ejemplo. Se observará que este termistor presentaba una característica de resistencia negativa por encima de la banda, desde cero hasta unos 8 kilociclos, y una resistencia positiva a frecuencias más altas.

15 Cuando se usan para cargar una línea de transmisión resistencias negativas o termistores de los tipos descritos, como en la fig. 1, por ejemplo, se espacian conforme la práctica general de carga, siendo el espacio máximo permisible dos unidades de carga por longitud de onda a la mayor frecuencias transmitida. En un caso ya utilizado, los termistores se espaciaron 24.000 piés en un par de cables de calibre 19, como muestra la fig. 1. Un espaciado más denso aproxima más a una línea lisa, en característica de transmisión, como ya se deja consignado. Comparada con la carga de carrete, la carga de resistencia negativa puede proporcionar velocidad mayor y algo más constante en toda la banda de transmisión. La carga de resistencia negativa puede suministrar además una atenuación menor, incluso inferior a cero, pero han de cumplirse ciertos requisitos en cuanto a estabilidad, como se dirá más adelante.

25

30 Aunque desde el punto de vista de disminuir el número de unidades de carga necesarias conviene un factor de espaciado de dos

177771

- 9 -

M 2 AB



cargas por longitud de onda, un espaciado más denso para determinada anchura de banda simplifica la igualación de impedancia en los bornes y aumenta el margen de estabilidad.

5 Una línea cargada con termistores puede dar una atenuación menor y más uniforme en toda la banda que la misma línea sin carga. Se evitan dificultades musicales usando resistencia negativa suficientemente menor numéricamente, para todas las frecuencias (incluso cero), que la resistencia positiva de la línea, lo que produce una atenuación positiva a todas las frecuencias.

10

En la fig. 5, la curva superior H es la gráfica de frecuencia de atenuación de un par de cables sin carga. La curva K indica el tipo de característica que puede obtenerse con carga de termistor, sin los igualadores -13- de la fig. 1, y con la resistencia negativa numéricamente inferior a la resistencia positiva de la línea a todas las frecuencias, incluso cero. Las curvas M y N designan características de las que pueden obtenerse conforme al presente invento, por ejemplo, usando igualores además de la carga de termistor o de resistencia negativa, y observando los requisitos de estabilidad que a continuación se exponen. La curva M se obtuvo con una corriente continua de 14 miliamperios en la línea, y la curva N con corriente de excitación de 13 miliamperios. La variación de corriente requerida para desviar la curva de este modo puede lograrse cambiando las resistencias -18- de la fig. 1. Se observará que las curvas M y N indican una atenuación más uniforme dentro de la banda, desde cero hasta unos 3 kilociclos, que la curva K, y en el caso de la curva N la atenuación es realmente negativa en la mayor parte de la banda, lo que significa una ganancia neta en este caso.

15

20

25

30

Las características de velocidad con frecuencia, para

177771.12 AB



5

una línea no cargada, cargada con termistor y cargada con carrete se exponen en la fig. 6. La velocidad de la línea cargada con termistor es mayor y más uniforme que la de la línea cargada con carrete, y, al menos a bajas frecuencias, es mayor que la de la línea descargada.

10

Cualquier sistema es estable en condiciones pasajeras si lo es en condiciones permanentes, desde cero hasta infinito. Una línea cargada es estable a todas las frecuencias, siempre que los componentes resistivos de sus impedancias de punto medio en serie y en derivación sean positivos para todas las frecuencias. Esto puede expresarse también diciendo que si la línea se corta por un punto de simetría (en el que la impedancia mirando un sentido es igual a la impedancia mirando en el opuesto), y su impedancia, vista desde ese punto, es tal que el componente resistivo resulta positivo para todas las frecuencias, la línea es estable.

15

20

En todo termistor hay una frecuencia por encima de la cual la resistencia efectiva es siempre positiva, por no poder ajustarse la respuesta térmica a la corriente alterna. Por encima de esta frecuencia, la red es siempre positiva, y, por consiguiente, estable. En su virtud, el orden de frecuencias que ha de explorarse en cuanto a estabilidad se reduce al margen dentro del cual es negativa la resistencia del termistor.

25

Como ejemplo ilustrativo, se hace referencia a las características de termistor señaladas en la fig. 4, y a las características de impedancia de circuito abierto y cortacircuito para una sección de línea que se exponen en la fig. 7, donde Z_{sc} designa la impedancia del cable sólo, vista desde el punto de carga mirando hacia un circuito corto en la mitad de la sección, y Z_{oc} la impedancia del cable sólo vista desde el punto de carga en dirección a un circuito abierto en la mitad de la sección.

30

177771

- 11 -

32 AB



Puede demostrarse, como en "Circuitos de transmisión para comunicación telefónica", de K.S. Johnson (D. Van Nostrand Company, Nueva York, N.Y., 1927, págs. 154-155), que la impedancia a media carga

5

$$Z_k = \sqrt{(Z_0 \tan h P/2 + \frac{1}{2} Z_c) (Z_0 \cot h P/2 + \frac{1}{2} Z_c)} \quad (1)$$

y la impedancia a media sección

$$Z_k^1 = Z_0 \cot h P/2 \sqrt{\frac{2Z_0 \tan h P/2 + Z_c}{2Z_0 \cot h P/2 + Z_c}} \quad (2)$$

donde Z_0 es la impedancia característica de la línea no cargada, P la constante de propagación por la sección de carga de la línea sin carga, y Z_c la impedancia de la unidad de carga en serie. Sin embargo,

15

$$\left. \begin{aligned} Z_{sc} &= Z_0 \tan h P/2 \\ Z_{oc} &= Z_0 \cot h P/2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

20 Por consiguiente,

$$Z_k = \frac{1}{2} \sqrt{(2Z_{sc} + Z_c) (2Z_{oc} + Z_c)} = \frac{1}{2} \sqrt{Z_A Z_B} \quad (4)$$

$$Z_k^1 = Z_{oc} \sqrt{\frac{2Z_{sc} + Z_c}{2Z_{oc} + Z_c}} = Z_{oc} \sqrt{\frac{Z_A}{Z_B}} \quad (5)$$

25

La constante de propagación $P^1 = \alpha^1 + j\beta^1$ por sección de línea cargada puede obtenerse de una de las siguientes ecuaciones:

$$\sin h \frac{P^1}{2} = \sqrt{\frac{Z_A}{2Z_{oc} - 2Z_{sc}}} = \sqrt{\frac{Z_A}{Z_B - Z_A}} \quad (6)$$

30

1777771

12 AB



$$\cos h P^1 = \frac{Z_B + Z_A}{Z_B - Z_A} = \frac{Z_C + Z_{sc} + Z_{oc}}{Z_{oc} - Z_{sc}} \quad (7)$$

Despejando Z_C ,

5

$$Z_C = -Z_{sc} (1 + \cos h P^1) - Z_{oc} (1 - \cos h P^1) \quad (8)$$

Así, para cualquier constante de propagación deseada P^1 puede deducirse el valor requerido para Z_C de la ecuación (8). Para una atenuación cero ($\alpha^1 = 0$), $\cos h P^1 = \cos \beta^1$, y

10

$$Z_C = -Z_{sc} (1 + \cos \beta^1) - Z_{oc} (1 - \cos \beta^1) \quad (9)$$

$$\beta^1 = \frac{2\pi f}{v^1}$$

15

donde v^1 es la velocidad de propagación de la línea cargada.

En la tabla siguiente se exponen tres soluciones particulares que pueden obtenerse de la ecuación (9):

20

β^1	$\cos \beta^1$	Z_C
0°	1	$-2Z_{sc}$
90°	0	$-(Z_{sc} + Z_{oc})$
180°	-1	$-2Z_{oc}$

Las normas de estabilidad en circuitos dotados de impedancias negativas se exponen en la patente norteamericana n° 2.099.769, otorgada a Harry Nyquist el 23 de noviembre de 1937, donde se demuestra que:

25

1) Un circuito en serie es estable cuando un trazado de las partes reales respecto a las imaginarias de la impedancia total, en la comba en serie, no incluye el origen.

30

2) Un trazado del producto de dos factores de impedancia no incluye el origen, siempre que el trazado de cada uno de los dos factores de impedancia, tomados separadamente, tampoco

177771 112



co lo incluya.

5 Las normas de estabilidad de una línea cargada en serie pueden determinarse, por lo tanto, examinando los trazados de Z_A y Z_B ; si ninguno de ellos incluye el origen, la línea es estable. En general, pero no necesariamente, esto significa que el componente resistivo de Z_A y Z_B debe ser positivo siempre que el componente de reactancia sea cero, pero puede ser negativo para otros valores de reactancia.

10 El componente de reactancia de $2Z_{sc}$ con corriente continua es cero, y para frecuencias bajas se hace inductivo. La reactancia del termistor con corriente continua es también cero, y para bajas frecuencias se vuelve inductiva. De aquí se sigue entonces que la resistencia negativa introducida por la
15 unidad de carga a frecuencia cero, no debe ser numéricamente mayor que la resistencia positiva de la sección de línea, si ha de evitarse la inestabilidad, porque en ese caso la pérdida sería menor que cero en un circuito de reactancia cero.

Además, considerando primero solamente la reactancia Z_{sc} , por lo menos dentro de la región de baja frecuencia
20 donde tanto esta reactancia como la reactancia de carga son inductivas, el circuito indicado por Z_A es estable aun con una resistencia negativa de red, pues la fase no puede ser cero.

El componente de reactancia de $2Z_{sc}$ cambia de signo en las proximidades de 8 kilociclos para la línea y el espacio-
25 do que se señalan en esta figura, haciéndose capacitiva a partir de allí sobre un amplio margen de frecuencias. El componente de reactancia del termistor es progresivamente inductivo en la región de frecuencias en que la reactancia de $2Z_{sc}$ se vuelve capacitiva, de modo que el efecto de red de ambos se traduce en
30 un aumento de la frecuencia a que el valor de reactancia resultante llega a cero. Para evitar el zumbido, es necesario que la



resistencia de red de la unidad de carga más la sección de línea se vuelva positiva antes de alcanzar esta frecuencia.

Considerando solamente Z_A , se tiene el siguiente requisito:

5 a) A frecuencia cero, la resistencia negativa de la unidad de carga debe ser menor en magnitud que la resistencia a la corriente continua por sección de carga de la línea de transmisión no cargada.

10 b) A frecuencias distintas de cero, la resistencia negativa de una unidad de carga puede tener un valor cualquiera, siempre que se ajusten bien los valores de reactancia.

Volviendo ahora al otro factor Z_B , el valor de Z_{OC} a frecuencia cero es grande, pues es la resistencia del aislamiento entre los alambres a la corriente continua. Por encima de la frecuencia cero, el componente de reactancia de Z_{OC} es muy grande durante una fracción de ciclo por segundo, disminuye en magnitud al subir la frecuencia, y alcanza cero a unos 16 kilociclos para la línea trazada en esta figura. Esta reactancia es capacitiva, de suerte que el efecto de la reactancia inductiva en serie de la carga con termistor, consiste en reducir la reactancia total a cero a una frecuencia inferior a 16 kilociclos. Por consiguiente, hace falta que la resistencia de la unidad de carga más el componente resistivo de $2Z_{OC}$ tomen un valor positivo al subir la frecuencia, antes de llegar a esta frecuencia de reactancia cero. A frecuencias más bajas, la resistencia negativa de un valor de carga puede tener cualquier valor que no exceda de la resistencia del aislamiento a la frecuencia cero.

30 Del razonamiento que precede se desprende que la frecuencia con que la resistencia del termistor cambia de negativa a positiva debe aproximarse y mejor quedar por debajo de la fre-

177771

- 15 -

12 ABR



cuencia inferior de las dos consideradas.

Puede demostrarse que para obtener una atenuación baja o nula los componentes reactivos de Z_A y Z_B deben tener signos opuestos, y que el componente resistivo de Z_B debe ser negativo. Para una unidad de carga con resistencia negativa y reactancia inductiva suficiente, Z_A da el valor límite evidente de la resistencia negativa a frecuencia cero, y Z_B da el espaciado usual requerido de dos o más unidades de carga por longitud de onda. Estos dos factores podrían haberse obtenido o inferido de razonamientos teóricos conocidos, pero, además, el método aquí explicado lleva a las siguientes conclusiones:

1) En la banda de frecuencias comprendida entre las dos frecuencias para las cuales la desviación de fase por sección de carga es de cero grados y 180° , respectivamente, la impedancia de una unidad de carga puede tener cualquier valor que se quiera. Por consiguiente, puede destinarse una unidad de carga a dar cualquier característica particular de atenuación, positiva, cero o negativa, y cualquier característica de velocidad posible.

2) Para conseguir estabilidad, la resistencia negativa de la unidad de carga que corresponde a una desviación de fase de 180° no sólo debe ser menor en magnitud que la resistencia en serie de los conductores, sino también menor que el componente resistivo de la impedancia Z_{∞} .

Para darse una idea más clara de lo que pueden ser las características del termistor, sin descuidar los requisitos de estabilidad, en las figs. 8 y 9 se han trazado gráficas que representan las inversas de las curvas de impedancia en circuito abierto y en circuito corto, de la sección de línea. La superficie comprendida entre las dos curvas de reactancia de la fig. 8 se ha rayado, igual que la comprendida entre el

177771

12 ABR



eje cero y las curvas de resistencia en la fig. 9, que más se aproximan a dicho eje, y también el área positiva situada encima del eje cero. Las normas generales en cuanto a estabilidad con referencia a estas curvas pueden formularse como sigue:

5

1) El componente de resistencia de la impedancia del termistor puede tener cualquier valor positivo o negativo, siempre que el componente de reactancia quede dentro de la porción rayada entre las curvas de reactancia (fig. 8); y

10

2) El componente de reactancia de la impedancia del termistor puede tener un valor cualquiera, siempre que el componente de resistencia sea positivo o no más negativo de lo que indica la superficie sombreada del plano de resistencia (fig. 9).

15

Por consiguiente, a las frecuencias a que se cruzan las dos curvas de reactancia, el componente de resistencia debe quedar dentro de la superficie rayada (fig. 9). Suponiendo, por ejemplo, que un termistor tiene una característica de reactancia A que comienza en cero y cruza la curva límite $-2Z_{oc}$, fig. 8, a 6 kilociclos, la curva de resistencia debe tener a

20

la frecuencia cero un valor numéricamente inferior a unos -380 ohmios, que es el valor de resistencia a la corriente continua de la curva de resistencia $-2Z_{sc}$, y debe entrar en la zona sombreada (fig. 6) a una frecuencia inferior a 6 kilociclos. Así, pues, su forma puede semejar a B. Si el termistor tiene una

25

curva de resistencia C, su característica de resistencia podría presentar (entre otras) una forma como la de la curva D, que a su vez es la resultante de la curva (supuesta) del termistor mismo E y otra del igualador que introduce la pérdida necesaria con corriente continua y disminuye la merma a frecuencias más altas.

30

Las relaciones que importa considerar, por consi-

177771

- 17 -



12 ABR

5 guiente, son: 1), la resistencia a la corriente continua del termistor con respecto al componente de resistencia a la corriente continua de $-Z_{\infty}$; y 2), la resistencia del termistor a la frecuencia a que la reactancia del termistor cruza de dentro a fuera la zona sombreada que limitan las curvas de reactancia. En cuanto a 1), si la resistencia del termistor a la corriente continua es numéricamente mayor que el componente de resistencia a la corriente continua de $-Z_{\infty}$, puede emplearse una resistencia en serie derivada por la capacidad (igualador
10 -13-), para reducir al valor conveniente la resistencia negativa a la corriente continua, como indican las curvas D y E. Respecto a 2), la resistencia del termistor debe hacerse numéricamente menor que el componente de resistencia de $-Z_{\infty}$ a una frecuencia inferior a aquella a que la resistencia del termistor sale de la superficie sombreada que limitan las curvas de
15 reactancia. A todas las frecuencias comprendidas entre estas dos frecuencias críticas, la resistencia del termistor puede tener teóricamente cualquier valor, y esto permite un trazado que proporciona una ganancia neta de red con características
20 uniformes de atenuación y de velocidad en gran parte de la banda, sin inestabilidad.

La fig. 10 es análoga a la fig. 5, pero está trazada a una escala logarítmica de frecuencias, y muestra otras características a título de comparación. Las curvas A y B son del
25 mismo tipo general que las curvas M y N de la fig. 5. Ambas señalan características que pueden lograrse con unidades de carga integradas por el termistor -12- y la red -13- de la fig. 1, o por una resistencia puramente negativa y redes del tipo expuesto en la fig. 11. En esta última figura, el elemento -22-
30 puede ser cualquier resistencia negativa en serie, como las conocidas, que utilizan válvulas de vacío convenientemente conec-

12 ABR.



tadas. Uno de estos circuitos se especifica en la patente norteamericana nº 2.236.690 concedida a R.C. Mathes el 12 de Abril de 1941, dispuesto para introducir resistencia negativa en serie; la red -23- puede ser análoga a las redes -13- antes mencionadas, y la red -24- de tipo apropiado para comunicar a la unidad de carga un efecto de interrupción en virtud del cual la resistencia negativa disminuya a medida que aumente la frecuencia y se haga positiva a una frecuencia situada por encima del borde superior de la banda.

La curva C de la fig. 10 es parecida a la curva H de la fig. 5. La curva D representa la pérdida mínima aproximada que puede conseguirse con carga de resistencia puramente negativa sin que la línea deje de ser estable. La curva E es la característica para cargar de resistencia puramente negativa, cuando la resistencia negativa es igual a la resistencia de la línea a la corriente continua. El zumbido se produce en este caso particular a unos 13 kilociclos. (Con la escala usada en esta figura, parece como si la curva E coincidiese con el eje horizontal desde 1 kilociclo a cero, pero, en realidad, la curva no llega efectivamente a cero hasta que la frecuencia se reduce a cero).

En lugar de las redes -13- en serie de la fig. 1, pueden usarse redes en derivación del tipo -13¹- indicado en la fig. 12, si se quiere. Estas no ejercen acción de derivación con corriente continua, y muy poca a frecuencias próximas a cero, pero el efecto de derivación aumenta con la frecuencia. Por consiguiente, sirven para agudizar la interrupción del termistor.

Se indicó antes que el componente resistivo de la impedancia de carga debía quedar dentro de la zona rayada de la fig. 9 en los puntos de cruce de las curvas de reactancia de la fig. 8 (10,3 kilociclos, 25,3 kilociclos, etc.), si la línea ha de ser estable. La fig. 13 muestra una red de varias secciones, suscep-

177771

- 19 -

177771

12 AB



5 tible de usarse en serie con las redes -13- de la fig. 1, pe-
ro que puede dotarse de una característica de pérdida como in-
dica en general la fig. 14, con crestas de pérdida a 10,3 ki-
lociclos, 25,3 kilociclos, etc., de manera que el componente
resistivo de la impedancia de carga quede en la zona sombreada
de la fig. 9 a estas frecuencias de cruce. Esto se logra po-
niendo en antirresonancia las secciones sucesivas -25-, -26-
a estas frecuencias de cruce, para introducir pérdida máxima en
correspondencia con las mismas. La agudeza de las crestas de
10 pérdida puede regularse por el valor de la resistencia empleada
en estas secciones de red. La red puede comprender más de las
dos secciones indicadas. Entre estas frecuencias de cruce, la
red introduce sólo una merma pequeña (idealmente cero), para po-
der transmitir eficazmente por estas bandas intermedias.

15 Como el efecto de resistencia negativo de un termis-
tor se determina por su temperatura, como un factor, las unida-
des de carga por termistor están sujetas a las variaciones de la
temperatura ambiente. Los cambios de característica de trans-
misión de la línea a consecuencia de variaciones de temperatura
20 en los conductores de cobre y en las unidades de carga por ter-
mistor pueden compensarse empleando otras unidades de termistor
relativamente insensibles, intercaladas a intervalos en los con-
ductores de la línea. Estas unidades responderán a las condi-
ciones de temperatura ambiente, pero son bastante sólidas para
25 permanecer casi indiferentes a las corriente de influencia, de
señales u otras de la línea. Pueden insertarse en cualquier pun-
to de carga, o a intervalos de menos frecuencia.

-----: N O T A :-----

30 Se reivindica como objeto de esta patente:

1.- Un sistema de transmisión de señales eléctricas

177771

- 20 -

177771

12 AB



5 con línea de transmisión cargada, que comprende una línea de transmisión con unidades de carga de resistencia negativa intercaladas a intervalos en toda su longitud, estando estas unidades de carga establecidas de modo que proporcionen un efecto de impedancia negativo de magnitud apreciable dentro del orden de frecuencia de las señales que se transmiten, pero decreciente a medida que aumenta la frecuencia, hasta llegar a un valor cero o insignificante a frecuencias superiores a las comprendidas dentro del margen de frecuencia de las señales.

10 2.- Un sistema de transmisión de señales eléctricas según la reivindicación 1, en el que el efecto de impedancia negativo de las unidades de carga disminuye hasta cero a una frecuencia mayor que las comprendidas dentro de la zona de frecuencias de las señales, y se sustituye eficazmente por una impedancia positiva a frecuencias aún más altas.

15 3.- Un sistema de transmisión de señales eléctricas según las reivindicaciones 1 o 2, en el que el efecto de impedancia negativo de las unidades de carga baja hasta cero o un valor inapreciable antes de que la desviación de fase, al aumentar la frecuencia, llegue a 180º en las secciones cargadas de la línea.

20 4.- Un sistema de transmisión de señales eléctricas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que las unidades de carga comprenden elementos de impedancia con un coeficiente térmico de resistencia negativo, y suficientemente sensibles para que su temperatura y su resistencia varíen de manera que suministren un efecto de resistencia negativo en respuesta a corrientes de señales dentro del orden de frecuencias que se transmite, siendo en cambio cada vez menos sensibles a frecuencias mas altas.

25 30 5.- Un sistema de transmisión de señales eléctricas

177771

- 21 -

ABR.



según la reivindicación 4, en el que se insertan en la línea
elementos complementarios de impedancia relativamente insen-
sibles y de coeficiente térmico negativo, los cuales no res-
ponden a las corriente de señales, pero sí a las condiciones
5 de temperatura ambiente, para compensar las variaciones de re-
sistencia de la línea con cambios de temperatura.

6.- Un sistema de transmisión de señales eléctricas
según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que las
unidades de carga comprenden circuitos de válvulas de vacío u
10 otros, dotados de propiedades de resistencia negativa, y aso-
ciados con elementos de impedancia para reducir a cero o a un
valor insignificante el efecto de impedancia negativo de las
unidades de carga, a frecuencias superiores a las comprendidas
dentro del orden de frecuencias de señales.

7.- Un sistema de transmisión de señales eléctri-
cas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que
las unidades de carga de resistencia negativa tienen redes
15 igualadoras para regular la forma de su característica de trans-
misión dentro del orden de frecuencias de señales.

8.- Un sistema de transmisión de señales eléctricas,
20 con líneas de transmisión cargadas.

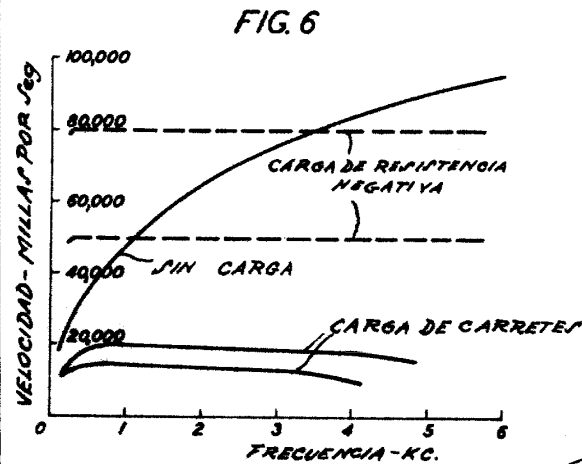
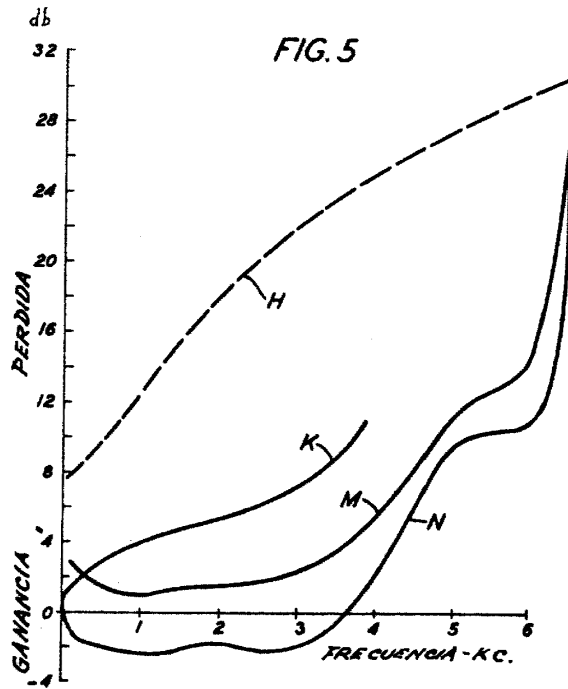
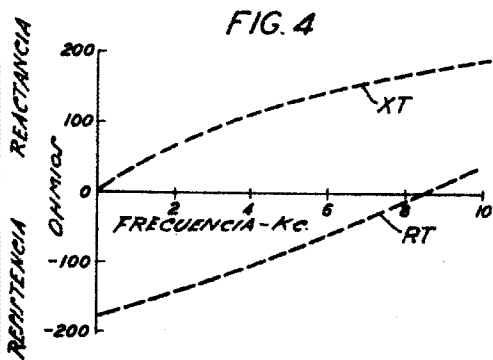
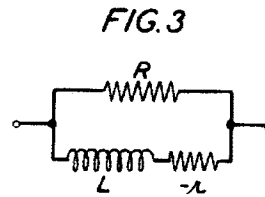
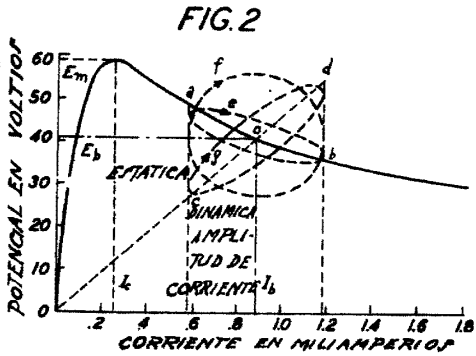
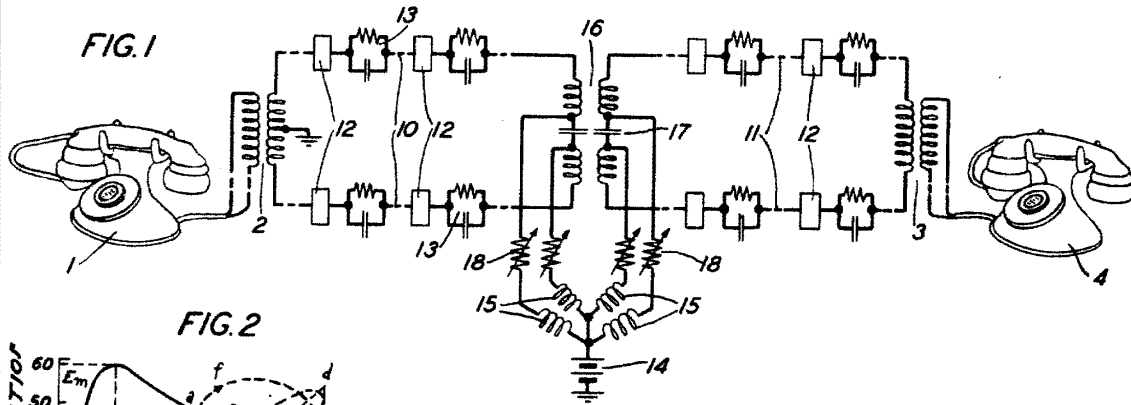
Esta memoria consta de veintiuna página, escrita
por una sola cara.

BARCELONA, 12 ABR. 1947
P.A.

12 ABR



144441



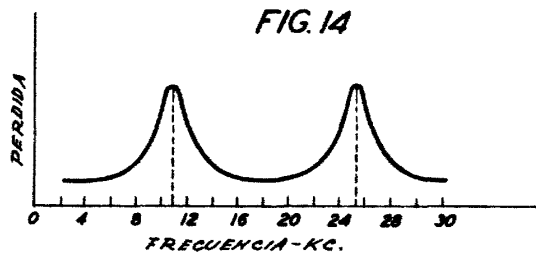
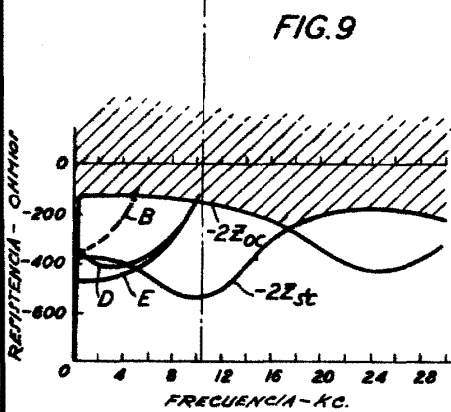
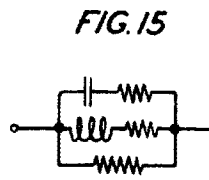
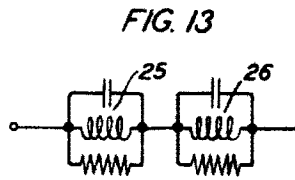
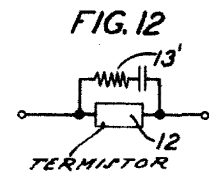
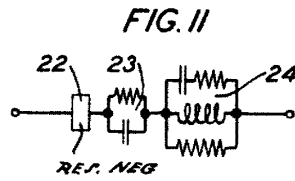
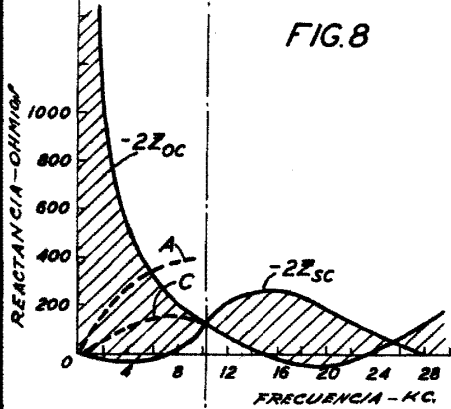
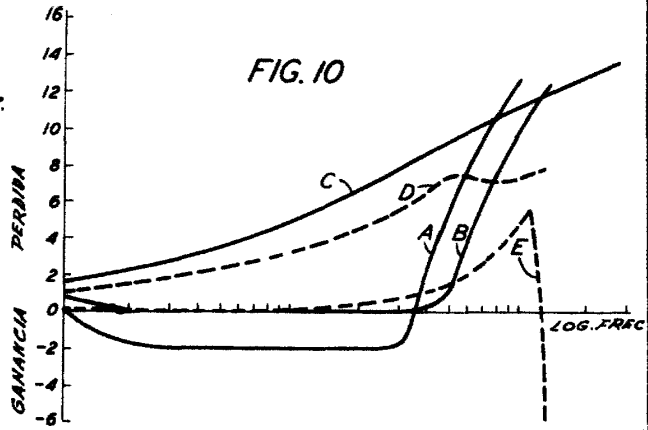
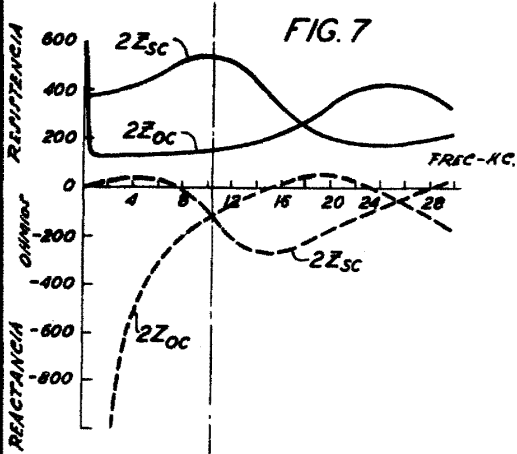
P.A.
[Signature]

477771

12 APR



174441



P. A.
[Signature]