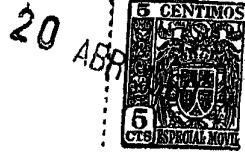


JE.

257690



PATENTE DE INVENCION

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED, de naciona-
lidad norteamericana, domiciliada en NEW YORK (E. U.) -
195, Broadway,

por:

"Repetidor de impedancia negativa".

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

Este invento se refiere a la transmisión de on-
das, y más concretamente a un repetidor de impedancia
negativa bidireccional, apropiado para funcionar entre
impedancias desiguales.



El objeto principal del invento es reducir o eliminar la reflexión en un extremo de un repetidor bidireccional que funciona entre impedancias terminales desiguales. Otro objeto más es aumentar la anchura de la banda dentro de la cual es posible obtener una paridad de impedancias.

Los repetidores de dos direcciones se requieren a menudo en sistemas de transmisión de ondas, tales como las líneas de transmisión cargadas de frecuencia vocal. Pueden situarse en el extremo de la línea o en un punto intermedio. Para reducir efectos de reflexión y silbidos en el sistema, es importante que el repetidor se ajuste bien a la impedancia terminal, por lo menos en un extremo, dentro de una amplia banda de frecuencias. Esto es a veces difícil cuando el repetidor funciona entre impedancias terminales desiguales, especialmente si una de ellas o ambas son complejas.

De conformidad con el presente invento, un repetidor bidireccional, con impedancias terminales de valores diferentes, conectadas a sus extremos respectivos, tiene una impedancia aparente elegida de tal modo, con relación a las impedancias terminales y a la constante de propagación del repetidor, que se obtiene una paridad de impedancias entre el repetidor y una de las impedancias terminales, sobre una amplia banda de frecuencias. La impedancia aparente requerida tiene uno de cuatro valores, determinados por las impedancias terminales y la ganancia del repetidor. Éste se puede construir en celosía, en puente de T u otra estructura equivalente, y en general requiere dos o más convertidores de impedancia negativa.



La naturaleza del invento y sus diversos objetos, características y ventajas se apreciarán mejor por la siguiente descripción detallada de las formas típicas de realización representadas en los adjuntos planos, en los cuales indican:

La figura 1, un esquema de un repetidor de impedancia negativa conforme al invento, que funciona entre impedancias desiguales.

La figura 2, una serie de gráficas que muestran las características de frecuencia de la resistencia y la reactancia de impedancias terminales tomadas como ejemplo.

La figura 3, la resistencia R_{IA} y la reactancia X_{IA} de una impedancia aparente Z_{IA} adecuada para el repetidor.

La figura 4, una red simétrica de celosía, y

La figura 5, una red equilibrada de puente en T, adecuadas para el repetidor de la figura 1.

Las figuras 6 y 7, impedancias adecuadas, respectivamente, para que las impedancias $-Z_a$ y $-Z_b$ de la figura 4 den Z_{IA} .

La figura 8, una comparación gráfica de la impedancia del repetidor terminado y la impedancia terminal que ha de igualarse.

La figura 9, la resistencia R_{IB} y la reactancia X_{IB} de otra impedancia aparente Z_{IB} adecuada para el repetidor; y

Las figuras 10 y 11, impedancias adecuadas respectivamente para que las impedancias $-Z_a$ y $-Z_b$ den Z_{IB} .



En los gráficos de las figuras 2, 3, 8 y 9, las ordenadas representan la resistencia o la reactancia en ohmios y las abscisas la frecuencia en ciclos por segundo.

5 En la figura 1 se expone un repetidor bidireccional 1 de impedancia negativa, con una impedancia Z_1 conectada a los terminales 2-3 y una impedancia Z_2 conectada a los terminales 4-5. Las impedancias Z_1 y Z_2 son desiguales, y cualquiera de ellas, o las dos, pueden ser complejas.

10 Se supone que interesa reducir la reflexión al mínimo en los terminales 2-3. Por tanto, debe verse la misma impedancia mirando en una u otra dirección desde esos terminales. Para ello, es necesario que

$$Z_1 = Z_I \left[\frac{Z_2 + Z_I \operatorname{tang} \theta}{Z_I + Z_2 \operatorname{tang} \theta} \right] \quad (1)$$

15 donde θ es la constante de propagación del repetidor 1, con signo negativo. De la ecuación (1) resulta

$$Z_I^2 = \frac{Z_I (Z_1 - Z_2)}{\operatorname{tang} \theta} + Z_1 Z_2 \quad (2)$$

y

$$Z_I = \pm \left[\frac{Z_1 - Z_2}{2 \operatorname{tang} \theta} \pm \sqrt{\left[\frac{Z_2 - Z_1}{2 \operatorname{tang} \theta} \right]^2 + Z_1 Z_2} \right] \quad (3)$$

20 Se ve por la ecuación (3) que hay dos posibilidades de \pm al evaluar Z_I , que por ello puede tener uno de cuatro valores diferentes. Estos valores se determinan eligiendo ambos signos como +, ambos como -, el pri-



257690

mero como + y el segundo como -, o el primero como - y el segundo como +. Sin embargo, para facilitar la síntesis de la red, los signos se eligen, con preferencia, de modo que la parte real de Z_1 sea positiva en la escala de frecuencias que interese.

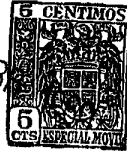
A continuación se expone un ejemplo en el que las impedancias terminales Z_1 y Z_2 son ambas complejas. Las curvas de trazos de la figura 2 muestran la resistencia R_1 y la reactancia X_1 de la impedancia Z_1 . Las curvas continuas designan la resistencia R_2 y la reactancia X_2 de la otra impedancia Z_2 . Estas características se inscriben en una gama de frecuencias de 100 a 10000 ciclos por segundo, a escala logarítmica. La impedancia Z_1 es la típica que se encuentra en el extremo de la central de un cable telefónico. La resistencia R_1 es constante a 900 ohmios, y la reactancia X_1 es la de un condensador con un valor de dos microfaradios. La impedancia Z_2 representa la de un cable largo cargado, de calibre 22, con una red suplementaria en el extremo próximo y una terminación de impedancia aparente en el extremo opuesto. Se aprecia que hay alguna irregularidad de R_2 y X_2 en las proximidades de 3500 ciclos, frecuencia límite del cable.

Supóngase que el repetidor 1 tiene una ganancia uniforme de 0,7 neper (alrededor de 6 decibeles) y una desviación desdeñable de fase en la banda que interesa. Por consiguiente, la constante de propagación es

$$\theta = -(0.7 + j0) = -0.7 . \quad (4)$$

Se deduce ahora una posible impedancia aparente Z_{1A} de la

20 AB



ecuación (3) substituyendo θ por -0.7 , y eligiendo como signo $+$. Las curvas de la figura 3 muestran la resistencia requerida R_{IA} , que es positiva, y la reactancia X_{IA} , que es negativa.

5 El siguiente paso es sintetizar la red del repetidor. La figura 4 muestra una configuración adecuada, la de una estructura simétrica en celosía con dos ramas iguales en serie, cada una de impedancia Z_a , y dos ramas diagonales iguales, cada una de impedancia Z_b . Para simplificar el dibujo, solo se expone en detalle una serie y una rama diagonal. Las demás se indican por líneas de trazos que conectan los terminales adecuados. Estas impedancias se deducen de la impedancia aparente y de la constante de propagación, empleando las relaciones

15
$$Z_a = Z_{IA} \operatorname{tang} \frac{\theta}{2} \quad (5)$$

$$Z_b = Z_{IA} \operatorname{cotang} \frac{\theta}{2} \quad (6)$$

Como θ es negativa, tanto Z_a como Z_b tendrán partes reales negativas. Las impedancias con partes reales negativas se obtienen fácilmente por medio de cuatro convertidores de impedancia negativa, cada uno de ellos con una relación de conversión de impedancia aproximadamente igual a -1 . Cada rama en serie de la celosía comprende un convertidor 8 terminado en una impedancia $-Z_a$. Cada rama diagonal comprende un convertidor 9 terminado en una impedancia $-Z_b$.

La figura 5 muestra una red equilibrada en T, equivalente a la celosía de la figura 4, que puede emplearse para el repetidor 1. La rama en puente comprende un arrollamiento 11 acoplado a cada uno de dos arrolla -



mientos en serie 12 y 13 a los dos lados de la línea,
y un convertidor 14 de impedancia negativa terminado en
una impedancia $-Z_a$. La rama en derivación, conectada
entre los puntos medios de los arrollamientos en serie
5 12 y 13, comprende un segundo convertidor 15 de impedan-
cia negativa terminado en una impedancia $-Z_b/2$.

Una buena simulación de la impedancia $-Z_a$ en la
banda que interesa puede obtenerse mediante la rama de
impedancia $-Z_{a1}$ representada en la figura 6, la cual com-
10 prende una resistencia R_1 en serie con la combinación
paralela de una segunda resistencia R_2 y un condensador
 C_1 . La impedancia $-Z_b$ o $-Z_b/2$ puede simularse de modo
satisfactorio mediante la rama $-Z_{b1}$ expuesta en la figu-
ra 7, la cual comprende la combinación en serie de una
15 resistencia R_3 y un condensador C_2 en serie con la com-
binación paralela de una resistencia R_4 y un condensa-
dor C_3 . Uno o varios de los componentes se pueden hacer
ajustables, como indican las flechas, para poder graduar
la ganancia del repetidor o permitir cambios en las im-
20 pedancias Z_1 y Z_2 .

Las curvas de la figura 8 muestran lo bien que
la impedancia del repetidor terminado liguala la impedan-
cia terminal Z_1 . Las curvas continuas R y X son la re-
sistencia y la reactancia, respectivamente. La resis-
25 tencia R_1 y la reactancia X_1 de la impedancia Z_1 se han
inscrito en líneas de trazos para servir de comparación.
Se ve que las paridades resistiva y reactiva son exce-
lentes en la banda vocal, y están bastante próximas por
fuera de la banda para evitar silbidos. Naturalmente,
30 la paridad puede ser más aproximada añadiendo elementos

257 690



a las impedancias $-Z_{a1}$ y $-Z_{b1}$.

La figura 9 muestra otra posible impedancia aparente Z_{IB} , deducida de la ecuación (3) eligiendo el signo -. En este caso también la resistencia R_{IB} es positiva, y la reactancia X_{IB} negativa. Esta impedancia aparente puede aproximarse mucho en la red de celosía de la figura 1, si la impedancia $-Z_a$ es simulada por la rama de impedancia $-Z_{a2}$ expuesta en la figura 10, que es simplemente una resistencia R_5 , y la impedancia $-Z_b$ se simula con la rama de impedancia $-Z_{b2}$, que comprende una resistencia R_6 y un condensador C_4 en serie, como muestra la figura 11. Desde luego, la aproximación puede hacerse mayor agregando elementos a $-Z_{a2}$ y $-Z_{b2}$,

En las dos formas de realización descritas, los valores requeridos de las resistencias en ohmios y de los condensadores en microfaradios son

- $R_1 = 273$
- $R_2 = 725$
- $R_3 = 2485$
- $R_4 = 1232$
- $R_5 = 300$
- $R_6 = 2660$
- $C_1 = 2.33$
- $C_2 = 0.416$
- $C_3 = 0.432$
- $C_4 = 0.664$

Debe entenderse que las disposiciones aquí reseñadas son solo ilustrativas de la aplicación de los principios del invento. Los entendidos en la materia

257890



pueden idear muchas otras sin apartarse del espíritu y alcance del invento.

N O T A
=====

Se reivindica como objeto de esta patente:

5 1) Repetidor bidireccional de impedancia negativa y con impedancias terminales de valores diferentes conectadas a sus extremos respectivos, caracterizado porque la impedancia aparente del repetidor, se elige con relación a las impedancias terminales y a la constante
10 de propagación del repetidor, de tal modo que se obtenga una paridad de impedancia entre el repetidor y una de las impedancias terminales, dentro de una amplia banda de frecuencias.

15 2) Repetidor bidireccional conectado según la reivindicación 1, caracterizado porque el repetidor se construye y dispone de manera que se obtenga una ganancia substancialmente constante en la amplia banda de frecuencias.

20 3) Repetidor bidireccional conectado según la reivindicación 2, caracterizado porque la impedancia aparente se escoge, con relación a las impedancias terminales y a la ganancia del repetidor, de modo que iguale la impedancia del punto de mando del repetidor con una de las impedancias terminales, dentro de la banda de
25 frecuencias.

4) Repetidor bidireccional conectado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la impedancia aparente está elegida, con relación a una de las impedancias terminales y a la ga-

20



nancia del repetidor, de modo que se obtenga una impedancia en el punto de mando, al otro extremo del repetidor, substancialmente igual a la otra impedancia terminal en la banda de frecuencias.

- 5) Repetidor bidireccional conectado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque no existe reflexión en un extremo que tiene una impedancia terminal Z_1 en la banda, y la impedancia aparente del repetidor es aproximadamente igual a

$$\pm \left[\frac{Z_1 - Z_2}{2 \tan \theta} \pm \sqrt{\left[\frac{Z_2 - Z_1}{2 \tan \theta} \right]^2 + Z_1 Z_2} \right]$$

10 en la banda, donde θ es la constante de propagación del repetidor.

- 6) Repetidor bidireccional conectado según la reivindicación 5, caracterizado porque cada uno de los signos \pm se toma como +.

- 7) Repetidor bidireccional conectado según la reivindicación 5, caracterizado porque cada uno de los signos \pm se toma como -.

- 8) Repetidor bidireccional conectado según la reivindicación 5, caracterizado porque una de las impedancias terminales es compleja.

- 9) Repetidor bidireccional conectado según la reivindicación 5, caracterizado porque θ tiene una parte real negativa.

- 10) Repetidor bidireccional conectado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque comprende una estructura simétrica en ce-



losía, la cual incluye al menos dos convertidores de impedancia negativa.

5 11) Repetidor bidireccional conectado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque comprende una estructura Ten puente equilibrada, que incluye al menos dos convertidores de impedancia negativa.

12) Repetidor de impedancia negativa.

10 Esta memoria consta de once páginas escritas por una sola cara.

20 ABR. 1960

BARCELONA,

P. A.

R.A.
 JOSÉ M. BOLIVAR
 P. R.

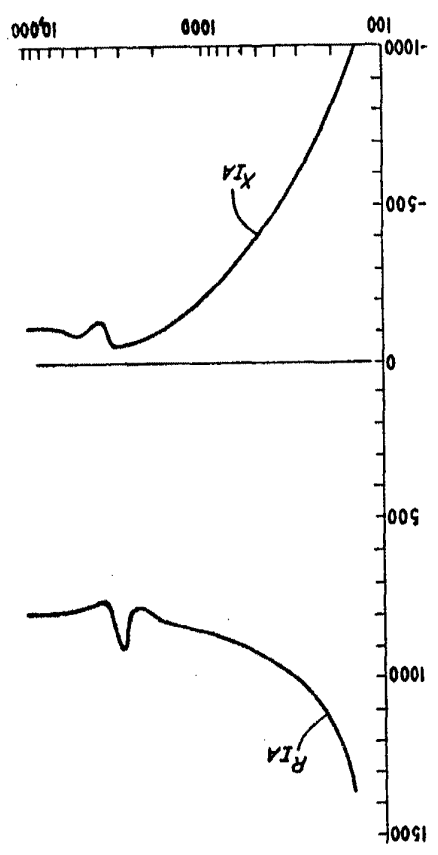


FIG. 3

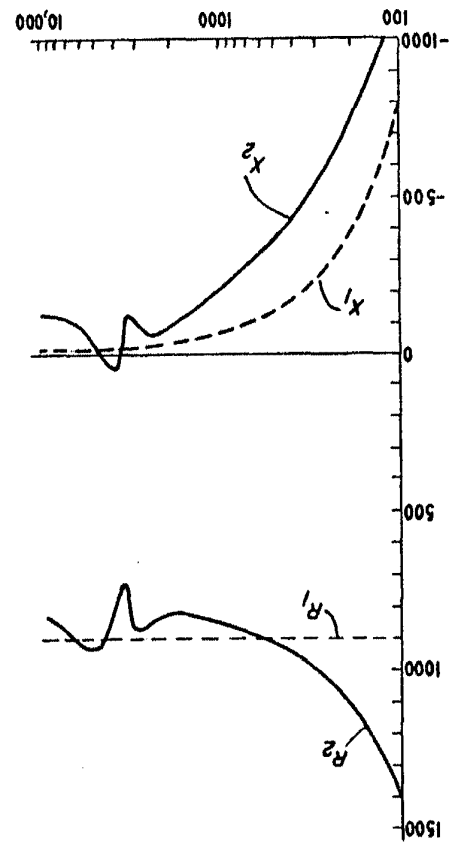


FIG. 2

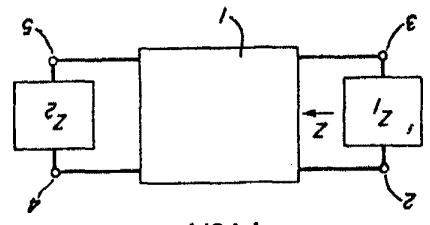


FIG. 1

257690



De Monte - Kofp - 0-1

3 HOLLAS HOLA 1

WESTERN ELECTRIC CO. INC.



De Monte-Kopp-8-1

257 690

FIG. 4

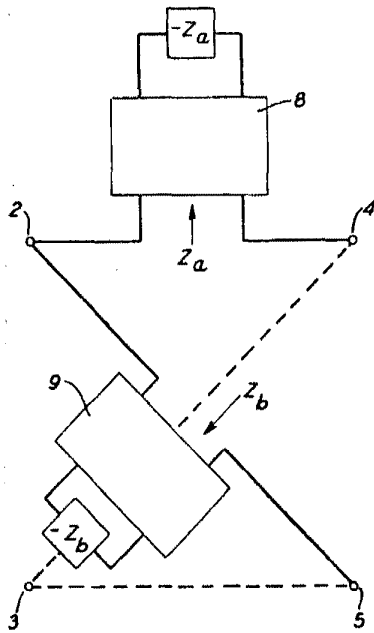


FIG. 5

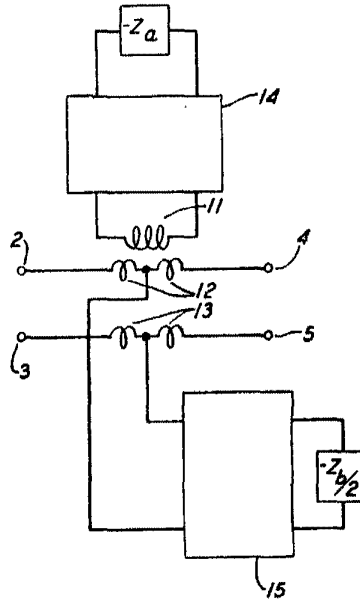


FIG. 6

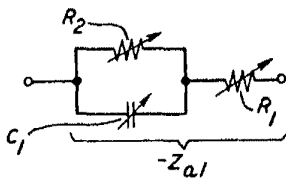


FIG. 7

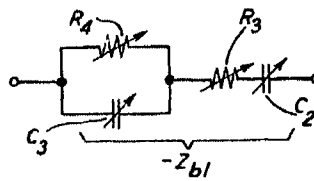


FIG. 10

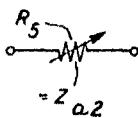
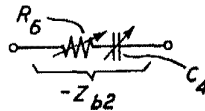


FIG. 11



Handwritten signature and scribbles at the bottom of the page, including the name 'JOSE M. ...' and initials 'P.P.'.

