



Memoria descriptiva que se acompaña á la Solicitud de Patente de Invención por VEINTE años á favor de The General Electric Company Limited, residente en Londres (Inglaterra), por "EQUILIBRIOS DE LINEAS PARA CIRCUITOS DE TELEFONOS CARGADOS", presentada en el Ministerio de Trabajo, Comercio é Industria.

Este invento se relaciona con los equilibrios de líneas para circuitos de teléfonos cargados. El problema de obtener unos equilibrios de líneas satisfactorios estriba en lograr ó idear alguna combinación, relativamente sencilla y económica, de elementos de impedancia, que tenga con todas las frecuencias telefónicas una impedancia casi igual que la del extremo transmisor de la línea real.

El objeto de dicho invento es el de proporcionar unos equilibrios de línea mejoradas cuya impedancia se asemeja mucho, en el campo de frecuencias telefónicas, á la frecuencia de un cable cargado que (1) termine en media bobina cargadora, ó en un considerable campo de terminaciones de bobina fraccionales (2) que termine en media sección de cable ó en un campo considerable de terminaciones de cable fraccionales. Por sección de cable debe entenderse la longitud de cable entre dos bobinas cargadoras.

Los equilibrios con arreglo al invento consisten en unas disposiciones de elementos que tengan inductancia, capacidad y resistencia, cuyos valores se pueden determinar en términos de las constantes de la línea que se haya de equilibrar, como más adelante veremos en detalle.

Dos equilibrios de líneas primarios se describirán en esta Memoria, siendo el primero de ellos, principalmente, un equilibrio de terminación de media bobina, aunque adaptable para equilibrar al cable por un considerable campo de terminaciones de



bobina fraccionales, en tanto que el segundo es principalmente un equilibrio de medio cable asimismo adaptable para equilibrar la línea por un considerable campo de terminaciones de cable fraccionales.

Consideremos la impedancia de un cable cargado terminado en una media bobina cargadora, y sea n la frecuencia, H la inductancia de cada una de las bobinas cargadoras, ℓ la distancia entre esas bobinas cargadoras, C la capacidad por longitud de unidad de la línea, y R la resistencia de longitud de unidad. Si la inductancia de la línea, aparte de las bobinas cargadoras, fuese despreciable, se sabe que la impedancia de una línea infinita, partiendo del punto central de una bobina cargadora, se da aproximadamente por:

$$Z = \sqrt{\frac{H}{C \ell} - \frac{H^2 p^2}{4} - \frac{j R}{p C}} \quad (1)$$

siendo

$$p = 2 \pi n \quad \text{y} \quad j = \sqrt{-1}.$$

En la práctica tanto $\frac{H^2 p^2}{4}$ como $\frac{R}{p C}$ son siempre inferiores

á $\frac{H}{C \ell}$

Como consecuencia de ello,

$$Z = \sqrt{\frac{H}{C \ell} - \frac{H^2 p^2}{4} - \frac{1}{2}} \cdot \frac{-j R}{p C} \cdot \sqrt{\frac{1}{\frac{H}{C \ell}}} \quad (2)$$

El termino imaginario de la derecha de (2) representa un condensador de capacidad $k = \frac{2C}{R} \sqrt{\frac{H}{C \ell}}$. Como consecuencia de ello, un elemento del equilibrio de línea será un condensador en serie de esa capacidad.

El problema se reduce, por lo tanto, á determinar una red que tenga una resistencia disminuyente con frecuencia, de acuerdo con la relación citada y de reactancia cero.



El adjunto dibujo da unos diagramas ilustrativos del invento. Se ha observado que la red que representa la figura 1, eligiendo unos valores adecuados de los elementos, puede dar ese pretendido resultado, guardando los valores de los elementos una relación definida con respecto á las constantes eléctricas de la línea.

Los citados valores de elementos se determinan del siguiente modo:

El componente de resistencia de la impedancia de esa red es:

$$\frac{r}{1 + p^2 (K^2 r^2 - 2KL) + p^4 K^2 L^2}$$

que es de la forma:

$$\frac{1}{1 + ap^2 + bp^4}$$

El componente de resistencia de la impedancia del cable es de la forma $B \sqrt{1 - Ap^2}$.

Haciendo $r = B$ y eligiendo K y L de unos valores adecuados, esas expresiones pueden tener unos valores muy casi iguales en un gran campo de vapores de p .

Tenemos $r = B$ de suerte que las expresiones son iguales á cero frecuencia, pudiéndose lograr además que las dos expresiones tengan valores iguales en otras dos frecuencias. Esas frecuencias pueden hallarse cerca del centro y cerca del límite superior de la cinta de frecuencia de la conversación y ser, por ejemplo, de unos 7000 y 12000 radianes por segundo.

Primero hay que proceder á determinar los valores de $\sqrt{1 - Ap^2}$ aproximados á las dos frecuencias citadas. Por ejemplo, para un cable medio cargado, los valores de $\sqrt{1 - Ap^2}$ vienen á ser aproximadamente 0.9 y 0.6.

El problema entonces es hacer que $\frac{1}{1 + ap^2 + bp^4}$ y $\sqrt{1 - Ap^2}$, tengan los valores 0.9 y 0.6 con las mismas frecuencias.



Para la frecuencia en la que $\sqrt{1 - Ap^2}$ tenga el valor 0.9,

$$\begin{aligned} 1 - Ap^2 &= 0.81 \\ Ap^2 &= 0.19 \\ p &= \frac{0.19}{A} \end{aligned}$$

Habremos de tener así:

$$\begin{aligned} 1 + \frac{0.19a}{A} + b \left(\frac{0.19}{A} \right)^2 &= 0.9 \\ 1 &= 0.9 + \frac{0.171a}{A} + \frac{0.0325b}{A^2} \end{aligned}$$

y para el otro valor, del mismo modo,

$$1 = 0.6 + \frac{0.48a}{A} + \frac{0.384b}{A^2}$$

Resolviendo esas ecuaciones para a y b,

$$b = A^2 + 1.01 \quad \text{y} \quad a = A + 0.396$$

$$\begin{aligned} \text{Asi,} \quad K^2 R^2 - 2KL &= 0.396A \\ K^2 L^2 &= 1.01A^2 \\ KL &= A \quad (\text{aproximadamente}) \\ K^2 R^2 &= 2.396 A \\ L &= 0.645 B \sqrt{A} \\ K &= \frac{1.55 \sqrt{A}}{B} \\ r &= B \end{aligned}$$

Como consecuencia de ello, L, K y r quedan entonces determinados todos en términos de constantes del cable.

Consideremos ahora la reactancia de esa red, que es:

$$\frac{p \left[L (1 - p^2 KL) - Kr^2 \right]}{(1 - p^2 KL) - p^2 K r^2}$$

Substituyendo valores de ello, el resultado es:

$$\frac{-p \left\{ 0.905 r \sqrt{A} + 0.645 r A^{3/2} \right\} p^2}{1 + 0.4 p^2 A + p^4 A^2}$$

En la práctica es eso aproximadamente igual á

$$- 0.905 p.r. \sqrt{A}$$

representándose, por consiguiente, una inductancia negativa.



Si en serie con la red de tres unidades indicadas en la figura 1 por r, L y K, agregamos una inductancia en serie L_1 del valor $0.905 r \sqrt{A}$, tendremos una red que, en el campo telefónico útil, de una resistencia no reactiva que disminuye con la frecuencia de la manera pretendida. Para completar el equilibrio se necesitará un condensador en serie k del valor $\frac{2C}{R} \frac{H}{c\ell}$.

El equilibrio consiste, por lo tanto, en la disposición de los elementos como se indica en la figura 2, determinándose el valor de cada elemento por constantes del cable, de acuerdo con la siguiente tabla:

$$\begin{aligned} L_1 &= 0.45 H \\ K &= \frac{2C}{R} \sqrt{\frac{H}{c\ell}} \\ L &= 0.32 H \\ K &= 0.77 c\ell \\ r &= \sqrt{\frac{H}{c\ell}} \end{aligned}$$

Se observará en la práctica que el equilibrio se puede mejorar alterando los valores, con respecto á los calculados, en algún tanto por ciento.

Alterando el valor de L_1 , evidente es que el equilibrio podrá corresponder con una terminación en cualquier punto de la bobina cargadora, desde la terminación completa á la terminación $(0.5 - 0.45) = 0.05$, en cuyo caso, como es natural $L_1 = 0$.

Si consideramos ahora la impedancia de un cable cargado terminando en media sección de cable, una expresión muy aproximada para la citada impedancia es:

$$\sqrt{\frac{H}{c\ell}} \sqrt{\frac{1 - \frac{jR\ell}{pH}}{1 - p^2 \frac{Hc\ell}{4}}}$$

Eso se puede convertir en la formula:



$$\sqrt{\frac{\frac{H}{C\ell}}{1 - p^2 \frac{HC\ell}{4}}} - \frac{j k \ell}{2 p H} \cdot \sqrt{\frac{\frac{H}{C\ell}}{1 - p^2 \frac{HC\ell}{4}}}$$

El segundo término se puede representar perfectamente por un condensador en serie, del valor $\frac{\sqrt{HC\ell}}{R}$ mientras que el primer término representa una resistencia aumentante con frecuencia de la fórmula $\sqrt{\frac{B}{1 - Ap^2}}$, teniendo B y A la misma significancia que antes.

Ya hemos visto que una red de la forma que ilustra la figura 1 se puede establecer para simular la impedancia $B \sqrt{1 - Ap^2}$. Debe tenerse en cuenta que el producto de $B \sqrt{1 - Ap^2}$ y $\sqrt{\frac{B}{1 - Ap^2}}$ es igual a B^2 , que es de las dimensiones (resistencia constante)².

Ahora bien, si la red se construye como lo ilustra la figura 3, esto es, de modo que:

$$\begin{aligned} k_1 &= \frac{L_1}{r^2} \\ k_2 &= \frac{L_2}{r^2} \\ L_2 &= r^2 K \end{aligned}$$

se puede demostrar fácilmente que el producto de su impedancia y la impedancia de la red que ilustra la figura 1 es igual a r^2 , que a su vez es igual a B^2 .

Puesto que esa última red representa perfectamente la resistencia $B \sqrt{1 - Ap^2}$, dicha red tiene que representar bien la resistencia $\frac{B}{\sqrt{1 - Ap^2}}$. Intercalando los valores de L, L₁, K y r ya antes obtenidos tenemos:

$$\begin{aligned} k_1 &= 0.45 C\ell \\ k_2 &= 0.32 C\ell \\ L_2 &= 0.78 H \end{aligned}$$

El equilibrio de medio cable consiste en la red de la figura 3 con los valores expuestos, en serie con una capacidad k_3



del valor $\sqrt{\frac{HC}{R\ell}}$. El equilibrio completo lo ilustra la figura 4.

Puesto que la corta longitud de cable entre las bobinas cargadoras consecutivas se puede representar perfectamente por una capacidad shunt $C\ell$, se deduce que cambiando los valores de k_1 se puede hacer que el equilibrio simule al cable aproximadamente para cualquier terminación entre el cable completo y $(0,5 - 0,45) = 0,05$ terminación del cable.

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

Se reivindica como nuevo y de propia invención:

1º- Un equilibrio de línea cuya impedancia simula perfectamente la impedancia del extremo transmisor de un cable cargado terminado en media bobina cargadora, en el que los elementos de ese equilibrio consisten en unas capacidades K, k , unas inductancias L, L_1 , y una resistencia r , como lo indica la figura 2, y en el que los valores de esos elementos se determinan en términos de las constantes de la línea que se haya de equilibrar.

2º- Un equilibrio de línea como el reivindicado en el punto anterior, en el que variando el valor de la inductancia L_1 puede adaptarse para simular la impedancia de un cable cargado por un campo de terminaciones fraccionales de bobinas cargadoras.

3º- Un equilibrio de línea, cuya impedancia simula perfectamente la impedancia del extremo transmisor de un cable cargado en media sección de cable, en el que los elementos de ese equilibrio consisten en unas capacidades k_1, k_2, k_3 , una inductancia L_2 y una resistencia r , como lo indica la figura 4, y en el que los valores de esos elementos se determinan en términos de las constantes de la línea que se haya de equilibrar.

4º- Un equilibrio de línea como el reivindicado en el punto 3º, en el que variando el valor de la capacidad k_1 puede adaptarse para simular la impedancia de un cable cargado por un campo



de terminaciones fraccionales de secciones de cable.

Esta patente recae sobre "EQUILIBRIOS DE LINEAS PARA CIRCUITOS DE TELEFONOS CARGADOS", como queda descrito en la presente Memoria, caracterizado en la anterior Nota y representado, en los adjuntos dibujos.

Madrid 3 de Abril de 1925.

J. Sancho



Fig. 1.

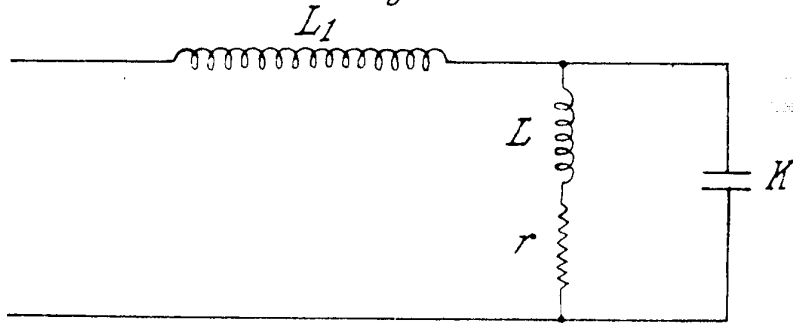


Fig. 2.

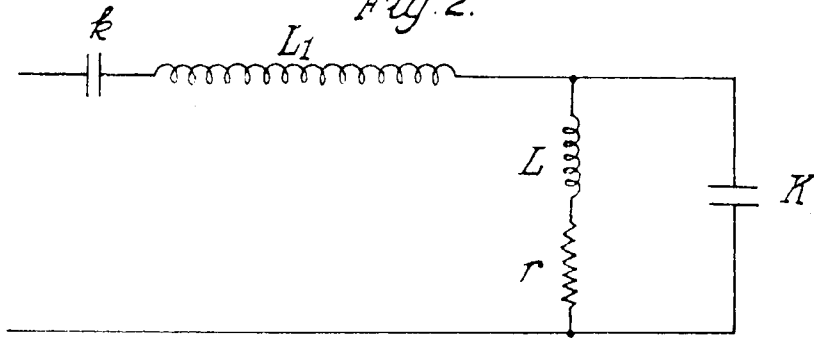


Fig. 3.

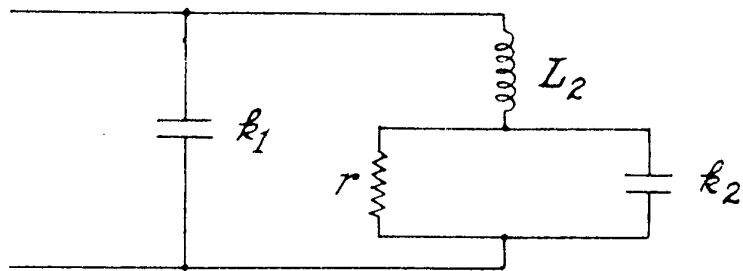
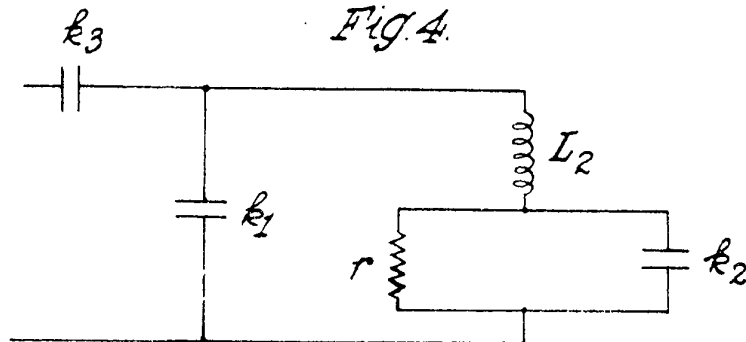


Fig. 4.



Scale variable.

for the General Electric Company Limited

[Handwritten signature]