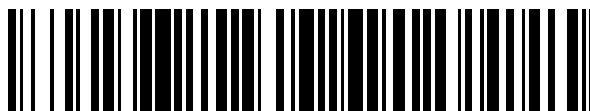


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 911**

51 Int. Cl.:

H04B 3/54 (2006.01)

H04B 3/56 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **99810219 .8**

96 Fecha de presentación: **11.03.1999**

97 Número de publicación de la solicitud: **0948143**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.10.1999**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA LA TRANSMISIÓN DE SEÑALES A TRAVÉS DE LÍNEAS DE SUMINISTRO DE CORRIENTE.**

30 Prioridad:
03.04.1998 DE 19815040

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.02.2012

73 Titular/es:
**ABB RESEARCH LTD.
AFFOLTERNSTRASSE 52
8050 ZÜRICH, CH**

72 Inventor/es:
Dzung, Dacfoy

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 374 911 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la transmisión de señales a través de líneas de suministro de corriente

5 La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la transmisión de señales a través de una línea de suministro de corriente, en particular una línea de alta o media tensión, conforme al preámbulo de las reivindicaciones independientes.

10 Los denominados sistemas de Portador sobre Línea de Alimentación (PLC) para la transmisión de datos a través de líneas de alta, media o baja tensión son bien conocidos. Por lo general, a este respecto, una señal de datos, que, por ejemplo, contiene datos de control o lingüísticos, se modula en una portadora y la señal portadora modulada se acopla en una o varias de las fases y/o en un blindaje de la línea. Al propagarse la señal a lo largo de la línea se produce un acoplamiento de señal entre los conductores individuales, de modo que todos los conductores contribuyen a la transmisión de la señal. A continuación, la señal se desacopla de uno de los conductores y se desmodula en el lugar del receptor.

15 El documento WO 98 06 187 describe un procedimiento para introducir y extraer señales de comunicación en redes de distribución de baja tensión con un máximo de 415 V. Para la introducción, una única señal se divide en 3 partes y se introduce ponderada en la red. Para la extracción se suman las señales parciales de modo ponderado, de manera que se excluyen mediante cálculo las influencias de las interferencias que se han creado en la red. Se determinan los factores de ponderación, por ejemplo, midiendo la influencia de la red en las señales de ensayo y maximizando la relación de señal con respecto a la suma de interferencias y ruidos. Este proceso puede repetirse en todo momento con el fin de adaptar los valores de ponderación a unas condiciones de red cambiantes.

20 El documento EP 0 604 678 describe un procedimiento para transmitir señales a través de una red eléctrica. En la red hay dispositivos que controlan eventos en la red y que envían información al respecto en forma de señales eléctricas a un receptor.

25 Para aumentar los índices de transmisión de datos se intentó, por ejemplo, reducir o excluir mediante filtración en lo posible las perturbaciones y/o utilizar frecuencias portadoras más elevadas, topándose sin embargo en este caso con límites de naturaleza física.

30 Por esta razón, se plantea la tarea de poner a punto un procedimiento o dispositivo del tipo mencionado al principio que permita índices de transmisión más altos.

35 Esta tarea se cumple por el objeto de las reivindicaciones independientes. Conforme a la invención, pues, partiendo de varias señales de datos con contenidos diferentes se han generado varias señales de emisión diferentes, acoplándose cada señal de emisión como mínimo a uno de los conductores. Durante la propagación a lo largo de la línea de alta o media tensión se produce entonces una mezcla de las señales -sorprendentemente, se comprueba sin embargo que es posible volver a separar las señales en el receptor y reconstruir así las señales de datos originales.

40 En una realización especialmente sencilla, en el emisor las señales de emisión se generan como una combinación lineal de las señales de datos a emitirse o en el receptor las señales de recepción se combinan linealmente para reconstruir las señales de datos.

45 La norma para la determinación de las señales de datos a partir de las señales de recepción se establece preferiblemente en una fase de calibración. En este caso, en el lado del emisor se generan señales de calibración de forma predeterminada y en el lado del receptor se analizan las correspondientes señales de recepción. Para ello se escogen, por ejemplo, las señales de calibración de tal modo que su correlación cruzada sea cero y sus autocorrelaciones se correspondan en lo esencial con funciones delta. En este caso, las características de transmisión de la línea de transmisión y en un caso dado de las disposiciones de acoplador pueden determinarse mediante el cálculo de la correlación entre las señales recibidas y las formas de señal prefijadas.

50 Además, también es posible tener en cuenta propiedades de transmisión cambiantes de la línea de corriente de alta intensidad, por ejemplo, a causa de las influencias atmosféricas, mediante una reiterada fase de calibración entre fases de funcionamiento normales.

55 Se obtienen otras realizaciones y aplicaciones preferentes de las reivindicaciones dependientes y de la siguiente descripción apoyada en figuras:

60 Figura 1, la configuración por parte del emisor de una línea de alta tensión con elementos de circuito para producir y acoplar las señales de emisión y
 65 Figura 2, la configuración por parte del receptor de la línea de alta tensión según la Figura 1, con los elementos de circuito para desacoplar y desmodular las señales de recepción.

Las Figuras 1 y 2 muestran una posible realización de la invención en una línea de alta tensión con tres conductores 1, 2 y 3. Cada uno de estos conductores soporta una alta tensión de, por ejemplo, 500 kV. Los conceptos mostrados en este documento, sin embargo, son aplicables también a líneas de tensión alta, media y baja con un número y configuración de conductores distinto.

5 En el lado del emisor hay tres señales de datos de entrada de contenido diferente X1, X2 y X3. Estas pueden proceder, por ejemplo, de tres fuentes de señales distintas o haberse producido a través de conversión en serie/paralela de una única señal en serie. Las señales de datos X1, X2 y X3 se introducen en un circuito combinatorio 4, donde se asocian de la forma que a continuación se describe. Las señales así producidas 5, 6 y 7 se acoplan mediante tres acopladores 8, 9 y 10 con condensadores de acoplamiento C1, C2 y C3 en las líneas 1, 2 o 3 y generan en ese lugar señales de emisión con amplitud compleja V1, V2 y V3. Para ello se pueden usar, por ejemplo, circuitos acopladores convencionales.

15 Antes del acoplamiento, las señales tienen que modularse a una frecuencia portadora de, por ejemplo, algunos 100 kHz. Esto puede realizarse ya delante del circuito combinatorio 4 o entre el circuito combinatorio 4 y el acoplador 8, 9 o 10.

20 En la presente realización, las líneas están blindadas hacia un lado mediante las denominadas "line traps" (bobinas de bloqueo) 12, 13 y 14, por lo que las señales V1, V2 y V3 únicamente pueden propagarse por el otro lado. Dado que en esta propagación las señales de la frecuencia portadora no permanecen localizadas en las tres líneas, se produce una considerable mezcla y hay señales de recepción V'1, V'2 y V'3 en el lado de salida, que por lo general ya no presentan la misma amplitud y fase que las señales de emisión V1, V2 y V3.

25 Las señales de recepción V'1, V'2 y V'3 se desacoplan a través de los condensadores C4, C5 y C6 y los acopladores 20, 21 y 22 y se transportan mediante tres líneas 23, 24 y 25 a un circuito de aislamiento 26 y a un circuito de corrección 27. A continuación, en estos circuitos las señales de recepción se separan y procesan de la manera descrita a continuación para obtener las señales de datos originales X1, X2 y X3. El aislamiento y la corrección también pueden tener lugar en un solo paso o simultáneamente en un circuito de evaluación combinado.

30 Antes de un procesamiento, las señales recibidas deben aislarse de la frecuencia portadora. Esto puede realizarse antes o después del circuito de aislamiento 26 y del circuito de corrección 27.

35 La presente invención se basa en el conocimiento de que, por lo general, en una línea con k conductores se pueden transmitir hasta k señales PLC de igual frecuencia. Para ello se generan las señales de emisión V1, V2 y V3 del lado del emisor como una combinación lineal de las señales de datos de entrada X1, X2 y X3. Expresado en forma de matriz:

$$\mathbf{V} = \mathbf{C1} \cdot \mathbf{X}, \quad (1),$$

40 siendo \mathbf{V} el vector $\{V1, V2, \dots, Vk\}$ de las señales de emisión, \mathbf{X} el vector $\{X1, X2, \dots, Xm\}$ de las señales de datos de entrada y $\mathbf{C1}$, una matriz de los coeficientes de asociación.

Las señales de tensión del lado del receptor $\mathbf{V}' = \{V'1, V'2, \dots, Vk\}$ son

45
$$\mathbf{V}' = \mathbf{H} \cdot \mathbf{V} + \mathbf{N}, \quad (2),$$

siendo la matriz \mathbf{H} kxk la matriz de transferencia generalizada de la línea y \mathbf{N} , un ruido aditivo. En el circuito de aislamiento 26 se calculan mediante combinación lineal las señales de salida $\mathbf{Y} = \{Y1, Y2, \dots, Ym\}$ a partir de las señales de recepción \mathbf{V}' :

50
$$\mathbf{Y} = \mathbf{C2} \cdot \mathbf{V}'. \quad (3)$$

Por lo tanto, se cumple

55
$$\mathbf{Y} = \mathbf{C2} \cdot \mathbf{H} \cdot \mathbf{C1} \cdot \mathbf{X} + \mathbf{C2} \cdot \mathbf{N} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{X} + \mathbf{g} \quad (4),$$

denominándose \mathbf{A} matriz de canal y \mathbf{g} vector de ruido. La ecuación (4) se despeja por aproximación según \mathbf{X} en el circuito de corrección 27:

60
$$\mathbf{X} = \mathbf{L} \cdot \mathbf{Y}. \quad (5)$$

65 En una primera aproximación, ignorando el ruido, puede establecerse $\mathbf{L} = \mathbf{A}^{-1}$. No obstante, se conocen procedimientos más estables con desviación cuadrática mínima, véase, por ejemplo, G. Strang: Linear Algebra and its Applications, Hartcourt Brace Javonich, 1988. Cuando \mathbf{X} es una señal de vector compleja con espectro conocido, también se pueden usar procedimientos de filtro Wiener, véase, por ejemplo, B. D. O. Anderson y J. B. Moore: Optimal Filtering, Prentice-Hall, 1979.

A continuación, los valores de \mathbf{X} obtenidos de esta manera pueden transportarse a las etapas normales de desmodulación y detección.

5 Los valores de la matriz \mathbf{A} dependen de las figuras $\mathbf{C1}$ y $\mathbf{C2}$ usadas y de las propiedades geométricas y eléctricas de la línea de transmisión, esto es, de la matriz de transferencia \mathbf{H} . Es posible que las características de la línea sean tales que \mathbf{A} sea prácticamente singular, de modo que se imposibilita un aislamiento fiable de las señales. Esto, tal como se describe a continuación, puede evitarse en ciertas circunstancias mediante una correcta elección de $\mathbf{C1}$ y $\mathbf{C2}$. En caso contrario, deberá reducirse la dimensión m de \mathbf{X} .

10 La matriz $\mathbf{C1}$ de los coeficientes de asociación se selecciona en la realización más sencilla de manera que en cada línea haya sólo un valor no igual a cero, es decir, que cada señal X_i se acople justamente a uno de los conductores 1, 2 o 3. En particular cuando la línea de alta o media tensión es homogénea, sin embargo también es aconsejable seleccionar $\mathbf{C1}$ de manera que como mínimo una parte de las señales X_i se acople directamente de modo exacto a uno de los modos de la línea. De esta manera, por ejemplo, en caso de $k=3$ y $m=3$, se puede elegir $\mathbf{C1}$ como:

$$\mathbf{C1} = \mathbf{M} = \begin{bmatrix} -0,5 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ -0,5 & -1 & 0 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

20 siendo \mathbf{M} la matriz modal, que diagonaliza la matriz de transferencia \mathbf{H} de una sección de línea homogénea. Tal como se expone en F. Eggimann, W. Senn y K. Morf: *Die trägerfrequenten Übertragungseigenschaften von Hochspannungsleitungen*, Brown Boveri Mitteilungen 8-77, en lo esencial \mathbf{M} diagonaliza también las matrices de transferencia de algunas otras configuraciones.

25 Eligiendo según la ecuación (6), X_1 y X_2 se acoplan directamente a los dos modos de propagación que se expanden independientemente uno de otro. (En la práctica basta con que las columnas de $\mathbf{C1}$ sean proporcionales a las de la ecuación (6)).

30 En el lado del receptor se escoge $\mathbf{C2} = \mathbf{M}^{-1}$, de modo que la matriz de canal \mathbf{A} se diagonalice y X_1 y X_2 se encuentren prácticamente aislados.

35 Sin embargo, en muchas aplicaciones prácticas la línea no es homogénea, por lo que debe hallarse una matriz $\mathbf{C1}$ o $\mathbf{C2}$ más complicada a fin de diagonalizar la matriz de canal \mathbf{A} . En este caso, $\mathbf{C1}$ se escoge preferiblemente, tal como se describe más arriba, de forma que haya exactamente un elemento en cada línea y columna no igual a cero. Sin embargo, también se puede concebir encontrar mediante mediciones de calibración en la línea una forma de $\mathbf{C1}$ o $\mathbf{C2}$ que permita invertir mejor la matriz de canal \mathbf{A} .

40 Para solucionar las ecuaciones (4) o (5), la matriz de canal \mathbf{A} debe ser conocida. En la mayoría de sistemas PLC prácticos \mathbf{A} no puede determinarse teóricamente y además puede modificarse, por ejemplo, por factores atmosféricos. Por esta razón se realizan mediciones de calibración para determinar \mathbf{A} experimentalmente. Para ello, el emisor genera señales de calibración χ_i , por un lado tras la puesta en marcha, por otro lado, a intervalos regulares durante el funcionamiento normal, para que puedan compensarse, por ejemplo, las modificaciones de la matriz de canal \mathbf{A} causadas por factores atmosféricos. El receptor, que conoce la forma de las señales de calibración χ_i , determina a partir de esto los coeficientes de \mathbf{A} . En el caso bidimensional, la ecuación (4) se convierte entonces, por ejemplo, en:

$$\mathbf{Y1}(t) = \mathbf{A}_{11} \cdot \mathbf{C}_1(t) + \mathbf{A}_{12} \cdot \mathbf{C}_2(t) + \mathbf{g}_1(t) \quad (7)$$

$$\mathbf{Y2}(t) = \mathbf{A}_{21} \cdot \mathbf{C}_1(t) + \mathbf{A}_{22} \cdot \mathbf{C}_2(t) + \mathbf{g}_2(t).$$

50 $\mathbf{C}_1(t)$ y $\mathbf{C}_2(t)$ se escogen de manera que sus correlaciones cruzadas sean en lo esencial 0 y que sus autocorrelaciones se correspondan en lo esencial con funciones delta, esto es, sólo para un desplazamiento de 0 sean no igual a cero. Para ello pueden usarse, por ejemplo, señales de ruido artificiales. Por tanto, pueden determinarse directamente los coeficientes de \mathbf{A} mediante la correlación de $\mathbf{Y1}$ e $\mathbf{Y2}$ con \mathbf{C}_1 y \mathbf{C}_2 .

55 En las anteriores realizaciones se partió de que la matriz de transferencia de canal \mathbf{H} a lo largo del intervalo de frecuencias de la señal PLC no depende de la frecuencia. En general, sin embargo, la función de transferencia sí que depende de la frecuencia. En este caso, por ejemplo, la ecuación (7) se generaliza hasta:

$$\mathbf{Y1}(t) = \mathbf{A}_{11}^* \mathbf{C}_1(t) + \mathbf{A}_{12}^* \mathbf{C}_2(t) + \mathbf{g}_1(t) \quad (8)$$

60

$$\mathbf{Y}_2(t) = \mathbf{A}_{21} * \mathbf{C}_1(t) + \mathbf{A}_{22} * \mathbf{C}_2(t) + \mathbf{g}_2(t),$$

indicando * la convolución con las respuestas de impulsos $A_{ij}(t)$.

- 5 La invención puede también aplicarse a este caso. Los procedimientos necesarios para ello son conocidos por el experto. En particular se hace referencia al método de la filtración Wiener, véase, por ejemplo, B. D. O. Anderson y J. B. Moore: *Optimal Filtering*, Prentice-Hall, 1979.

10 Para la transmisión de datos digitales, las señales X_i tienen la forma

$$\mathbf{X}_i = \sum \alpha_{ik} \mathbf{g}(t - kT), \quad (9)$$

- 15 siendo α_{ik} el símbolo de datos modulado con amplitud cuadrática de la transmisión número i , $g(t)$ la forma del pulso y T el periodo del símbolo (véase J. G. Proakis: *Digital Communications*, McGraw-Hill, 1983). Dado que la secuencia α_k sólo es una transformación lineal de la señal $\mathbf{X} = \mathbf{X}(t)$, la invención puede ampliarse directamente a este caso usando procedimientos conocidos. En N. Amitay y J. Salz, *Linear equalization theory in digital data transmission over dually polarized fading radio channels*, AT&T Bell Lab. Techn. J., Vol. 63 págs. 2215-2259, se describe la solución a un problema de igual valor matemático en otro sistema de transmisión.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la transmisión de señales a través de una línea de suministro de corriente con varios conductores, generándose en el lado del emisor varias señales de emisión de contenido diferente (V1, V2, V3), acoplándose cada señal de emisión a como mínimo uno de los conductores (1, 2, 3) y desacoplándose en el lado del receptor varias señales de recepción (V'1, V'2, V'3) de varios de los conductores (1, 2, 3),
caracterizado
10 **por que** las señales de emisión de contenido diferente (V1, V2, V3) se generan por parte del emisor mediante un circuito combinatorio (4) a partir de varias señales de datos de contenido diferente (X1, X2, X3) y
por que para determinar las señales de datos de contenido diferente (X1, X2, X3) se asocian entre sí computacionalmente las señales de recepción a través de un circuito de evaluación (27).
- 15 2. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, **caracterizado por que** las señales de emisión (V1, V2, V3) son una combinación lineal de las señales de datos (X1, X2, X3).
3. Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** en el lado del receptor se determinan las señales de datos como combinación lineal de las señales de recepción (V'1, V'2, V'3).
- 20 4. Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** al menos una fase de calibración en la que en el lado del emisor se generan señales de datos o emisión de forma predeterminada y se analizan las señales de recepción correspondientes y **por que** de ello se deduce una norma para determinar las señales de datos a partir de señales de recepción (V').
- 25 5. Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones anteriores para la transmisión de señales a través de una línea de alta o media tensión.

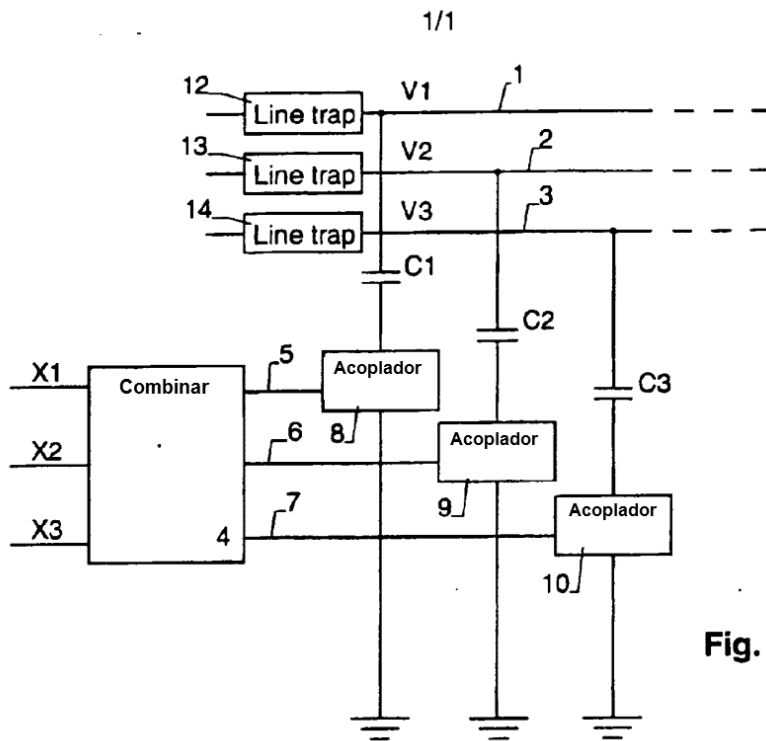


Fig. 1

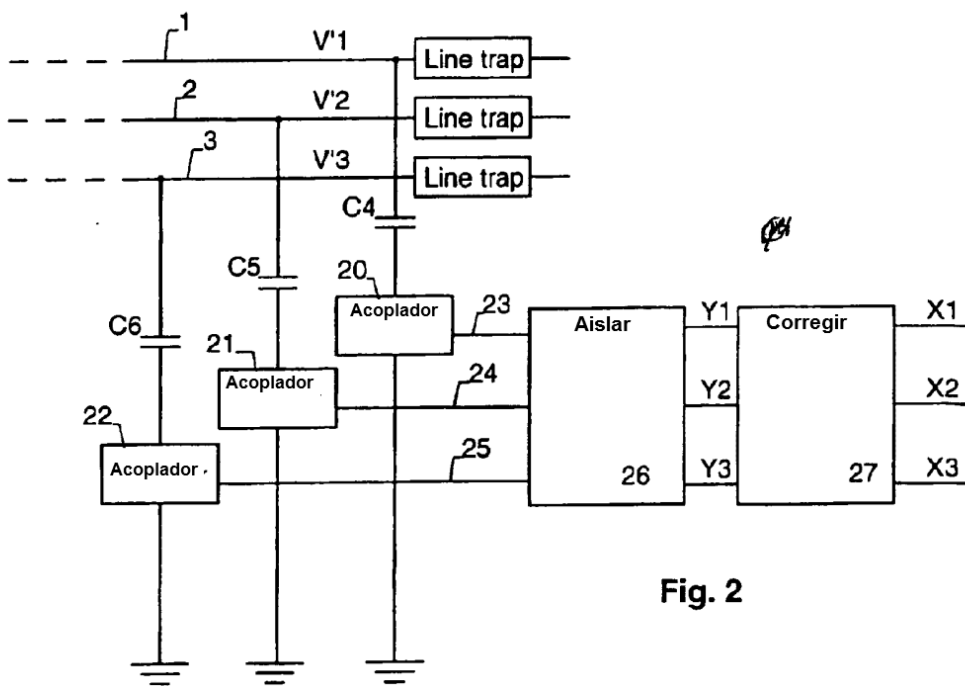


Fig. 2