

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 442 224**

51 Int. Cl.:

G01R 15/18 (2006.01)

H01P 5/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2005 E 05795757 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2014 EP 1922550**

54 Título: **Método y sistema para controlar el flujo de energía a través de una línea de transmisión de energía eléctrica**

30 Prioridad:

08.09.2005 US 221959

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

10.02.2014

73 Titular/es:

**GENSCAPE INTANGIBLE HOLDING, INC.
(100.0%)**

**445 East Market Street, Suite 200
Louisville, KY 40202, US**

72 Inventor/es:

**LAPINSKI, STERLING;
ALPHENAAR, DEIRDRE y
DEESE, STEPHEN**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 442 224 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

Método y sistema para controlar el flujo de energía a través de una línea de transmisión de energía eléctrica

5 **Antecedentes de la invención****A. Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere al control de la energía que fluye a través de líneas de transmisión de energía eléctrica. Más particularmente, la invención se refiere a un método y sistema para seleccionar las posiciones para una colocación preferida de una pluralidad de monitores de campos magnéticos donde un cambio en la energía que fluye a través de la línea de transmisión resultará en un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones.

15 **B. Descripción de la técnica relacionada**

La información sobre la energía que fluye a través de las líneas de transmisión de energía eléctrica y la salida de las instalaciones de generación de energía eléctrica es útil y valiosa para las empresas dedicadas al negocio de compra y venta de energía eléctrica en el mercado abierto. Los productores de energía eléctrica no liberan actualmente esta información a los demás participantes en el mercado.

20 Una línea aérea de transmisión típica consiste en tres haces de conductores, separados entre sí en una configuración espacial y que discurren entre torres de líneas de transmisión. Cada haz de conductores lleva una fase diferente de la energía transmitida a través de la línea, y la energía total que fluye a través de la línea de transmisión es la suma de la energía que fluye a través de cada uno de los tres haces de conductores. Los haces conductores consisten normalmente en 2 a 4 conductores en un haz. Para mayor comodidad, los haces de conductores serán referidos en lo sucesivo como "conductores", lo que debe entenderse que hace referencia al medio de una línea de transmisión que lleva las fases de la energía que fluye a través de la línea de transmisión. Los conductores que componen cada línea de transmisión llevan corriente alterna (CA) a una frecuencia específica (60Hz en los Estados Unidos, 50Hz en Europa). Las corrientes que fluyen en una línea de transmisión generan campos magnéticos y las tensiones elevadas (normalmente en el intervalo de 12kV a 1000kV) generan campos eléctricos. Los campos eléctricos y magnéticos netos que rodean una línea de transmisión son una superposición de los campos creados por las corrientes y tensiones asociadas con cada conductor individual. Tanto los campos eléctricos como magnéticos son más grande cerca de los conductores y caen rápidamente a medida que se alejan de los conductores.

35 A menudo, las torres de líneas de transmisión llevarán diversas líneas de transmisión, lo que será referido en el presente documento como un "conjunto de líneas" o un "conjunto de líneas de transmisión". Para mayor comodidad, se entenderá que las expresiones "conjunto de líneas" y "conjunto de líneas de transmisión" incluyen también configuraciones donde solo una sola línea de transmisión está presente. Los campos eléctricos y magnéticos netos que rodean el conjunto de líneas de transmisión son una superposición de los campos creados por los conductores individuales de cada línea de transmisión. Cada línea de transmisión puede llevar a un flujo de energía que se diferencia en magnitud y en dirección de cualquier otra línea de transmisión en el conjunto de líneas de transmisión. Por ejemplo, un conjunto de líneas de transmisión puede tener una primera línea de transmisión que lleva 100 megavatios (MW) en una dirección, y una segunda línea de transmisión que lleva 300MW en la dirección opuesta.

45 La "configuración de los conductores" es la disposición real, geométrica de los conductores en el conjunto de líneas de transmisión. Diversas configuraciones ejemplares se muestran de la Figura 1a - Figura 1f, incluyendo: paralela vertical (Figura 1a); paralela horizontal (Figura 1b); paralela triangular (Figura 1c); individual vertical (Figura 1d); individual horizontal (Figura 1E), e individual triangular (Figura 1f). Lo más probable es que la configuración espacial general del conjunto de líneas de transmisión (por ejemplo paralela vertical, paralela horizontal, paralela triangular, etc.) sea consistente a lo largo de grandes intervalos del conjunto de líneas de transmisión. Sin embargo, la disposición geométrica real de las líneas variará de área transversal a área transversal a lo largo de la línea como consecuencia de variaciones en la tensión y se hundirán en los conductores individuales. Adicionalmente, el hundimiento del conductor individual afectará también a las distancias a tierra de las líneas individuales de forma continua a lo largo del conjunto de líneas de transmisión.

60 Los conjuntos de líneas de transmisión están diseñados para funcionar a valores de tensión fijos y una capacidad máxima de energía/corriente. Estos valores se pueden obtener a partir de recursos de asignación de las líneas de energía disponibles (tales como Platts Power Map, de Platts, Colorado).

Las relaciones entre las corrientes y tensiones asociadas con el conjunto de líneas de transmisión y los campos eléctricos y magnéticos resultantes se caracterizan por modelos matemáticos bien conocidos (principalmente la ley de Maxwell y la Ley de Biot-Savart). Por lo tanto, los campos eléctricos y magnéticos contienen la información necesaria para determinar las corrientes y tensiones (es decir, la energía) que los producen. La Patente de Estados Unidos N° 6.771.058, incorporada aquí por referencia, describe un aparato y un método para la medición y control de la energía eléctrica que fluye a lo largo de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica de alta tensión,

que incluye un método de determinación de la energía que fluye a través de un conjunto de líneas de transmisión eléctrica a partir de los datos medidos de los campos eléctricos y magnéticos.

5 La cantidad de energía que fluye a través de un conjunto de líneas de transmisión se determina por la multiplicación de la corriente por la tensión, como se muestra en la ecuación (1).

$$\text{Energía(MW)} = V_L \sum I_i \cos \phi \quad (1)$$

10 donde V_L es la tensión de la línea, $\sum I_i$ es la suma de las corrientes a través de cada conductor, y ϕ es la diferencia entre la fase de la tensión de línea y la fase de la corriente de línea. Debido a que la tensión de un conjunto de líneas de transmisión es fija, la cantidad de energía que fluye a través de esa línea en cualquier momento particular, se puede medir mediante la determinación de la corriente a través de la línea. La corriente produce el campo magnético mencionado anteriormente, cuya magnitud medida, cuando se analiza a la luz de la configuración de los conductores y de la distancia del punto de medición de cada uno de los conductores, determina la cantidad de energía a través de la línea.

15 El campo magnético asociado con un conjunto de líneas de transmisión aéreo se considera generalmente en términos del vector de densidad de flujo magnético, B , en Tesla rodeando a las líneas, lo que es directamente proporcional a las corrientes conductoras I_i como se muestra en la ecuación (2) e inversamente proporcional a la distancia r_i desde el centro de cada conductor hasta el punto de medición.

$$20 \quad B \propto \sum \frac{I_i}{r_i} \quad (2)$$

25 El vector de densidad de flujo magnético, B , se encuentra a lo largo del plano XY perpendicular o transversal al eje longitudinal (Z) de los conductores y a los puntos de acuerdo con la "regla de la mano derecha", ya sea en sentido horario o antihorario dependiente de la dirección de flujo de la corriente. Este vector se puede resolver en componentes horizontales y verticales B_x y B_y , respectivamente. Como se usa aquí, la expresión "campo magnético" se refiere al vector de densidad de flujo magnético, incluyendo pero no limitado a la magnitud y a la orientación del campo magnético y de sus componentes.

30 La relación de fase entre la corriente y la tensión en la línea determina el factor de energía (o más en general, la dirección del flujo de energía). Esta relación de fase se traslada a las fases de los campos magnéticos y eléctricos resultantes, por lo que la relación de fase de estos campos en cualquier punto de medición se puede utilizar para determinar la dirección del flujo, una vez ajustada de manera similar a la geometría de la línea y otros factores. De este modo, es posible determinar la cantidad y la dirección de la energía que fluye a través de un conjunto de líneas de transmisión (el " flujo de energía " del conjunto de líneas de transmisión) mediante la medición de los campos eléctricos y magnéticos asociados con el conjunto de líneas y el procesamiento de la información de manera adecuada. (Véase la Patente de Estados Unidos N° 6.771.058).

35 En la práctica, surgen errores en la determinación de energía debido a imperfecciones en el equipo de medición y a la inexactitud de los diversos supuestos utilizados en los modelos matemáticos que se describen en las ecuaciones (1) y (2). El primer grupo incluye la alineación y orientación imperfectas del sensor con respecto a los campos magnéticos y eléctricos. Una fuente adicional de error implica una imperfecta calibración del sensor. Los errores de calibración se derivan de los supuestos realizados en el modelo matemático. Se supone que las distancias entre los conductores y el equipo de detección son fijas. Sin embargo, la cantidad de hundimiento en las líneas como resultado de la expansión lineal inducida por temperatura significa que estas distancias son variables. En la aplicación de la ecuación (2) el campo magnético medido se modela para ser un resultado de corriente equivalente que fluye en cada haz de conductores asociado con la línea. En realidad, existen pequeños desequilibrios de corrientes entre los haces de conductores. Estos desequilibrios no se pueden medir directamente, sino que darán lugar a una distorsión en las mediciones del campo magnético que son difíciles de explicar en el modelo de campo magnético. Además, el modelo no toma en cuenta ninguna de las corrientes externas inducidas a través del cable de tierra y de otras estructuras de la torre relacionadas. Estas corrientes resultarán en distorsiones en el campo magnético medido y son muy difíciles de incluir en el modelo. El alcance de las inexactitudes de medición y de los modelos varía con la cantidad y distribución de la energía que fluye a través de un conjunto de líneas de transmisión particular y con la complejidad de la configuración de los conductores.

40 45 50 55 60 Adicionalmente, los campos resultantes creados por la configuración de los conductores y el flujo de energía de un sistema de línea de transmisión pueden variar cuando la cantidad de energía que fluye a través del conjunto de líneas de transmisión varía. Una supervisión precisa del flujo de energía a través del conjunto de líneas de transmisión requiere una detección precisa de los cambios en los campos resultantes. Por ejemplo, una configuración de los conductores paralela vertical, tal como la mostrada en la Figura 1a, puede producir una vista en sección del campo magnético horizontal para diversos flujos de energía como se muestra en la Figura 2. En ciertas áreas 202, 204 grandes cambios en el flujo de energía darán como resultado solo cambios mínimos en el campo

magnético. Combinada con los errores de medición intrínsecos que se han descrito anteriormente, la colocación de los monitores de campos magnéticos en estas áreas dará como resultado probablemente la dificultad de detectar con precisión los cambios en el flujo de energía. Sin embargo, en otra área 206, los cambios en el flujo de energía dan como resultado grandes cambios en el campo magnético, de tal manera que es poco probable que los errores de medición intrínsecos afecten los cambios detectados con precisión en el flujo de energía. Por lo tanto, es preferible colocar sensores de campo magnético en posiciones donde los cambios mínimos en el flujo de energía a través de la línea dan como resultado un cambio máximo en el campo magnético.

Por lo tanto, existe la necesidad de un método y sistema para controlar la energía que fluye a través de un conjunto de línea de transmisión de energía eléctrica usando monitores de campos magnéticos colocados en posiciones seleccionadas donde un cambio predeterminado en el flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones. Adicionalmente, existe la necesidad adicional de un método para seleccionar las posiciones para la colocación preferida de tales monitores de campos magnéticos.

El documento EP 1030183 desvela un sensor de corriente que pretende ser menos costoso y más fácil de utilizar en comparación con los sensores de corriente anteriores. Por consiguiente, D1 describe un sensor de corriente que incluye al menos dos componentes sensibles a campos magnéticos que están geoméricamente distribuidos alrededor de un conductor. Cada componente emite una señal representativa de la corriente que fluye en el conductor y después, como parte del procesamiento de las señales, se toma en cuenta la posición geométrica de cada componente en relación con el conductor.

El documento WO 00/77535 desvela la medición de la energía que fluye a través de líneas de transmisión y la evaluación, clasificación y transmisión de los datos registrados. La colocación específica de los sensores se elige en función de factores particulares de la línea. Adicionalmente desvela la medición directa de la posición relativa de los conductores con respecto a cada otro

Sumario de la invención

De acuerdo con un aspecto de la invención, un método para controlar la energía que fluye a través de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica, comprende seleccionar las posiciones para una colocación preferida de una pluralidad de monitores de campos magnéticos mediante (a) la determinación de una configuración de los conductores y de un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión en una ubicación a lo largo del conjunto de líneas de transmisión, y (b) la determinación de las posiciones en un área sustancialmente plana que es transversal a dicho conjunto de líneas de transmisión en dicha ubicación donde un cambio predeterminado en dicho flujo de energía da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones; colocar dichos monitores de campos magnéticos en dichas posiciones seleccionadas para recoger los datos de campo magnético; realizar un análisis de cálculo de dichos datos de campo magnético para determinar un flujo de energía a través de dicho conjunto de líneas de transmisión; y comunicar dicho flujo de energía a un usuario final; donde dicha sub-etapa de determinar la configuración de los conductores y el flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión incluye: obtener distancias horizontal y vertical entre cada conductor y una pluralidad de puntos de medición a través del área sustancialmente plana para determinar la configuración de los conductores del conjunto de líneas de transmisión; obtener valores de campo magnético medidos en dichos puntos de medición; generar, a través de los cálculos realizados en un ordenador digital, valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición para una serie de flujos de energía del conjunto de líneas; y seleccionar el flujo de energía del conjunto de líneas donde los valores pronosticados tienen un mejor ajuste con los valores obtenidos.

Las posiciones donde un cambio en el flujo de energía del conjunto de líneas dan como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones se pueden determinar mediante la obtención de los valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición para el flujo de energía determinado, la obtención de valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición para un flujo de energía donde el flujo de energía determinado ha cambiado en una cantidad predeterminada, la determinación de las diferencias entre los valores pronosticados para el flujo de energía cambiado y los valores pronosticados para el flujo de energía determinado en cada punto de medición, y la selección de los puntos de medición que tienen las diferencias máximas como las posiciones donde un cambio en el flujo de energía da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones.

Como alternativa, las posiciones se pueden determinar mediante la generación de curvas de diferencia del campo magnético para los componentes vectoriales de los valores pronosticados para el flujo de energía cambiado y de los valores pronosticados para el flujo de energía determinado, y mediante la selección de las posiciones correspondientes a los puntos máximos de las curvas de diferencia para la colocación preferida de los monitores.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, un medio legible por ordenador tiene instrucciones ejecutables por ordenador para realizar las etapas del método para seleccionar las posiciones para una colocación preferida de una pluralidad de monitores de campos magnéticos para controlar la energía que fluye a través de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica, se acaba de describir.

De acuerdo con otro aspecto adicional de la invención, un sistema para controlar la energía que fluye a través de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica incluye una pluralidad de monitores de campos magnéticos colocados en las posiciones seleccionadas en un área sustancialmente plana que es transversal al conjunto de líneas de transmisión, y una instalación de procesamiento central en comunicación con la pluralidad de monitores de campos magnéticos para comunicar el flujo de energía a un usuario final. Las posiciones para la colocación de los monitores de campos magnéticos se seleccionan mediante la determinación de la configuración de los conductores y del flujo de energía de la línea de transmisión en el área sustancialmente plana, y mediante la determinación de las posiciones en el área sustancialmente plana donde un cambio predeterminado en el flujo de energía del conjunto de líneas da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones, como se ha descrito anteriormente.

Se desvela también un método para seleccionar las posiciones para una colocación preferida de una pluralidad de monitores de campos magnéticos para controlar la energía que fluye a través un conjunto de líneas de transmisión que incluye: determinar una configuración de los conductores y un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión en una ubicación a lo largo del conjunto de líneas de transmisión; y determinar las posiciones en un área sustancialmente plana que es transversal al conjunto de líneas de transmisión en la ubicación donde un cambio predeterminado en dicho flujo de energía del conjunto de líneas da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones; indicando de este modo la colocación preferida de los monitores: ventajosamente el método se realiza a través del análisis de cálculo realizado en un ordenador digital.

Más específicamente, determinar la configuración de los conductores se consigue mediante la obtención de distancias horizontal y vertical entre cada conductor del conjunto de líneas de transmisión y una pluralidad de puntos de medición a través del área sustancialmente plana. El flujo de energía de la línea de transmisión se obtiene mediante la obtención de valores de campo magnético en los puntos de medición, mediante la generación de valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición para una serie de flujos de energía del conjunto de líneas; y mediante la selección del flujo de energía del conjunto de líneas donde los valores pronosticados tienen un mejor ajuste con los valores obtenidos.

La descripción anterior se proporciona como sumario no limitante solamente de la invención. Una mejor comprensión de la invención se tendrá al hacer referencia a la siguiente descripción detallada, y a los dibujos y reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1a - 1f son vistas de conjuntos de líneas de transmisión de energía eléctrica y de conjuntos de líneas ejemplares que tienen diferentes configuraciones de conductores.

La Figura 2 es un perfil de valores de campo magnético horizontal pronosticados para una serie de configuraciones de corrientes de líneas para un área plana particular que es transversal a un conjunto de líneas de transmisión paralelas vertical representativo.

La Figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema ejemplar para controlar el flujo de energía a través de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica, de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 4 es una vista en perspectiva de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica, que muestra un área sustancialmente plana que es transversal al conjunto de líneas de transmisión y la colocación de los monitores de campos magnéticos en el área sustancialmente plana.

La Figura 5 es una vista en sección del área sustancialmente plana de la Figura 4.

La Figura 6 es un diagrama de flujo lógico de un método para seleccionar una colocación preferida de los monitores de campos magnéticos de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 7 es un diagrama de flujo lógico que muestra las etapas de determinar la configuración de los conductores y el flujo de energía en más detalle.

La Figura 8 es una vista de un área sustancialmente plana que es transversal a un conjunto de líneas de transmisión.

La Figura 9 es un diagrama de flujo lógico que muestra las etapas de la determinación de posiciones donde un cambio en el flujo de energía a través de la línea da como resultado un cambio máximo en el campo magnético.

La Figura 10 es un diagrama de flujo lógico que muestra un método gráfico para la determinación de las posiciones donde un cambio en el flujo de energía a través de la línea da como resultado un cambio máximo en el campo magnético.

La Figura 11 es un diagrama de flujo lógico que muestra las etapas de un método para controlar la energía que fluye a través de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica, de acuerdo con una realización de la invención.

5 La Figura 12 muestra los valores de campo magnético horizontal medidos, y los valores de campo magnético horizontal pronosticados para una serie de configuraciones de corrientes de la línea para un área plana particular que es transversal a un conjunto de líneas de transmisión paralelas verticales representativo.

10 La Figura 13 muestra los valores de campo magnético vertical medidos, y valores de campo magnético vertical pronosticados para una serie de configuraciones de corrientes de la línea para el área plana del conjunto de líneas de transmisión de la Figura 12.

15 La Figura 14 muestra una curva de diferencia del campo magnético horizontal y una curva de diferencia del campo magnético vertical para un flujo de energía determinado y para un flujo de energía que ha cambiado en una cantidad predeterminada.

Descripción detallada de realizaciones ejemplares

20 Como se muestra en la Figura 3, un sistema ejemplar para controlar la energía que fluye a través de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica comprende generalmente una pluralidad de monitores de campos magnéticos 302, 304, 306, 307 y una instalación de procesamiento central 308 en comunicación con la pluralidad de monitores de campos magnéticos 302, 304, 306, 307 a través de una red de comunicación 310, tal como Internet o similares. Adicionalmente, uno o más usuarios finales 312, 314, 316, 318 están en comunicación con la instalación de procesamiento central 308 a través de una red de comunicación 320, tal como Internet o similares. La información sobre el flujo de energía es recogida por los monitores de campos magnéticos 302, 304, 306, 307 y transmitida a los usuarios finales 312, 314, 316, 318 a través de la instalación de procesamiento central 308. Los monitores 302, 304, 306, 307 pueden hacer todo el procesamiento necesario para determinar el flujo de energía, o pueden transmitir los datos de campo magnético a la instalación de procesamiento central 308 para la determinación del flujo de energía.

30 Como se muestra en la Figura 4 y la Figura 5, los monitores de campos magnéticos 302, 304, 306 se colocan en posiciones seleccionadas en un área sustancialmente plana que es transversal al conjunto de líneas de transmisión 324. Las posiciones se seleccionan de modo que un cambio predeterminado en el flujo de energía del conjunto de líneas dará como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones. La colocación de los monitores 302, 304, 306 en el área sustancialmente plana 322 que es transversal al conjunto de líneas de transmisión 324 habilita las relaciones entre las corrientes y tensiones asociadas con los conductores del conjunto de líneas de transmisión y los campos eléctricos y magnéticos resultantes para caracterizarse por modelos matemáticos bien conocidos utilizando la ley de Biot-Savart y otras técnicas de análisis numérico.

40 En una realización ejemplar, cada monitor de campo magnético tiene dos magnetómetros para detectar el valor de campo magnético horizontal y el valor de campo magnético vertical en el monitor. Por lo tanto, cada uno de los dos magnetómetros se coloca de tal manera que su eje sensible está alineado en la dirección horizontal o vertical. Adicionalmente, tales monitores pueden tener también un sensor de campo eléctrico. Una descripción detallada de tales monitores o dispositivos de monitorización, incluyendo los componentes y las interacciones de los componentes, se puede encontrar en la Patente de Estados Unidos N° 6.771.058. Sin embargo, un experto en la materia comprenderá que el sistema no se limita específicamente a medir los valores de campo magnético horizontal y vertical, dado que otros componentes vectoriales del campo magnético se pueden utilizar en realizaciones equivalentes dentro de la enseñanza de la invención.

50 Como se muestra en la Figura 6, un método ejemplar para la selección de posiciones para una colocación preferida de una pluralidad de monitores de campos magnéticos para controlar de la energía que fluye a través de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica incluye la etapa S602 de determinación de una configuración de los conductores y del flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión en un ubicación a lo largo del conjunto de líneas de transmisión. Los posibles campos magnéticos en el área plana se pueden modelar utilizando la configuración de los conductores del conjunto de líneas de transmisión. Los datos del modelo pueden ser comparados con los datos de campo magnético reales para determinar un flujo de energía real del conjunto de líneas. Preferentemente, este modelado y la comparación se consiguen a través de un análisis de cálculo realizado en un ordenador digital. Después, el proceso de selección continúa en S604 mediante la determinación de las posiciones en un área sustancialmente plana que es transversal al conjunto de líneas de transmisión en la ubicación donde un cambio predeterminado en el flujo de energía del conjunto de líneas dará como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones. Preferentemente, esta etapa se realiza también a través de un análisis de cálculo realizado en un ordenador digital.

65 El cambio predeterminado en el flujo de energía del conjunto de líneas puede ser un nivel de precisión deseado, tal como 10MW o 5 por ciento. Este cambio predeterminado en el flujo de energía se refiere aquí como la "resolución de energía". Por lo tanto, para un conjunto de líneas de transmisión paralelas verticales que tiene un flujo de energía de

50MW/200MW, un sistema de control que tiene una resolución de energía de 10MW detectará un cambio que da como resultado un flujo de energía de 60MW/210MW.

5 Como se muestra en la Figura 7, la determinación de la configuración de los conductores y del flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión se realiza a través de las etapas de: S702 de obtención de distancias horizontal y vertical entre cada conductor y de los puntos de medición a través del área sustancialmente plana para determinar la configuración de los conductores del conjunto de líneas de transmisión en el área plana; S704 de obtención de los valores de campo magnético en dichos puntos de medición; S706 de generación, a través de los cálculos realizados en un ordenador digital, de los valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición para una serie de flujos de energía del conjunto de líneas; S708 de selección del flujo de energía del conjunto de líneas donde los valores pronosticados tienen el mejor ajuste con los valores medidos.

15 La Figura 8 muestra un área plana ejemplar 322 que es transversal al conjunto de líneas de transmisión paralelas verticales 324. Una pluralidad de puntos de medición 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338 se establecen bajo el conjunto de líneas de transmisión 324 y a través del área sustancialmente plana 322 a una altura, h , por encima del suelo. Una altura preferida por encima del suelo es de 1,22m (cuatro pies) (la altura de una colocación permanente de monitores estándares). También, un espaciamiento preferido entre los puntos de medición es de un metro, y los puntos de medición se extienden 30 metros a cada lado del centro del conjunto de líneas de transmisión 324. Por conveniencia, los puntos de medición 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338 de la Figura 8 se muestran a intervalos de 20 10 metros.

Al utilizar un dispositivo de medición de distancia disponible en el mercado (como un impulso 100, mediante Láser Technology, Inc. de Colorado), se recogen la distancia horizontal y distancia vertical entre cada punto de medición y cada conductor. Por ejemplo, la Figura 8 muestra un punto de medición 326 situado a 30 metros del centro del conjunto de líneas de transmisión 324, que tiene una distancia horizontal, d_x , y una distancia vertical, d_y , entre el punto de medición 326 y el conductor 340. Por supuesto, un experto en la materia reconocerá que otros medios de obtención de las distancias horizontal y vertical entre cada punto de medición y cada conductor se pueden utilizar dentro del alcance de la invención descrita en el presente documento. Las distancias horizontal y vertical entre todos los puntos de medición y todos los conductores establecen la disposición geométrica específica de cada conductor en relación con los puntos de medición y el uno al otro. Esta disposición geométrica específica es la configuración de los conductores.

Al utilizar un gausímetro calibrado (tal como un Tester de radiación de campo electromagnético, Modelo EMF- 200A (intervalo de 0,1mG 199,9mG), fabricado por AW Sperry Instruments Inc., de Hauppauge, Nueva York) del NIST (Instituto Nacional de Normativas y Muestreos) estandar, los valores de campo magnético se recogen también en cada punto de medición. Preferentemente, los componentes vectoriales horizontales y verticales de los campos magnéticos se recogen en cada punto de medición, pero ninguno de los componentes vectoriales de campo magnético que se necesitan podría ser recogido (en horizontal o vertical al conjunto de líneas, o 3-ejes en cualquier marco de referencia, tal como en relación con la superficie de la tierra, etc.) La medición de los valores se puede repetir y promediar. Adicionalmente, la medición tanto de las distancias como de los valores de campo magnético se puede repetir bajo diferentes condiciones ambientales para establecer perfiles de configuración de los conductores y del campo magnético para las diversas condiciones ambientales. Todavía adicionalmente, un experto en la materia reconocerá que otros medios de obtención de los valores de los componentes vectoriales de campos magnéticos medidos se pueden utilizar.

Al usar la configuración de los conductores y el modelado de Biot-Savart, los valores de campo magnético horizontal pronosticados y los valores de campo magnético vertical pronosticados son generados para una serie de flujos de energía del conjunto de líneas de transmisión, o en los flujos de energía del conjunto de líneas. Los conductores individuales de una línea de transmisión se suponen que llevan la misma corriente. La tensión de cada línea de transmisión se obtiene por inspección visual con referencias cruzadas con un recurso de asignación de las líneas de energía, como se ha mencionado anteriormente. Se supone un factor de energía de 1,0. Una matriz de valores de campo magnético pronosticados se calcula utilizando la configuración de los conductores para una serie de flujos de energía que ha variado entre cero y la tasa de energía máxima del conjunto de líneas de transmisión. El flujo de energía del conjunto de líneas que tiene los valores pronosticados que se ajustan mejor con los valores medidos se selecciona después como el flujo de energía real del conjunto de líneas.

La mejor determinación de ajuste se realiza mediante la suma del valor absoluto de las diferencias entre cada valor de campo magnético medido y el correspondiente valor de campo magnético pronosticado para determinar un error total para flujo de energía del conjunto de líneas, y seleccionar el flujo de energía del conjunto de líneas con el menor error total.

A continuación, como se muestra en la Figura 9, la colocación preferida de los monitores para el flujo de energía a través del conjunto de líneas de transmisión se determina por: S902 la obtención de valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición para el flujo de energía determinado del conjunto de líneas de transmisión; S904 la obtención de valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición para un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión donde el flujo de energía determinado ha cambiado en una cantidad

de energía predeterminada; S906 la determinación de las diferencias entre los valores pronosticados para el flujo de energía cambiado y los valores pronosticados para el flujo de energía determinado por el campo magnético en cada uno punto de medición, y S908 la selección de los puntos de medición con las diferencias máximas como las posiciones donde un cambio en el flujo de energía a través de la línea da como resultado el cambio máximo en el campo magnético.

Los valores de campo magnético pronosticados pueden ya haberse generado durante el cálculo de la matriz de valores de campo magnético pronosticados que se ha descrito anteriormente. El incremento más pequeño de cambio de energía que se desea detectar (es decir, la "resolución de energía") se selecciona como la cantidad de energía predeterminada para el flujo de energía cambiado. Una resolución de energía preferida para un sistema de control de flujo de energía típico es de 10MW. Los valores de campo magnético horizontal y vertical pronosticados para el flujo de energía cambiado pueden también ya haberse generado durante el cálculo de la matriz de valores de campo magnético pronosticados que se ha descrito anteriormente. Mediante la determinación de las diferencias entre los valores pronosticados para el flujo de energía cambiado y para el flujo de energía determinado, se determinan los puntos de medición que tienen el máximo cambio en el campo magnético para el flujo de energía cambiado.

Como se muestra en la Figura 10, un método gráfico para determinar la colocación preferida de los monitores incluye las etapas de: S1002 obtener los valores de campo magnético horizontal pronosticados y valores de campo magnético vertical pronosticados en cada punto de medición para el flujo de energía determinado del conjunto de líneas de transmisión; S1004 obtener los valores de campo magnético horizontal pronosticados y los valores de campo magnético vertical pronosticados en cada punto de medición para un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión donde el flujo de energía determinado ha cambiado en una cantidad de energía predeterminada; S1006 generar un curva de diferencia del campo magnético horizontal tomando la diferencia entre los valores de campo magnético horizontal pronosticados para el flujo de energía cambiado y los valores de campo magnético horizontal pronosticados para el flujo de energía determinado en cada punto de medición; S1008 generar una curva de diferencia del campo magnético vertical tomando la diferencia entre los valores de campo magnético vertical pronosticados para el flujo de energía cambiado y los valores de campo magnético vertical pronosticados para el flujo de energía determinado en cada punto de medición; y S1010 seleccionar los puntos máximos de la curva de diferencia del campo magnético horizontal y de la curva de diferencia del campo magnético vertical.

Por lo tanto, como se muestra en la Figura 11, un método para controlar el flujo de energía a través de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica incluye las etapas de: S1102 seleccionar las posiciones para una ubicación preferida de una pluralidad de monitores de campos magnéticos; S1104 colocar los monitores de campos magnéticos en las posiciones seleccionadas para la recogida de los datos de campo magnético; S1106 realizar un análisis de cálculo de los datos de campo magnético para determinar un flujo de energía a través del conjunto de líneas de transmisión, y S1108 comunicar dicho flujo de energía a un usuario final.

Haciendo referencia ahora a un ejemplo, la Figura 12 muestra los valores de campo magnético horizontal medidos, y los valores de campo magnético horizontal pronosticados para una serie de flujos de energía para un área plana particular que es transversal a un conjunto de líneas de transmisión paralelas verticales representativo. La Figura 13 muestra los valores de campo magnético vertical medidos, y los valores de campo magnético vertical pronosticados para una serie de flujos de energía para el conjunto de líneas de transmisión de la Figura 12. Como se muestra de forma gráfica, el mejor ajuste de los valores pronosticados con los valores medidos es un flujo de energía de 50MW/200MW, con 50MW fluyendo a través de la línea de transmisión izquierda, y 200MW fluyendo a través de la línea de transmisión derecha. Un mejor análisis de ajuste se podría realizar también a través de los cálculos realizados en un ordenador digital. Como se observa, existen las áreas 1202, 1204, 1302, 1304, 1306, donde grandes cambios en el flujo de energía dan como resultado solo cambios mínimos en la forma y magnitud de los valores de campo magnético horizontal y verticales pronosticados. Estas áreas no son óptimas para la colocación de monitores que miden los cambios en la energía que fluye a través del conjunto de líneas de transmisión.

Por lo tanto, es deseable determinar las posiciones donde un cambio predeterminado en el flujo de energía a través de la línea dará como resultado un cambio máximo en el campo magnético. Continuando con el flujo de energía determinado de 50MW/200MW del ejemplo de las Figuras 12 y 13, La Figura 14 muestra una curva de diferencia del campo magnético horizontal generada tomando la diferencia entre los valores de campo magnético horizontal pronosticados para un mayor flujo de energía de 10MW en cada línea de transmisión (es decir, un flujo de energía de 60MW/210MW) y los valores de campo magnético horizontal pronosticados para el flujo de energía determinado (es decir, 50MW/200MW). También se muestra una curva de diferencia del campo magnético vertical generada tomando la diferencia entre los valores de campo magnético vertical pronosticados para el aumento del flujo de energía de 10MW y los valores de campo magnético vertical pronosticados para el flujo de energía determinado. La curva de diferencia del campo magnético horizontal tiene puntos máximos de 1402 en la posición de 0 metros, y la curva de diferencia del campo magnético vertical tiene puntos máximos de 1404, 1406 a -11 metros y 11 metros. Las posiciones preferidas para la colocación de los monitores de campos magnéticos son, por lo tanto, en los puntos de medición situados en -11 metros, 0, y 11 metros.

Como una observación, se observa que el número mínimo preferido de monitores de campos magnéticos corresponderá a los tres puntos máximos de las curvas de diferencia del campo magnético horizontal y vertical. Sin embargo, la precisión adicional puede ser obtenida con la adición de otros monitores de campos magnéticos posicionados en el área sustancialmente plana, pero a expensas de los monitores adicionales.

5 En la descripción anterior de la presente invención, se debe reconocer que el método para la selección de una colocación preferida de monitores de campos magnéticos puede ser encontrado como instrucciones ejecutables contenidas en un medio legible por ordenador. Además, las etapas de determinar una configuración de los conductores y un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión, y determinar las posiciones donde un
10 cambio predeterminado en el flujo de energía da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones, se consiguen prácticamente a través de un análisis de cálculo realizado en un ordenador digital.

Un experto normal en la materia reconocerá que son posibles otras configuraciones y etapas adicionales. Esta descripción detallada, y en particular los detalles específicos de los ejemplos de realización divulgados, se proporcionan principalmente para claridad de entendimiento y ninguna limitación innecesaria se ha de entenderse a partir de la misma, las modificaciones serán obvias para los expertos en la materia tras la lectura de la presente divulgación.
15

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar la energía que fluye a través de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica, que comprende:

5 seleccionar las posiciones de una colocación preferida para una pluralidad de monitores de campos magnéticos (302, 304, 306, 307) mediante (a) la determinación de una configuración de los conductores y de un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión (324) en una ubicación a lo largo del conjunto de líneas de transmisión (324), y (b) la determinación de las posiciones en un área sustancialmente plana (322) que es transversal a dicho conjunto de líneas de transmisión (324) en dicha ubicación donde un cambio predeterminado en dicho flujo de energía da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones; colocar dichos monitores de campos magnéticos (302, 304, 306, 307) en dichas posiciones seleccionadas para recoger los datos de campo magnético; realizar un análisis de cálculo de dichos datos de campo magnético para determinar un flujo de energía a través de dicho conjunto de líneas de transmisión (324); y comunicar dicho flujo de energía a un usuario final; donde dicha sub-etapa de determinar la configuración de los conductores y el flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión (324) incluye:

20 obtener distancias horizontal y vertical entre cada conductor (340) y una pluralidad de puntos de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) a través del área sustancialmente plana (322) para determinar la configuración de los conductores del conjunto de líneas de transmisión (324); obtener valores de campo magnético medidos en dichos puntos de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338); generar, a través de los cálculos realizados en un ordenador digital, valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para una serie de flujos de energía del conjunto de líneas; y seleccionar el flujo de energía del conjunto de líneas donde los valores pronosticados tienen un mejor ajuste con los valores obtenidos.

30 2. El método de la reivindicación 1, donde la sub-etapa de seleccionar el flujo de energía del conjunto de líneas incluye:

35 sumar el valor absoluto de las diferencias entre cada valor de campo magnético medido y el correspondiente valor de campo magnético pronosticado para determinar un error total para cada flujo de energía del conjunto de líneas; y seleccionar el flujo de energía del conjunto de líneas con el menor error total ya que se ajusta mejor con los valores medidos.

40 3. El método de la reivindicación 2, donde dicha sub-etapa de determinar las posiciones donde un cambio en el flujo de energía del conjunto de líneas da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones incluye:

45 obtener los valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para el flujo de energía determinado del conjunto de líneas de transmisión (324); obtener los valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión donde el flujo de energía determinado ha cambiado en una cantidad predeterminada; determinar las diferencias entre los valores pronosticados para el flujo de energía cambiado y los valores pronosticados para el flujo de energía determinado para el campo magnético en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338); y seleccionar los puntos de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) que tienen las diferencias máximas como las posiciones donde un cambio en el flujo de energía del conjunto de líneas (324) da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones.

55 4. Un sistema para controlar la energía que fluye a través de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica, comprendiendo dicho sistema:

60 una pluralidad de monitores de campos magnéticos (302, 304, 306, 307) colocados en las posiciones seleccionadas en un área sustancialmente plana (322) que es transversal a dicho conjunto de líneas de transmisión (324), dichas posiciones seleccionadas mediante:

65 la determinación de una configuración de los conductores y de un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión en el área sustancialmente plana al: (a) obtener distancias horizontal y vertical entre cada conductor (340) y una pluralidad de puntos de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) a través del área sustancialmente plana (322) para determinar la configuración de los conductores del conjunto de líneas de

- transmisión (324); (b) obtener valores de campo magnético medidos en dichos puntos de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338); (c) generar, a través de los cálculos realizados en un ordenador digital, los valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para una serie de flujos de energía del conjunto de líneas; y (d) seleccionar el flujo de energía del conjunto de líneas donde los valores pronosticados tienen un mejor ajuste con los valores obtenidos, y
- 5 la determinación de posiciones en el área sustancialmente plana (322) donde un cambio predeterminado en el flujo de energía del conjunto de líneas da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones; y
- 10 una instalación de procesamiento central (308) en comunicación con dicha pluralidad de monitores de campos magnéticos (302, 304, 306, 307) para comunicar la determinación del flujo de energía a un usuario final.
5. El sistema de la reivindicación 4, donde las posiciones en el área sustancialmente plana (322) donde un cambio en el flujo de energía a través de la línea da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las
- 15 posiciones son determinadas mediante:
- la obtención de valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para el flujo de energía determinado del conjunto de líneas de transmisión (324);
- 20 la obtención de valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión (324) donde el flujo de energía determinado ha cambiado en una cantidad predeterminada;
- la determinación de las diferencias entre los valores pronosticados para el flujo de energía cambiado y los valores pronosticados para el flujo de energía determinado en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338); y
- 25 la selección de los puntos de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) que tienen las diferencias máximas como las posiciones donde un cambio en el flujo de energía del conjunto de líneas (324) da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones.
6. El sistema de la reivindicación 4, donde las posiciones en el área sustancialmente plana (322) donde un cambio
- 30 en el flujo de energía a través de la línea da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones son determinadas mediante:
- la obtención de valores de campo magnético horizontal pronosticados y de valores de campo magnético vertical pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para el flujo de energía
- 35 determinado del conjunto de líneas de transmisión (324);
- la obtención de valores de campo magnético horizontal pronosticados y de valores de campo magnético vertical pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión (324) donde el flujo de energía determinado ha cambiado en una cantidad predeterminada;
- 40 la generación de la curva de diferencia del campo magnético horizontal tomando la diferencia entre los valores de campo magnético horizontal pronosticados para el flujo de energía cambiado y los valores de campo magnético horizontal pronosticados para el flujo de energía determinado en cada punto de medición;
- la generación de una curva de diferencia del campo magnético vertical tomando la diferencia entre los valores de
- 45 campo magnético vertical pronosticados para el flujo de energía cambiado y los valores de campo magnético vertical pronosticados para el flujo de energía determinado en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338); y
- la selección de los puntos máximos de la curva de diferencia del campo magnético horizontal y de la curva de diferencia del campo magnético vertical como las posiciones donde un cambio en el flujo de energía a través de
- 50 la línea da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones.
7. Un medio legible por ordenador que tiene instrucciones ejecutables por ordenador para realizar un método para la selección de posiciones para una colocación preferida de una pluralidad de monitores de campos magnéticos (302, 304, 306, 307) para controlar el flujo de energía a través de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica (324), comprendiendo dicho método:
- 55 determinar una configuración de los conductores y un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión (324) en una ubicación a lo largo del conjunto de líneas de transmisión (324) mediante:
- la obtención de distancias horizontal y vertical entre cada conductor (340) y una pluralidad de puntos de
- 60 medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) a través de un área sustancialmente plana (322) que es transversal al conjunto de líneas de transmisión (324) para determinar la configuración de los conductores detallada del conjunto de líneas de transmisión (324) en la ubicación a lo largo de la línea;
- la obtención valores de campo magnético en dichos puntos de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338);
- 65 la generación de valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para una serie de flujos de energía del conjunto de líneas; y
- la selección del flujo de energía del conjunto de líneas donde los valores pronosticados tienen un mejor ajuste

con los valores medidos; y

5 determinar las posiciones en un área sustancialmente plana (322) en la ubicación donde un cambio predeterminado en el flujo de energía a través del conjunto de líneas (324) da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones, indicando de este modo la colocación preferida de los monitores (302, 304, 306, 307).

10 8. El medio legible por ordenador de la reivindicación 7, donde las instrucciones ejecutables por ordenador para realizar dicha etapa de determinar las posiciones donde un cambio en el flujo de energía del conjunto de líneas da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones, incluye:

15 obtener valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para el flujo de energía determinado del conjunto de líneas de transmisión (324);
 obtener valores de campo magnético pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión (324) donde el flujo de energía determinado ha cambiado en una cantidad predeterminada;
 20 determinar las diferencias entre los valores pronosticados para el flujo de energía cambiado y los valores pronosticados para el flujo de energía determinado para los valores de campo magnético horizontal y los valores de campo magnético vertical en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338); y
 seleccionar los puntos de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) que tienen las diferencias máximas como las posiciones donde un cambio en el flujo de energía del conjunto de líneas (324) da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones.

25 9. El medio legible por ordenador de la reivindicación 7, donde las instrucciones ejecutables por ordenador para realizar dicha etapa de determinar las posiciones donde un cambio en el flujo de energía del conjunto de líneas da como resultado un cambio máximo en el campo magnético en las posiciones incluye:

30 obtener valores de campo magnético horizontal pronosticados y de valores de campo magnético vertical pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para el flujo de energía determinado del conjunto de líneas de transmisión (324);
 obtener valores de campo magnético horizontal pronosticados y de valores de campo magnético vertical pronosticados en cada punto de medición (326, 328, 330, 332, 334, 336, 338) para un flujo de energía del conjunto de líneas de transmisión (324) donde el flujo de energía determinado ha cambiado en una cantidad predeterminada;
 35 generar una curva de diferencia del campo magnético horizontal tomando la diferencia entre los valores de campo magnético horizontal pronosticados para el flujo de energía cambiado y los valores de campo magnético horizontal pronosticados para el flujo de energía determinado en cada punto de medición;
 generar una curva de diferencia del campo magnético vertical tomando la diferencia entre los valores de campo magnético vertical pronosticados para el flujo de energía cambiado y los valores de campo magnético vertical pronosticados para el flujo de energía determinado en cada punto de medición(326, 328, 330, 332, 334, 336, 338); y
 40 seleccionar los puntos máximos de la curva de diferencia del campo magnético horizontal y de la curva de diferencia del campo magnético vertical como la colocación preferida para los monitores de campos magnéticos (302, 304, 306, 307) que miden el flujo de energía a través de un conjunto de líneas de transmisión de energía eléctrica.
 45

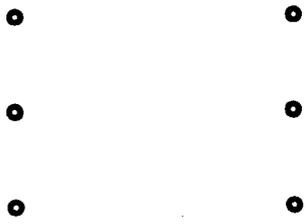


FIG. 1a



FIG. 1b



FIG. 1c



FIG. 1d



FIG. 1e



FIG. 1f

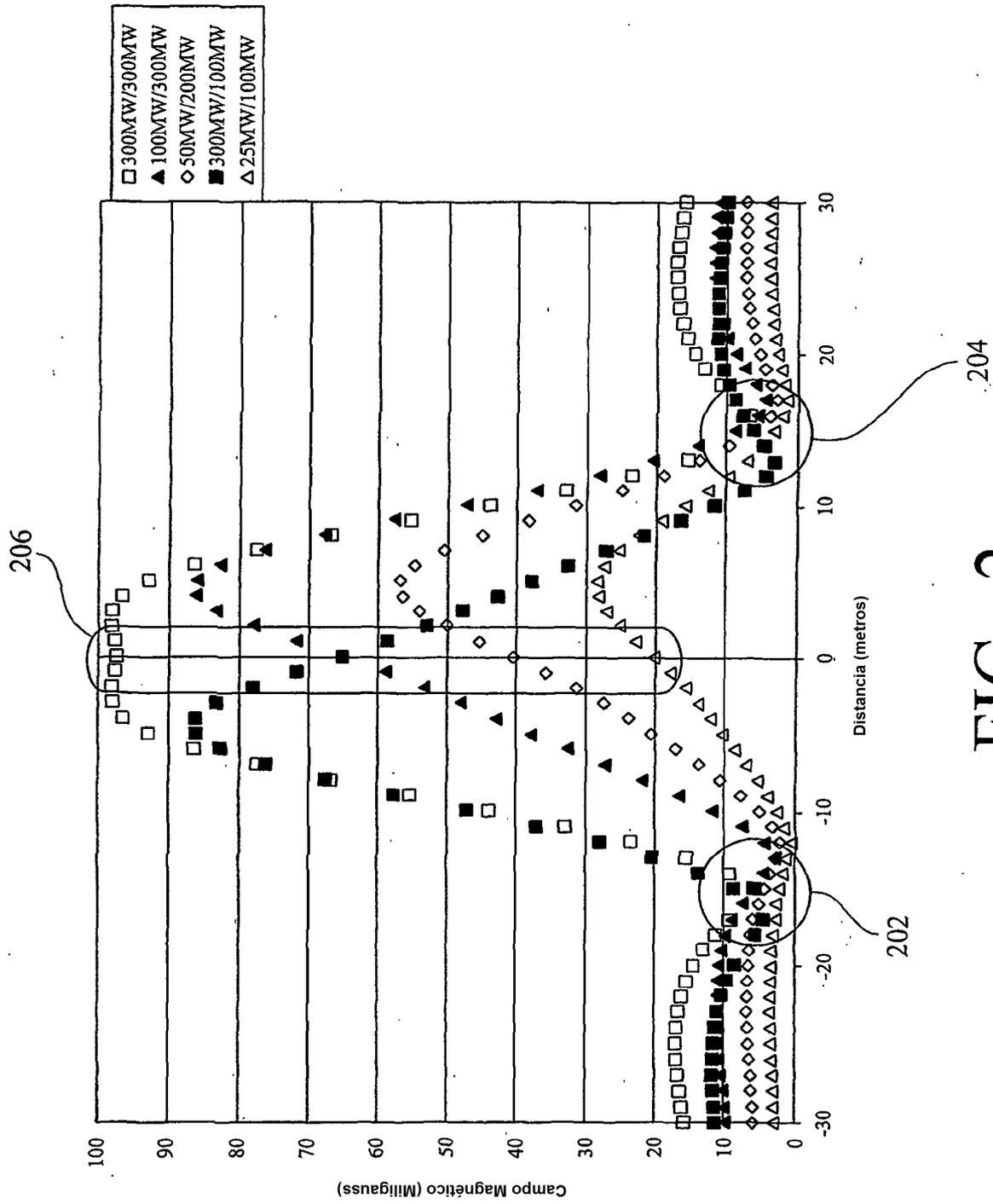


FIG. 2

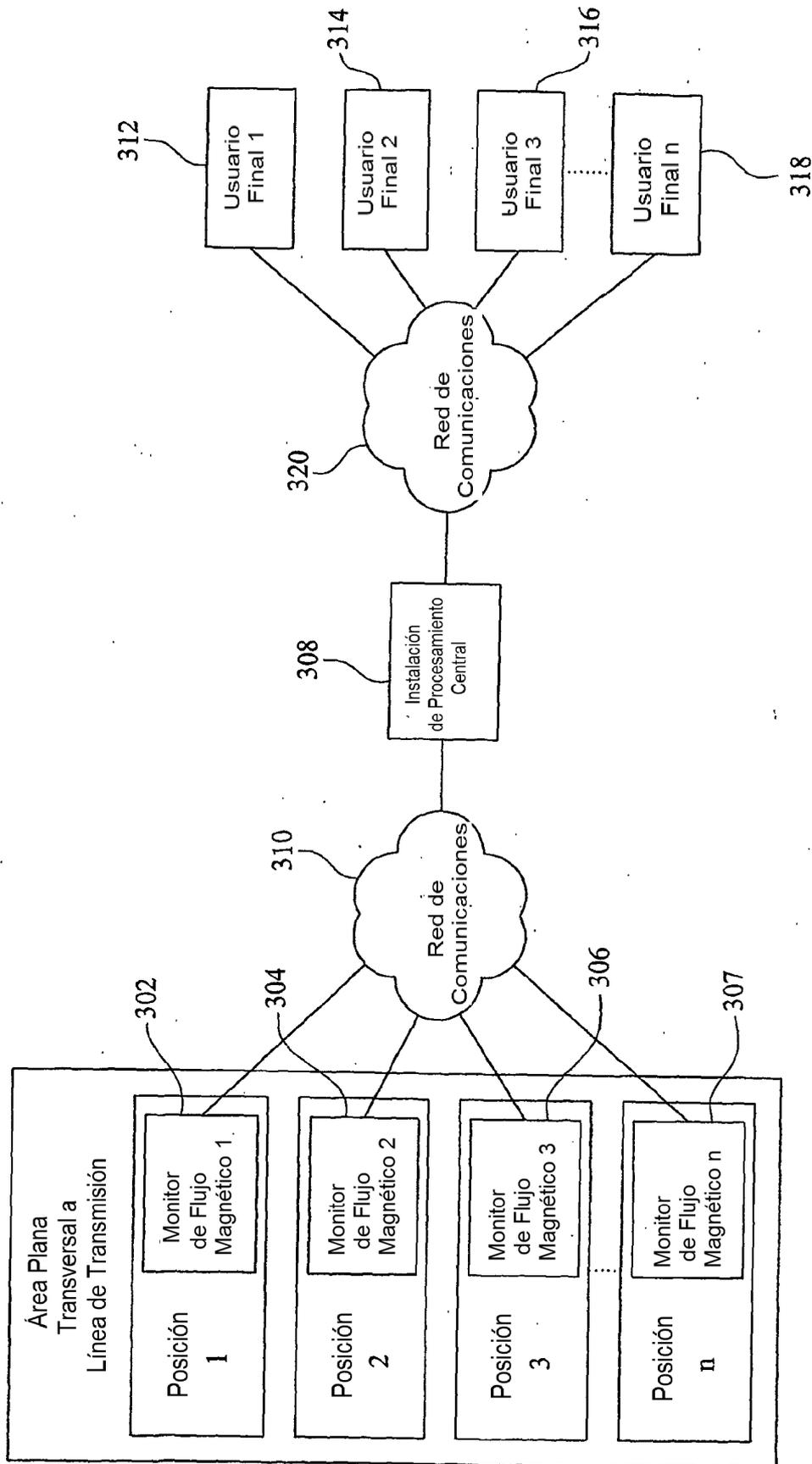


FIG. 3

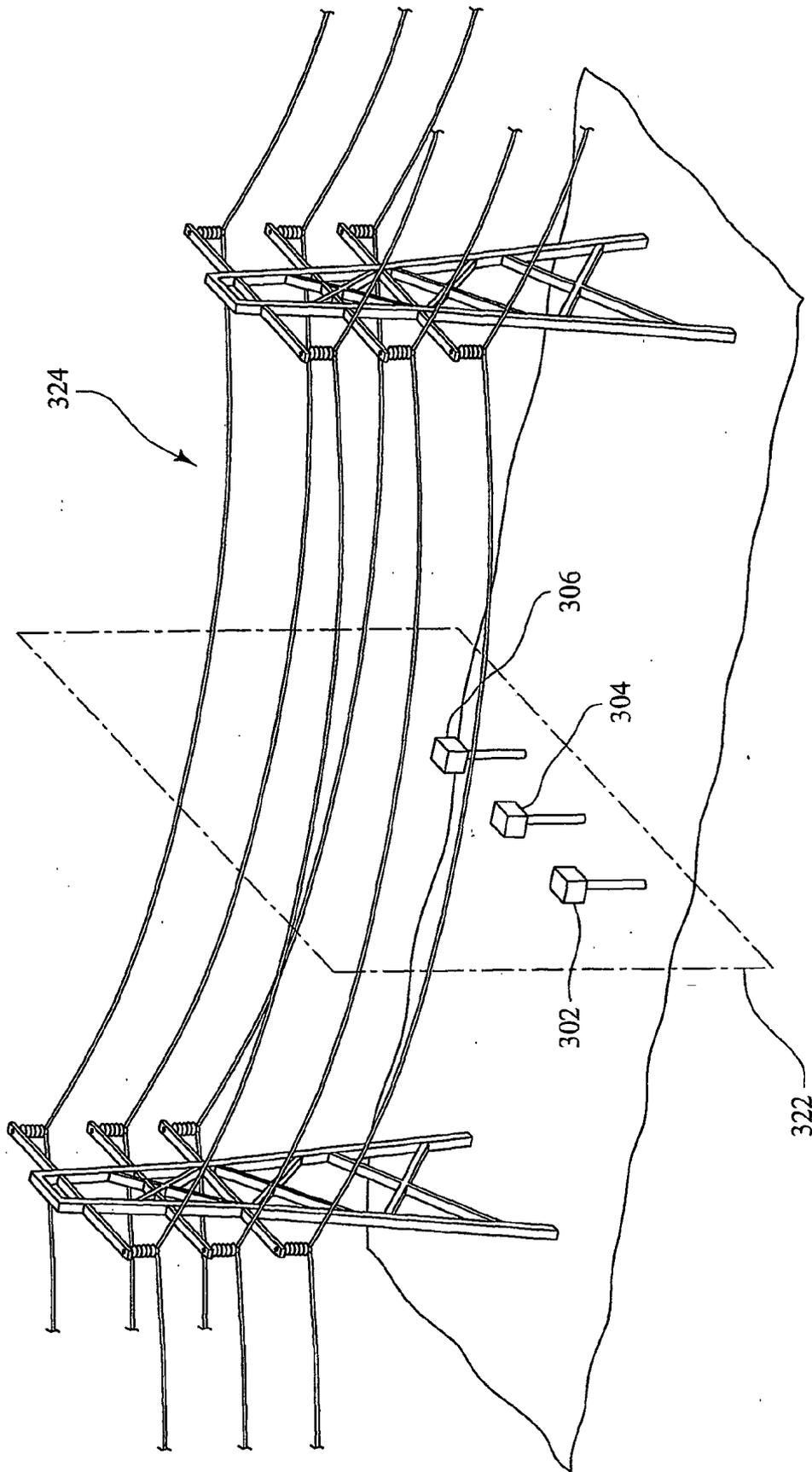


FIG. 4

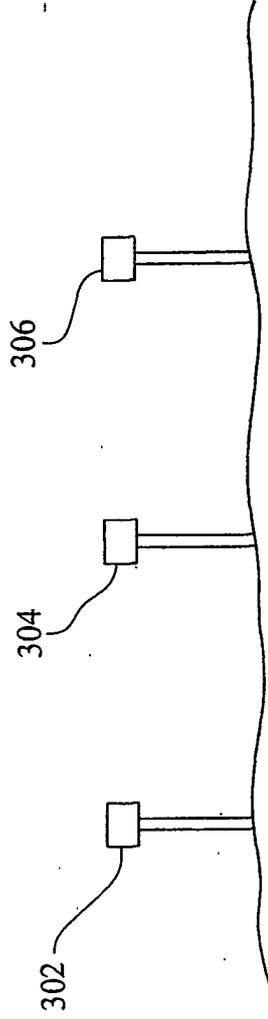
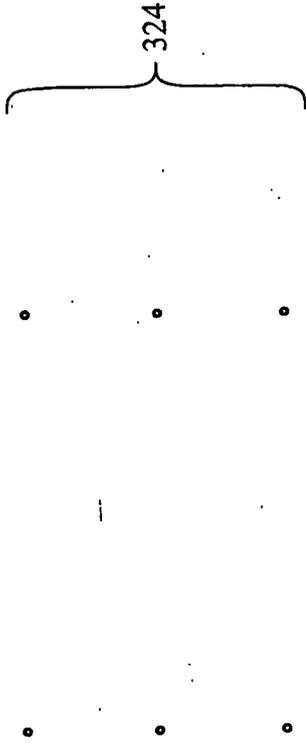


FIG. 5

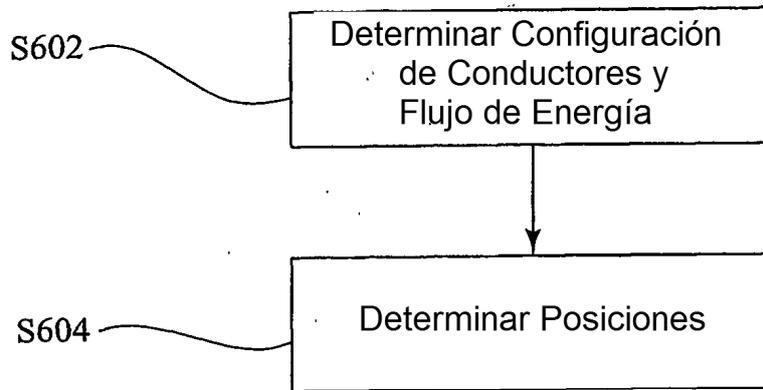


FIG. 6

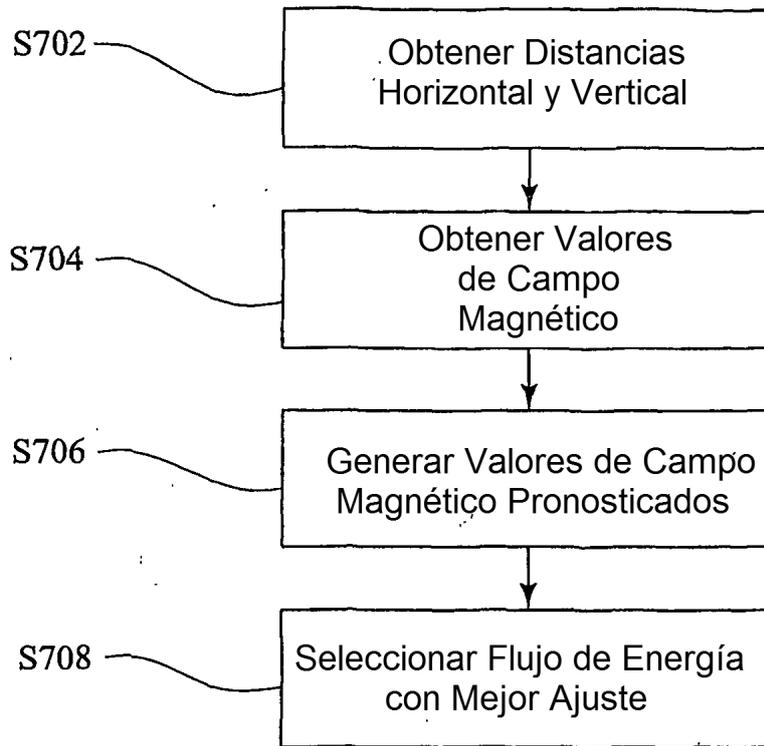


FIG. 7

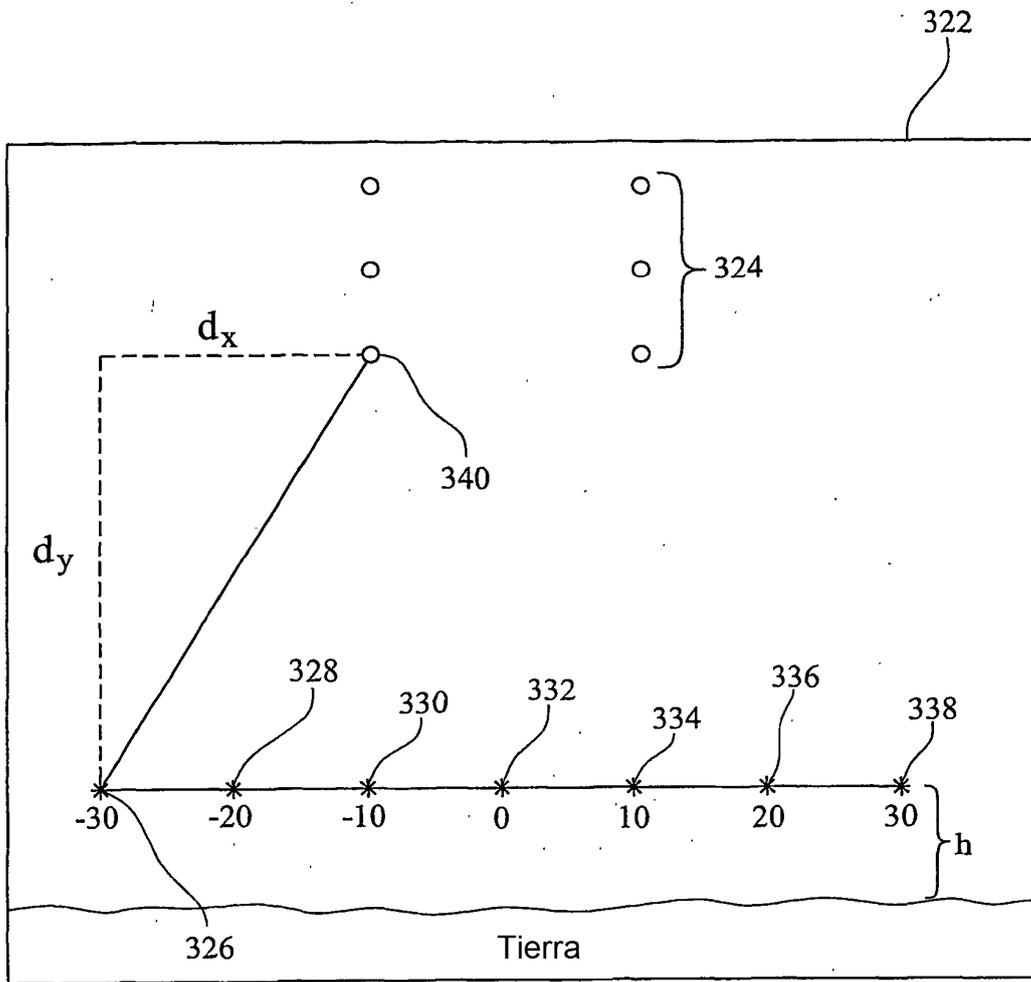


FIG. 8

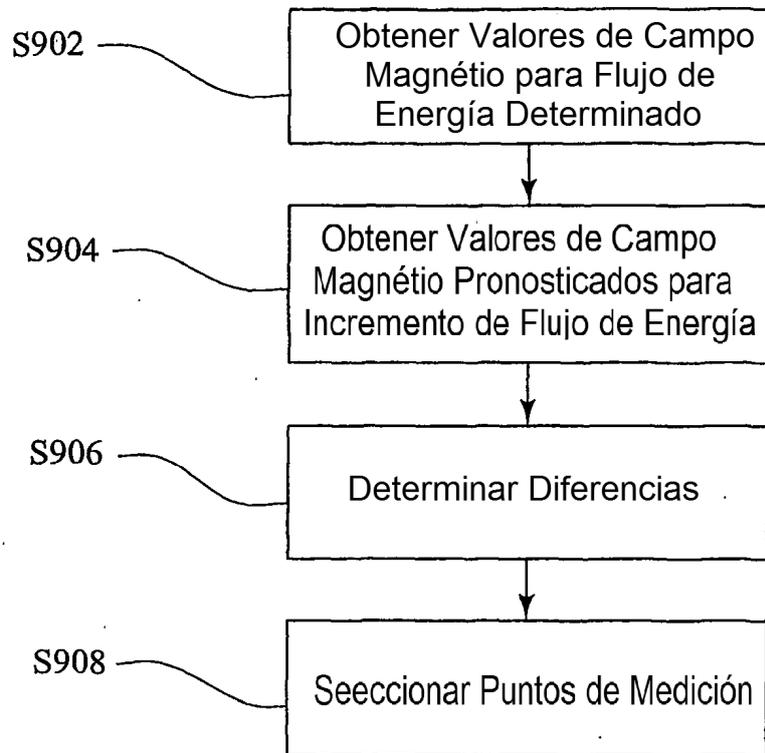


FIG. 9

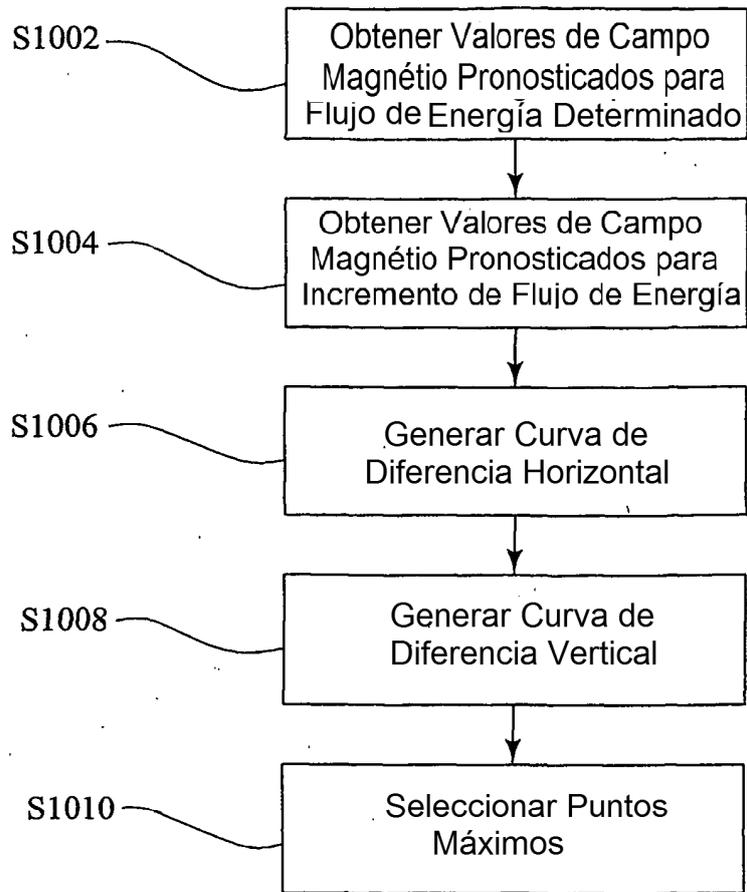


FIG. 10

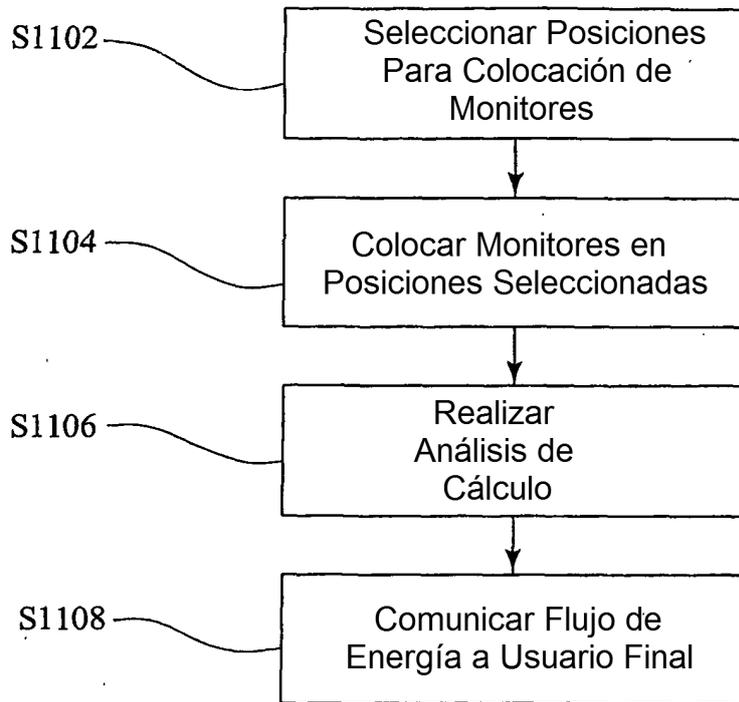


FIG. 11

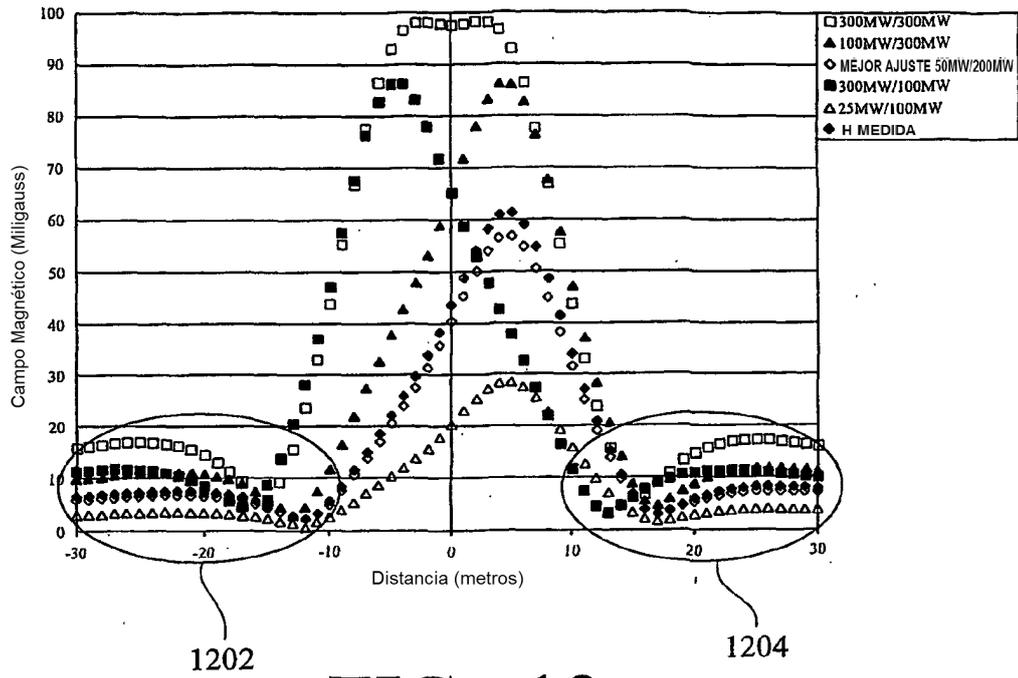


FIG. 12

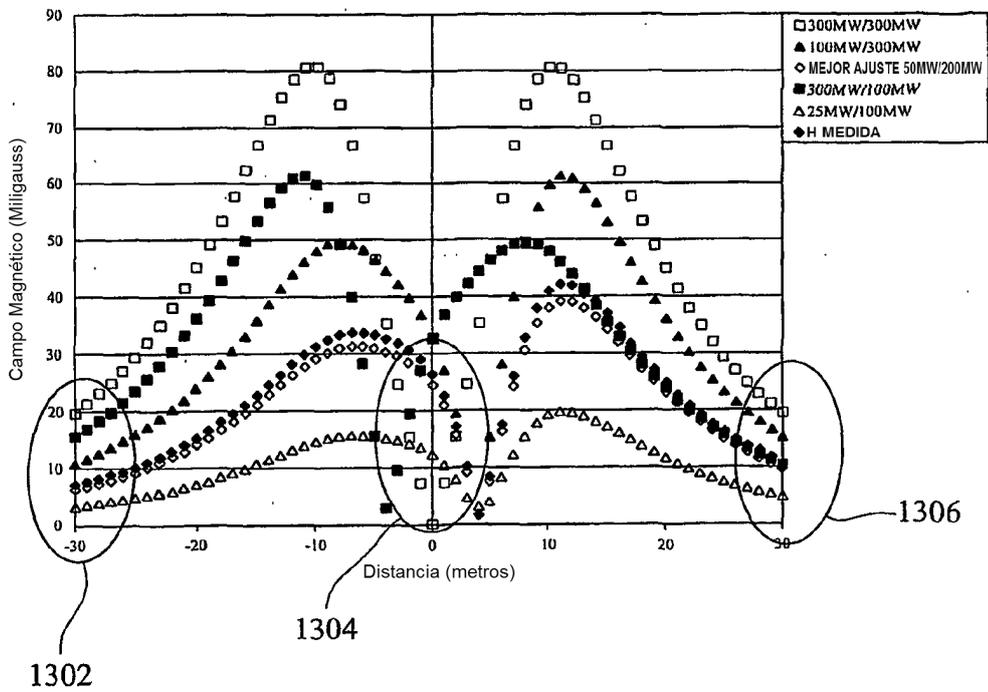


FIG. 13

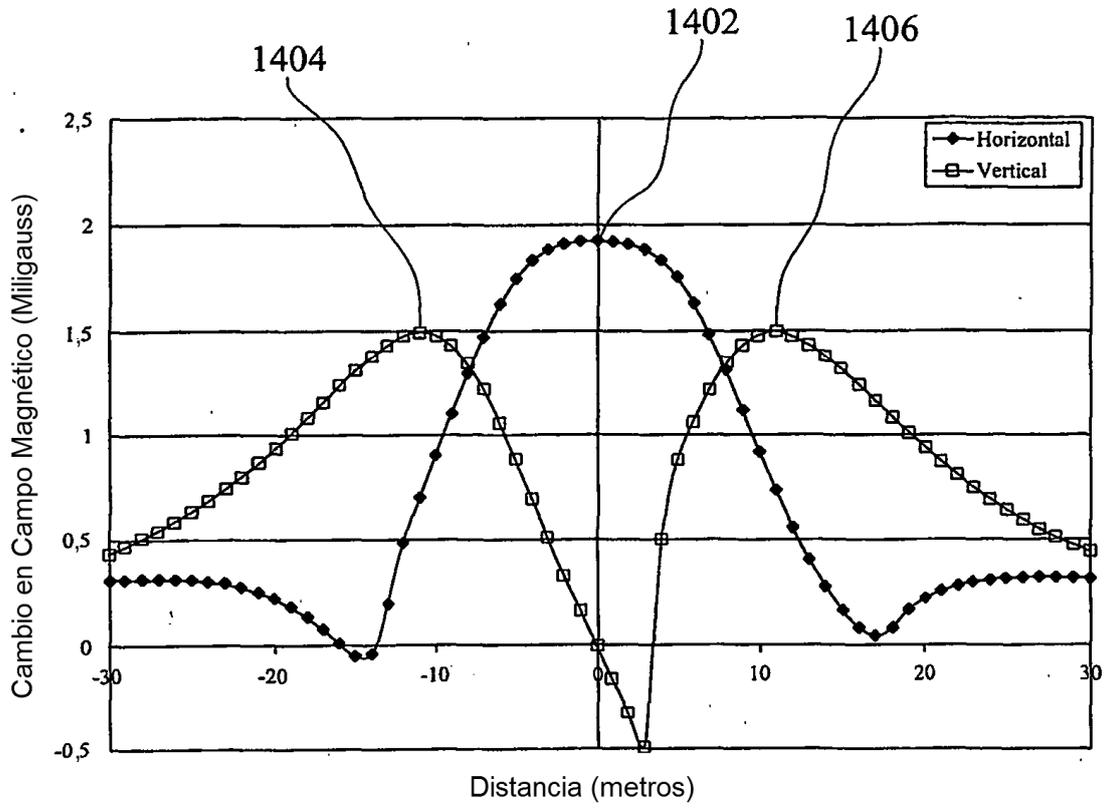


FIG. 14