

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 950 793**

51 Int. Cl.:

**G01R 29/08** (2006.01)

**G01R 31/08** (2010.01)

**G01R 29/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2015 E 19176065 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2023 EP 3546960**

54 Título: **Aparato y método para monitorizar y controlar detección de anomalías de voltaje parásito utilizando un sensor fotónico**

30 Prioridad:

**07.01.2014 US 201461924502 P**

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

**13.10.2023**

73 Titular/es:

**OSMOSE UTILITIES SERVICES, INC. (100.0%)  
635 Highway 74 South  
Peachtree City, GA 30269, US**

72 Inventor/es:

**KALOKITIS, DAVID**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 950 793 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

Aparato y método para monitorizar y controlar detección de anomalías de voltaje parásito utilizando un sensor fotónico

5 Antecedentes

Campo

10 La presente invención se refiere a la detección de campos eléctricos y, más en particular, a aparatos y métodos para detectar anomalías de voltaje parásito en campos eléctricos usando un sensor fotónico.

Descripción de la técnica relacionada

15 Los grandes sistemas de distribución de energía, especialmente aquellos en grandes áreas metropolitanas, están sujetos a muchas tensiones, que ocasionalmente pueden dar como resultado la generación de anomalías indeseables o peligrosas. Un problema poco frecuente, pero recurrente en las infraestructuras de distribución de energía es la presencia de "voltajes parásitos" en el sistema. Estos voltajes parásitos se pueden presentar cuando objetos, tal como tapas de registro, rejillas, postes de luz de calle, cabinas telefónicas y similares se energizan eléctricamente (por ejemplo, a 20 120VCA). Se puede establecer una ruta eléctricamente conductora entre el cableado de red secundario subterráneo y estos objetos a través de daños físicos al aislamiento eléctrico que dan como resultado un contacto directo entre elementos eléctricamente conductores o mediante la introducción de agua que actúa como conductor. Estos objetos energizados presentan peligros obvios para las personas y los animales en el público en general.

25 La detección de la existencia de voltajes parásitos por medio de la evaluación de la radiación electromagnética no es práctica porque la longitud de onda de una onda electromagnética de 60 Hz es de aproximadamente 5.000 kilómetros (es decir, aproximadamente 3.107 millas) de longitud. Para irradiar efectivamente ondas electromagnéticas, un objeto radiante (por ejemplo, una tapa de registro o un poste de luz) debe representar al menos 1/4 de longitud de onda (es decir, aproximadamente 1250 km (776,75 millas)) y una "antena" receptora debe estar a una distancia de 11/2 a 2 longitudes de onda de la fuente emisora (aproximadamente 10.000 km (6.214 millas)). Dos longitudes de onda es la distancia 30 requerida para que los campos eléctricos y magnéticos entren en fase de tiempo y cuadratura espacial donde se comportan como una onda plana. Un sistema de detección estará típicamente a quizás 3,1 m a 9,1 m (10 pies a 30 pies) de distancia del objeto energizado, de modo que la detección tendrá lugar en el campo cercano extremo donde existen campos eléctricos y magnéticos en un patrón temporal y espacial complejo, no como una onda plana electromagnética unificada. Por lo tanto, los campos eléctricos y magnéticos se deben considerar y medir por separado.

35 Debido a que las redes de distribución de energía generalmente tienen muchas millas de cable enterrado que transportan quizás miles de amperios de corriente, es probable que el campo magnético en cualquier ubicación debido a esta carga normal sea muy alto. La detección de campos magnéticos que surgen de una anomalía de voltaje parásito relativamente débil sería muy difícil debido a la interferencia de campos magnéticos ambientales fuertes que surgen de cargas normales y, por lo tanto, se ha determinado que la mejor manera de detectar una anomalía de voltaje parásito es evaluar el campo 40 eléctrico.

45 Las técnicas para la detección de voltajes parásitos se llevan a cabo típicamente mediante inspección manual de las infraestructuras eléctricas circundantes en busca de signos de fuga de corriente. Se puede emplear un equipo de inspección equipado, por ejemplo, con dispositivos de detección portátiles para realizar inspecciones físicas directas de las infraestructuras eléctricas. Sin embargo, normalmente se requiere que los inspectores que usan estos dispositivos de detección hagan contacto con porciones de infraestructuras eléctricas, tal como bases de farolas o tapas de registro, con el fin de obtener mediciones precisas para determinar la existencia de voltajes parásitos potencialmente peligrosos. Sin 50 duda, estas inspecciones manuales consumen mucho tiempo y dan una falsa sensación de seguridad.

Por consiguiente, existe una necesidad de proporcionar un medio más eficiente para detectar e identificar fuentes de anomalías de voltaje parásito en vastas áreas geográficas, particularmente, áreas urbanas, suburbanas y rurales pobladas.

55 Sumario

60 En la presente se proporcionan aparatos y métodos para detectar anomalías de voltaje parásito en campos eléctricos. En algunas realizaciones, un aparato para detectar un campo eléctrico puede comprender: al menos una sonda de sensor para generar datos correspondientes a un campo eléctrico detectado por la al menos una sonda de sensor; un procesador, acoplado a la por lo menos una sonda de sensor, para analizar los datos para identificar una anomalía de voltaje en el campo eléctrico; y un indicador, acoplado al procesador, para alertar a un usuario sobre la presencia de la anomalía de voltaje en el campo eléctrico.

65 Breve descripción de los dibujos

Realizaciones de la presente invención, resumidas brevemente anteriormente y analizadas con mayor detalle más

adelante, se pueden entender con referencia a las realizaciones ilustrativas de la invención representadas en las figuras adjuntas. Se debe señalar, sin embargo, que las figuras anexas ilustran solo realizaciones típicas de la presente invención y, por lo tanto, no se deben considerar limitantes de su alcance, debido a que la invención pueda admitir otras realizaciones igualmente eficaces. La invención es como se define en las reivindicaciones.

- 5 La figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de sensor de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;  
 Las figuras 2 - 2A son diagramas esquemáticos que ilustran la operación del sistema de sensor que emplea procesamiento electrónico digital de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;  
 10 Las figuras 3-5 son ilustraciones de una unidad de sistema de detección (DSU) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;  
 La figura 6 es una ilustración de un sistema de sensor montado en vehículo de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;  
 15 La figura 7 es otra ilustración de un sistema de sensor montado en vehículo de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;  
 La figura 8 es una ilustración de un sistema de sensor montado en vehículo de acuerdo con algunas otras realizaciones de la presente invención;  
 La figura 9 es un diagrama esquemático de un sistema de sensor de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención; y  
 20 La figura 10 es una ilustración de un sistema de sensor montado en vehículo de acuerdo con algunas realizaciones de ejemplo de la presente invención.

25 Para facilitar la comprensión, se han utilizado números de referencia idénticos, donde ha sido posible, para designar elementos idénticos que son comunes a las figuras. Las figuras no están dibujadas a escala y se pueden simplificar por claridad. Se contempla que los elementos y características de una realización se pueden incorporar de manera beneficiosa en otras realizaciones sin enumeración adicional.

Descripción detallada

30 Las realizaciones de la presente invención se refieren en general a aparatos y métodos para detectar una anomalía de voltaje parásito en un campo eléctrico usando un sensor fotónico. Para propósitos de claridad, y no a modo de limitación, las representaciones ilustrativas de la presente invención se describen con referencia a las figuras de los dibujos identificadas anteriormente.

35 La figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de sensor de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones. Las figuras 2 - 2A son diagramas esquemáticos que ilustran la operación del sistema de sensor que emplea procesamiento electrónico digital de acuerdo con algunas realizaciones. Para comprender mejor, el lector se debe referir a las figuras 1, 2 y 2A simultáneamente.

40 De acuerdo con algunas realizaciones, el sistema de sensor 100 generalmente comprende una unidad de sensor fotónico 101 y una unidad de sistema de detección (DSU) 110. El sensor fotónico 101 acepta el láser de banda ancha 103 como una entrada y emite una señal digital a un fotorreceptor 107. De acuerdo con realizaciones de ejemplo, el sensor fotónico 101 se compone de materiales electro-ópticos (EO). Se establece un campo eléctrico entre una fuente de voltaje parásito y la tierra. La orientación del sensor 101 se puede modificar para detectar componentes de campo horizontales o  
 45 verticales, con una relación de extinción de polarización cruzada de aproximadamente 20 dB. También se pueden usar múltiples sensores fotónicos para expandir el intervalo de tiempo para detectar voltajes anómalos. En algunas realizaciones, el láser 103 puede ser un láser de 1550 nm, acoplado a la entrada del sensor 101 a través de un cable de fibra óptica de mantenimiento-polarización (PM). La salida del sensor fotónico 101 se acopla al fotorreceptor 107 a través de un cable de fibra óptica monomodo, cuyas lecturas se acoplan al DPS 112 a través de la sección analógica 114. De  
 50 acuerdo con realizaciones de ejemplo, el sensor fotónico 101 se puede montar en un vehículo en lugar de DSU 110. En otras realizaciones, el sensor fotónico 101 y el láser acompañante 103 y el fotorreceptor 107 se pueden montar en un vehículo junto con la DSU 110 para la detección móvil de anomalías de voltaje parásito. En algunas realizaciones, el sensor fotónico 101 es un interferómetro Mach Zehnder basado en guía de ondas de niobato de litio.

55 En realizaciones de ejemplo, el campo detectable mínimo por el sensor fotónico 101 se define como el nivel de campo en el que la señal de potencia es igual al ruido en un ancho de banda de 1 Hz, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$E_{min} = E_0 10^{-(P_{señal} - P_{ruido})/20}$$

60 De acuerdo con algunas realizaciones, la amplitud de campo eléctrico puede variar significativamente a lo largo de una serie de mediciones por parte del sensor fotónico 101. En algunos casos, esto puede ser causado por la variación de la respuesta de sensor con el tiempo debido a la dependencia de temperatura y la fluctuación de la potencia en el láser 103. Estas fluctuaciones se compensan al monitorizar la potencia óptica del láser 103 y el sensor 101 y modificar en escala las mediciones en consecuencia, como se describe en " Advanced Materials and Device Technology for Photonic Electric

Field Sensors", J. E. Toney, V.E. Stenger, S.A. Kingsley, A. Pollick, S. Sriram y E. Taylor, Proc. SPIE, Vol. 8519 (2012).

Las lecturas de la DSU 110 se usan inicialmente para ubicar un área general dentro de la cual se miden los voltajes anómalos parásitos. Con el fin de reducir aún más la ubicación particular de la anomalía de voltaje parásito, las mediciones del sensor fotónico 101 se introducen en la sección analógica de entrada 114, comprendida por filtros 116 y amplificadores 120. La salida de los amplificadores 120 se digitaliza mediante el convertidor analógico a digital 122 del DPS 112 y luego se convierte en intensidades de campo eléctrico mediante el DPS 112, como se describe más adelante. El sensor fotónico 101 se basa en materiales no conductores que perturban mínimamente el campo eléctrico y, por lo tanto, permiten una mayor precisión que la DSU 110.

De acuerdo con una realización, la DSU 110 se habilita primero por la computadora portátil 136 en tanto que un vehículo (acoplado a la montura que se muestra en la figura 6) comienza una ruta para buscar voltajes anómalos. A medida que el vehículo conduce la ruta, el DPS 112 analiza la intensidad de campo y puede determinar que una ubicación general probablemente tiene un objeto energizado. Una vez que el DPS 112 establece que se determina que un voltaje parásito de un objeto energizado se encuentra en la ubicación general, la computadora laptop 136 puede deshabilitar las mediciones de lectura de las intensidades de campo eléctrico de la DSU 110 y habilitar el sensor fotónico 101. Debido a que el sensor fotónico 101 produce lecturas más precisas en un área pequeña, el DPS 112 digitaliza las lecturas de campo eléctrico sin procesar del sensor 101 a medida que el vehículo atraviesa la ubicación general lentamente. El DPS 112 convierte las lecturas en intensidades de campo eléctrico y analiza las intensidades de campo, como se describe más adelante, para determinar si hay un objeto energizado en la ubicación actual con base en las intensidades de campo digitalizadas y analizadas más recientes. La sensibilidad local del sensor fotónico 101 permite una determinación precisa de la ubicación de un objeto energizado con niveles de voltaje anómalos y potencialmente peligrosos. Una vez que se ubica el objeto energizado con un voltaje anómalo, el vehículo puede continuar en su ruta para determinar si hay otros objetos energizados alrededor.

La DSU 110 puede recibir mediciones de campo eléctrico de una o más sondas de sensor, en donde cada sonda de sensor comprende al menos un electrodo. Por ejemplo, las sondas de sensor 110x, 110y o 110z pueden comprender respectivamente dos electrodos 110x - 110x, 110y - 110y y 110z - 110z. La DSU 110 puede emplear cualquier número de sondas de sensor con el fin de medir un campo eléctrico en cualquier área particular de interés que se inspeccione para detectar anomalías de voltaje parásito en campos eléctricos, tal como las realizaciones analizadas más adelante con respecto a las figuras 3-5 y 7-8. Por ejemplo, la DSU 110 puede emplear solo una de estas sondas de sensor 110x, 110y o 110z, sondas de sensor adicionales para complementar las mediciones obtenidas por las sondas de sensor 110x, 110y o 110z o cualquier otra combinación adecuada de sondas de sensor. Por ejemplo, en algunas realizaciones, puede ser tal que las señales de un par de electrodos no proporcionen normalmente datos de campo eléctrico que sean de interés, por ejemplo, como donde están presentes alambres de distribución de energía elevados que producen altos campos, y por lo tanto el par de electrodos, por ejemplo, 110z - 110z, que detectan los componentes de campo vertical se pueden, pero no es necesario, omitir. En algunas realizaciones, la DSU 110 puede emplear una disposición de sonda de sensor de múltiples ejes como las descritas, por ejemplo, en la patente de los Estados Unidos de propiedad común 7.248.054, presentada el 13 de septiembre de 2005 y emitida el 24 de julio de 2007, y la patente de los Estados Unidos 7.253.642, presentada el 13 de septiembre de 2005 y emitida el 7 de agosto de 2007.

El sistema de sensor 100 emplea un sistema de procesamiento digital (DPS) 112 capaz de procesar datos de electrodo proporcionados por la DSU 110 y el sensor fotónico 101 casi en tiempo real (por ejemplo, con menos de un segundo de latencia). En algunas realizaciones, tal como la realización representada en la figura 1, el DPS 112 se dispone para interactuar directamente con una disposición de sonda de sensor de tres ejes, tal como DSU 110.

En algunas realizaciones, el DPS 112 comprende un convertidor analógico a digital (ADC) multicanal 122, un procesador de señales digitales (DSP) 124, una memoria (EEPROM) 126, un amplificador de audio 128, un dispositivo de transducción audible (altavoz) 130, uno o más convertidores de datos 132 (por ejemplo, convertidores SPI a RS-232 unidireccionales o bidireccionales) y una fuente de energía eléctrica, tal como un convertidor de energía 134. El convertidor de energía 134 proporciona los diversos voltajes para operar el DPS 112 y otros dispositivos electrónicos. En algunas realizaciones, la energía eléctrica para el sistema de sensor 100 se puede obtener de cualquier fuente de energía eléctrica conveniente, tal como el sistema eléctrico o la batería 105 del vehículo (por ejemplo, camión) en o con el que se opera el sistema de sensor 100 o una batería separada.

El DPS 112 se acopla al fotorreceptor 107 a través de una conexión de fibra óptica. El fotorreceptor 107 digitaliza las señales del sensor fotónico 101. El DPS 112 realiza, de acuerdo con una realización, una transformada Rápida de Fourier de 200 puntos en un lapso de frecuencia de 0 a 100 (o 200 Hz), para un ancho de banda de resolución efectivo de 0,5 (o 1,0) Hz en las señales digitalizadas del fotorreceptor 107. El DPS 112 se acopla a la DSU 110 a través de una sección de entrada (analógica) 114, que comprende filtros de paso bajo 116 y amplificadores separadores 120. En algunas realizaciones, por ejemplo tal como la realización representada en la figura 1, la sección de entrada 114 comprende al menos un (seis mostrados) filtro de paso bajo 116, uno por cada electrodo de sondas de sensor 110x, 110y, 110z, cada uno precedido por un amplificador 118, y seguido por un amplificador separador 120. En algunas realizaciones, el amplificador 118 tiene una impedancia de entrada alta y exhibe cierta ganancia.

En algunas realizaciones, la frecuencia de corte del filtro de paso bajo 116 se puede seleccionar para minimizar los efectos

5 del solapamiento. Por ejemplo, cuando el ADC 122 muestrea datos proporcionados desde las sondas de sensor 110x, 110y, 110z a una velocidad de 960 muestras por segundo, un filtro de paso bajo adecuado 116 puede tener una frecuencia de corte (a -3 dB) de aproximadamente 240 Hz y una pendiente de -24 dB por octava. Por lo tanto, a 900 Hz, la primera frecuencia que se solapa directamente con la frecuencia de 60 Hz de interés, el filtro de paso bajo 116 suministra un rechazo o atenuación de aproximadamente 46 dB.

10 En algunas realizaciones, un ADC adecuado 122 puede operar a una velocidad de ráfaga de conversión de aproximadamente 842 KSPS (kilo-muestras por segundo). Por ejemplo, cada 1/960 de segundo se ordena al ADC 122 que realice 96 conversiones, específicamente 16 lecturas de cada uno de los seis electrodos 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z. Las lecturas convertidas por el ADC 122 se pueden alternar de manera que se minimicen los efectos de distorsión temporal. Por ejemplo, el ADC 122 convierte los datos de electrodo de placa 1 (+ 110z), luego los datos de electrodo de placa 2 (- 110z), etc. a través del electrodo de placa 6 (-110x). Luego repite esta secuencia de seis conversiones 16 veces para un total de 96 conversiones. Esta ráfaga de conversiones toma aproximadamente 114 microsegundos (96/842 KHz), que es aproximadamente el 11% del 1/960 de segundo asignado para la conversión, en tanto que reduce los errores de cuantificación por un factor de cuatro. Se pueden emplear otras disposiciones de ADC y/u otras disposiciones de control de ADC.

20 Los datos se pueden transferir a la memoria 126 desde el ADC 122 a través de un enlace en serie accionado por una función de acceso directo a memoria (DMA) dentro del DSP 124. En algunas realizaciones, tal como en las figuras 2, se pueden obtener datos diferenciales a partir de datos de un solo extremo proporcionados al DSP 124 por la negación 221 de uno del par de valores de datos de un solo extremo y la suma 223 de un valor de datos de un solo extremo con el valor de datos negado. En estas realizaciones, las señales de un solo extremo de los electrodos 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z se pueden acoplar a los amplificadores diferenciales a un solo extremo 118 que proporcionan entradas equilibradas con ganancia y convierten la señal a formato analógico de un solo extremo para simplificar el procesamiento posterior, por ejemplo, mediante filtros de paso bajo 116. Un filtro de paso bajo activo de múltiples etapas 116 procesa entonces la señal para reducir señales distintas de la señal de 60 Hz deseada, es decir, para ayudar a separar la señal deseada de las señales de campo E que interfieren con la frecuencia cercana. La señal luego se amplifica adicionalmente y se almacena en la memoria intermedia y se encamina al ADC 122.

30 Tras la finalización de cada conversión de ráfaga de 96 eventos, como se ha descrito anteriormente en referencia a la operación del ADC 122, el DSP 124 promedia los datos para obtener seis valores (uno para cada uno de los seis electrodos 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z), y almacena los seis valores, por ejemplo, en una sola fila de una matriz de 6×256 puntos de una memoria interna al DSP 124. Esta acción se repite 256 veces hasta que se llena toda la matriz de la memoria interna del DSP 124, momento en el cual el DSP 124 realiza seis transformadas rápidas de Fourier (FFT) 224 en los seis vectores de columna. Cada FFT 224 produce una representación en el dominio de la frecuencia de las 256 muestras anteriores (para cada electrodo 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z) en forma de 128 valores complejos. Cada uno de estos valores complejos representa la fase y amplitud de la señal del electrodo opuesto 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z dentro de un intervalo 226 de 960 Hz/256=3,75 Hz. El 16<sup>to</sup> intervalo FFT 226 contiene la información de 60 Hz, que es la única información que es de interés con respecto a la detección de voltajes parásitos de 60 Hz. El procesador DSP 124 calcula la magnitud al cuadrado de estos datos del intervalo 226 (su parte real al cuadrado sumada con su parte compleja al cuadrado), y asigna este valor como la intensidad de campo para el electrodo 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z que lo produjo. Este proceso produce seis valores de intensidad de campo a una velocidad de 960 Hz/256=3,75 Hz.

45 En algunas realizaciones, tal como se representa en la figura 2A, se calculan las diferencias entre los valores de dominio de tiempo para los electrodos 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z, que da como resultado una matriz de 3×256 puntos, que luego se procesa utilizando la FFT 224 como se describe en el párrafo anterior.

50 En algunas realizaciones, los datos de campo medidos de las sondas de sensor 110x, 110y, 110z se almacenan como medidos (datos "sin procesar"), por ejemplo, como seis conjuntos de datos producidos por los electrodos 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z o como tres conjuntos de datos diferenciales producidos por los tres pares de electrodos de sonda 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z, o ambos. Los datos se pueden almacenar en una memoria 126 del DSP 124, o se pueden proporcionar a una computadora 136 o a cualquier otro dispositivo para almacenamiento y/o análisis adicional según el deseo del usuario.

55 La computadora 136 puede proporcionar una interfaz gráfica de usuario (GUI) 138 para que un operador controle la operación de las sondas de sensor 110x, 110y, 110z y el sistema de sensor 100, en particular, el DSP 124, y para monitorizar los datos de campo medidos. Por ejemplo, un operador puede ajustar los valores de las constantes y los factores de modificación de escala utilizados en el procesamiento de detección y promediado para producir una alarma audible como se describe. Más adelante se expone un ejemplo de un conjunto de comandos para la computadora 138. Los comandos se pueden ejecutar mediante entradas de pulsación de tecla únicas, entradas de pulsación de tecla plurales o clics de ratón. Los datos se pueden almacenar en cualquier formato que permita que los datos almacenados se exporten a un formato legible, tal como una base de datos, hoja de cálculo, documento de texto o similares.

65 Listado de conjuntos de comandos de sistema de sensor

A continuación, se describe una breve descripción de los comandos de sistema de sensor de ejemplo que están disponibles para un usuario del sistema de sensor de acuerdo con algunas realizaciones. Los comandos se pueden ejecutar en respuesta al símbolo (dado en el margen izquierdo más adelante) que se ingresa a través del teclado de la computadora o mediante una entrada de apuntar y hacer clic. Nota: Los caracteres no reconocidos generan un signo de interrogación "?" y un eco de ese carácter para indicar que se ha ingresado un comando inválido.

5 H Pantalla de ayuda de visualización - hace que se muestre la pantalla de ayuda que enumera todos los comandos.  
 { Entra en modo de consola GPS - la GUI se comunica directamente con el GPS y todas las entradas del teclado se reenvían al GPS, es decir, no se interpretan como comandos SVD)  
 10 } Sale del modo de consola GPS  
 Z Muestra la hora Zulú en la consola  
 V Muestra el número de versión del software actual  
 L Muestra la latitud, longitud, elevación y hora Zulú actuales del GPS  
 > Entra en modo de emisión de datos de detección de voltaje parásito - los datos para las seis placas de sonda se muestran a la velocidad de 3,75 Hz a la que se producen  
 15 < Sale del modo de emisión de datos de detección de voltaje parásito  
 + Incrementa el umbral manual de la alarma de audio SVD en 1 dB (solo en los modos de pitido "P" o "D")  
 - Disminuye el umbral manual de la alarma de audio SVD en 1 dB (solo en los modos de pitido "P" o "D")  
 P Modo de sonda diferencial APAGADO - pitido (tono de audio) si la señal de cualquier placa de sonda excede el umbral SVD. (Tono de 500 Hz a un ciclo de trabajo de 50% a una velocidad de 3,75 Hz)  
 20 D Modo de sonda diferencial ENCENDIDO - la tonalidad de tono de audio se basa en el promedio de las señales de los tres pares de placas diferenciales si están en los modos "S" o "U" (de lo contrario, tono de 500 Hz a ciclo de trabajo de 50% a una velocidad de 3,75 Hz si cualquier par diferencial de sondas excede el umbral SVD)  
 X Desactiva (o silencia) el pitido (tono de audio) hasta el comando "P" o "D" o "S"  
 25 S Tonalidad de tono de audio ajustada proporcional a intensidad de campo de 60 Hz \*al cuadrado\*  
 U Tonalidad de tono de audio es un promedio no ponderado de los últimos 32 valores de magnitud al cuadrado.  
 | Cambia la pantalla a la siguiente de velocidad (en mph), distancia (en pulsos de velocidad de rueda) y APAGADO  
 F Muestra la velocidad actual de vehículo (en mph).  
 A Pone DSP en modo automático (transmisión en directo de datos) para mostrar el archivo de registro a medida que se genera  
 30 M Pone DSP en modo manual (para control de terminal), que sale del modo "A"  
 # Pantalla de datos de emisión para los tres pares de sondas diferenciales a una velocidad de 60 líneas/segundo.  
 T Incrementa el umbral de corte de "cantante" (tono de audio) en ~ 0,5 dB y muestra nuevo valor  
 t Disminuye el umbral de corte de "cantante" (tono de audio) en ~ 0,5 dB y muestra el nuevo valor  
 35 G Incrementa la ganancia de tonalidad de "cantante" (tono de audio) en ~ 0,5 dB y muestra nuevo valor  
 g Disminuye la ganancia de tonalidad de "cantante" (tono de audio) en ~ 1 dB y muestra el nuevo valor  
 \* Restaura ajustes predeterminados.  
 0 Opera en modo diferencial con tono basado en promedio de las seis placas (igual que D anterior)  
 1 Opera en modo diferencial con tono basado en las placas 1 - 2 (placas superior e inferior)  
 40 2 Opera en modo diferencial con tono basado en las placas 3 - 4 (placas izquierda y derecha)  
 3 Opera en modo diferencial con tono basado en las placas 5 - 6 (placas delanteras y traseras)  
 4 Conecta X electrodos auxiliares entre sí (alterna conectar/desconectar)  
 5 Conecta Y electrodos auxiliares entre sí (alterna conectar/desconectar)  
 6 Conecta Z electrodos auxiliares entre sí (alterna conectar/desconectar)  
 45 \$ Conecta X electrodos auxiliares a común (alterna conectar/desconectar)  
 % Conecta Y electrodos auxiliares a común (alterna conectar/desconectar)  
 ^ Conecta Z electrodos auxiliares a común (alterna conectar/desconectar)

50 Con este fin, el DSP 124 puede comprender además un transmisor en directo de datos 240 que proporciona los datos no promediados independientemente de los ajustes de los interruptores de software 229, 231. Los datos proporcionados por el transmisor en directo de datos 240, por ejemplo, en un formato SPI, se pueden convertir en otro formato de datos digital estándar, por ejemplo, en formato RS-232, mediante convertidores de datos 132. Los convertidores de datos 132 también pueden convertir los datos recibidos en un formato dado, por ejemplo, formato RS-232, en un formato compatible con el DSP 124, por ejemplo, formato SPI, como es el caso de los datos proporcionados por el receptor del sistema de posicionamiento global (GPS) 140. El receptor GPS 140 puede ser cualquier dispositivo de localización capaz de recibir señales de una antena 142 difundidas por uno o más satélites GPS que orbitan la Tierra para determinar desde allí su ubicación en la Tierra.

60 Una vez que se determinan los seis valores de intensidad de campo (o tres valores de intensidad de campo diferencial), los procedimientos de nivel superior emplean estos seis valores (o tres valores) para producir datos en una forma que sea significativa para el usuario. Por ejemplo, una alarma de detección simplista está disponible para el usuario que compara los seis valores de intensidad de campo (o tres valores diferenciales de intensidad de campo) con un umbral definido por el usuario, y activa una alarma audible simple proporcionada por un amplificador de audio 128 y un altavoz 130, por ejemplo, una alarma de audio pulsante, si cualquiera de estos seis valores excede el umbral.

65 En algunas realizaciones, la alarma de detección puede producir una salida continua cuya tonalidad es proporcional a la

intensidad de campo. Para lograr el aspecto continuo de esta salida audible, los valores de intensidad de campo se pueden calcular a una velocidad mucho mayor que los 3,75 Hz básicos de los datos de FFT. Con este fin, el algoritmo de procesamiento realiza la FFT de 256 puntos 224 en las 256 muestras más recientes recopiladas (para cada electrodo 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z) como antes, pero para realizar esta operación a una velocidad de 60 Hz. Por lo tanto, después de recopilar cada 16 valores de conjunto de muestras promediados adicionales, la FFT 224 se vuelve a realizar, produciendo los seis valores de intensidad de campo (uno para cada electrodo 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z) a una velocidad de  $960 \text{ Hz}/16=60 \text{ Hz}$ . El gran grado de solapamiento de dominio de tiempo de cada FFT 224 a la siguiente FFT 224 en tanto que se usa este proceso produce un flujo de salida mucho más suave que el que se produce a la velocidad básica de 3,75 Hz.

Los valores de intensidad de campo producidos por el proceso FFT 224 varían de aproximadamente cero a aproximadamente dos millones. Las frecuencias de ejemplo razonables audibles para humanos para este tipo de sistema de detección caerían en un intervalo entre aproximadamente 70 Hz y aproximadamente 3 KHz. El contador de temporizador de 16 bits en el DSP 124 puede comprender además un premodificador de escala de 4 bits que permite que su reloj incidente se predivida (premodificado en escala) por un valor programable entre aproximadamente 1 y aproximadamente 16. Con un factor de preescala de 16, se produce una reducción de frecuencia adicional de división por dos debido a la naturaleza de alternancia de la salida de contador de tiempo como se describió anteriormente, y a un valor de período máximo de  $2^{16}=65536$ , se produce un tono de audio de  $144 \text{ MHz}/(16 \cdot 2^{16})=68,66 \text{ Hz}$ . Debido a que pocos datos útiles están contenidos en valores de intensidad de campo menores que aproximadamente 10, estos valores de intensidad de campo se programan para no producir salida audible. Para una intensidad de campo de 10, se obtiene un tono de 69,3 Hz, producido por 64939 que se escribe en el registro de período de contador de temporizador.

Para compensar la incapacidad de la audición humana típica para discernir con precisión las diferencias de tonalidad de una octava de un paso (un medio paso se define como un cambio de tonalidad de  $2^{1/12}$ , equivalente a la diferencia entre notas adyacentes en la escala cromática en temperamento igual comúnmente utilizada en la música occidental), la tabla de tonalidades utilizada se basa en esta cantidad de cambio de tonalidad, de modo que los cambios de tonalidad discretos se percibirían como un continuo por un oyente humano. Por lo tanto, un cambio de tonalidad incremental de la salida de audio del sistema de sensor 100 da como resultado un cambio de frecuencia de  $\pm(1-2^{1/96})$ , o  $\pm 0,7246\%$ . El efecto de una salida de tonalidad aparentemente continua se logra de este modo a partir de un sistema de tonalidad discreto. La tabla de tonalidades de 512 pasos empleada cubre un intervalo de tonalidad de 69,3 Hz a  $2^{(512/96)} \cdot 69,3=2,794 \text{ KHz}$ .

En algunas realizaciones, los datos de intensidad de campo del DSP 124 pueden variar de aproximadamente 10 a aproximadamente 2.100.000, o aproximadamente 5,3 décadas. Estos datos también se analizan logarítmicamente para ajustarse a la tabla de tonalidades de 512 elementos, de modo que cualquier incremento de  $10^{(1/96)}$  produciría un incremento de un incremento en la tonalidad. Por lo tanto, por cada 10 dB que incrementa la intensidad de campo, la tonalidad de la salida de audio 275 incrementa en aproximadamente una octava. El valor de período escrito en el contador de temporizador, por lo tanto,  $144 \times 10^6$  se divide por 32 (o 4,5 millones) dividido por la frecuencia de salida deseada. La tabla de tonalidades de 512 elementos se compone, por lo tanto, de dos columnas, una que representa la intensidad de campo y otra que representa el período de contador de temporizador. El proceso para determinar la tonalidad de audio de salida encuentra el valor de tabla de intensidad de campo más cercano a, pero no mayor que, el valor de intensidad de campo real actual, y aplica el valor del período de acompañante a un oscilador controlado numéricamente (NCO) 232.

En algunas realizaciones, tal como la realización descrita anteriormente, el NCO 232 comprende tanto un registro de período como un registro de temporizador. Cuando el registro de temporizador cuenta hacia atrás hasta cero, se recarga desde el registro de período y luego cuenta hacia atrás desde el valor de período. El proceso descrito solo puede actualizar el registro de período, evitando así la generación de discontinuidades de tonalidad transitorias que sonarían al oído como un "estallido" o "crujido". El registro de recuento se puede actualizar durante las transiciones de alto a bajo o de bajo a alto de la salida de audio, produciendo así un tono de salida de cuasi-portamento continuo.

En algunas realizaciones, por ejemplo, cuando un tono de audio es la salida principal para el usuario, el suavizado adicional de los datos puede proporcionar lo que podría considerarse una salida audible más agradable. Las discontinuidades de tonalidad causadas por la vibración de los electrodos 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z y otros efectos transitorios pueden hacer que la salida de audio sea significativamente menos significativa para el usuario. Un filtro de promediado de 32 puntos no ponderado 227 que precede directamente al NCO 232 en la cadena de procesamiento de audio, aunque introdujo una latencia adicional de  $32/60 \text{ Hz}=0,533$  segundos en el sistema 100, puede mitigar significativamente estos efectos transitorios, incrementando así la efectividad del usuario en la interpretación de los datos de audio. La latencia total de sistema, con este filtro de promediado adicional 227 habilitado (se puede habilitar o deshabilitar por el usuario a través del conmutador de software 231), es por lo tanto  $32/60 \text{ Hz} + 256/960 \text{ Hz}=0,8$  segundos. Esto es específicamente la latencia entre la detección de un campo por la sonda de sensor 110 x, 110 y, 110 z y su producción de tono resultante por el sistema de audio (por ejemplo, amplificador de audio 128 y altavoz 130).

En algunas realizaciones, el software del DSP 124 se puede estructurar para soportar datos diferenciales cuando se utiliza el modo de velocidad de datos de salida de 60 Hz. Los datos de electrodo de sonda diferencial se pueden usar para proporcionar una relación señal-ruido más alta en comparación con la de cualquier electrodo de placa individual. Se le puede dar al usuario la capacidad de seleccionar, por ejemplo, configurar los interruptores de software 229, 231, a través

de la interfaz gráfica de usuario (GUI) 138 de la computadora 136, cuál de los electrodos 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z usar para accionar el amplificador de audio de sistema 128 y el altavoz 130, más una cuarta opción, el promedio 228 de los tres pares. Los datos de salida de 60 Hz controlan entonces un oscilador controlado numéricamente (NCO) 232 dentro del DSP 124 para producir una tonalidad de audio (tono) que es proporcional a la intensidad de campo. Debido a que la percepción de tonalidad en seres humanos es logarítmica, los datos de intensidad de campo sin procesar se convierten en una escala logarítmica por DSP 124, que se puede lograr de cualquier manera conveniente, por ejemplo, por medio de una tabla de búsqueda.

En algunas realizaciones, para ciertos dispositivos DSP 124, por ejemplo, un procesador de señales digitales de tipo TMS320VC5509 disponible de Texas Instruments ubicado en Dallas, Texas, el NCO 232 que produce la salida de audio (nominalmente una onda cuadrada) es la salida de un contador de temporizador integral al circuito integrado (IC) DSP 124. El DSP 124 establece la frecuencia de este contador de temporizador escribiendo en él un valor de período. El reloj de DSP nominal 124 (144 MHz, en un ejemplo) hace que el contador de temporizador cuente hacia atrás desde este valor de período hasta cero, momento en el cual una señal de salida cambia de estado de alto a bajo (o de bajo a alto).

En algunas realizaciones, un receptor de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) 140 proporciona una referencia de ubicación que incluye latitud, longitud, elevación, hora y fecha, de modo que la ubicación del sistema de sensor 100 se conoce con una precisión razonablemente alta. Los datos de posición de GPS se pueden exportar a un software de mapeo de GPS convencional para su utilización. La información de ubicación de GPS se puede almacenar, por ejemplo, en la memoria del DSP 124 o de la computadora 136, de modo que haya una ubicación de precisión almacenada y una referencia de tiempo asociada con las mediciones almacenadas de datos de campo de 60 Hz desde la DSU 110.

Por lo tanto, los datos de ubicación de GPS proporcionan un registro de la ubicación en la que se detectó cada campo de voltaje parásito detectado y el tiempo del mismo, como se puede desear para análisis posterior, por ejemplo, para revisar la ubicación de una anomalía de voltaje parásito e identificar la fuente de la misma. Debido a que el pico de la respuesta a una fuente de anomalía de voltaje parásito no se puede determinar hasta después de que el vehículo haya pasado la fuente, la ubicación exacta de la fuente se puede no observar hasta después del tiempo en el que se detecta, es decir, hasta después de que se pasa. En tanto que es deseable y beneficioso registrar estos datos de ubicación y voltaje parásito, en un entorno de servicio típico, por ejemplo, en una calle de la ciudad, no es práctico detener el sistema de transporte del vehículo cada vez que se detecta un voltaje parásito, o retroceder el vehículo para determinar la ubicación exacta en la que tuvo lugar la detección.

Debido a que el sistema de sensor 100 se puede operar en entornos urbanos/ciudadinos donde los edificios y otros obstáculos distorsionan y/o bloquean las señales de un sistema satelital GPS para que no lleguen a la antena GPS 142 a través de una ruta directa, la información de ubicación GPS puede tener precisión degradada, o puede no estar disponible. Se pueden utilizar otros medios para determinar la ubicación del sistema de sensor 100, tal como un sensor de velocidad de rueda 144, en lugar de, o junto con, la información de ubicación GPS. Típicamente, el sensor 144 de velocidad de la rueda puede detectar revoluciones de la rueda 146 y, debido a que se conoce la circunferencia de la rueda 146, la distancia y la velocidad se pueden determinar a partir de la revolución de la rueda 146.

Por ejemplo, el sensor de velocidad de rueda 144 puede producir cuatro señales, típicamente pulsos, para cada revolución de la rueda W, en donde cada señal representa aproximadamente 16 pulgadas (aproximadamente 40-41 cm) de recorrido lineal. La mayoría de las tapas de registro MHC tienen un diámetro de aproximadamente 30-40 pulgadas (aproximadamente 0,75-1,0 m), por lo que las indicaciones de velocidad de rueda de cada uno a dos pies (aproximadamente 0,3 a 0,6 m) son suficientes para ubicar una tapa de registro MHC que tenga un voltaje parásito sobre la misma. Una realización adecuada del sensor de velocidad de rueda 144 utiliza un sensor de efecto Hall montado de modo que las sujeciones de rueda (espárragos y tuercas) que fijan la rueda W a un eje pasan lo suficientemente cerca como para que el sensor de efecto Hall produzca un pulso de salida detectable desde el mismo.

Esto puede eliminar ventajosamente la necesidad de una referencia de temporización transmitida u otra de 60 Hz y, por lo tanto, se puede disponer y operar desde un vehículo que se mueve a una velocidad sustancial, por ejemplo, hasta 15-25 millas por hora (aproximadamente 24-40 km/h), o más rápido. Además, esto permite el procesamiento de los datos de voltaje parásito detectados esencialmente en "tiempo real" para facilitar que un operador comprenda y responda a los datos detectados. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el sistema sensor 100 puede detectar una tapa de registro energizada a una distancia de aproximadamente 15 pies (aproximadamente 4,5 metros) cuando se mueve a velocidades de hasta aproximadamente 10 mph (aproximadamente 16 km/h) o menos, y detectar consistentemente un poste de luz energizado a una distancia de aproximadamente 25 pies (aproximadamente 7,5 metros) cuando se mueve a velocidades de hasta aproximadamente 20 mph (aproximadamente 32 km/h) o menos.

En algunas realizaciones, el sistema de sensor 100 puede comprender adicionalmente una unidad de sistema de formación de imágenes (ISU) 106, que puede recibir una entrada de video de una o más cámaras. La ISU 106 puede emplear cualquier número de cámaras adecuadas para proporcionar imágenes de transmisión de una escena patrullada. Las cámaras empleadas pueden ser cámaras de video, cámaras estereoscópicas, varias cámaras digitales, una combinación de las cámaras mencionadas anteriormente o cualquier otra cámara adecuada y una disposición de cámaras adecuada para obtener imágenes una escena patrullada.

- 5 En algunas realizaciones, se pueden proporcionar una o más cámaras para obtener imágenes de los alrededores donde se emplea el sistema de sensor 100. Por ejemplo, cuando el sistema sensor 100 se despliega en un vehículo de patrulla o remolque, se pueden proporcionar dos cámaras en el mismo, en donde cada cámara se dirige para ver en una dirección de aproximadamente 90° a la izquierda de la dirección de desplazamiento y 90° a la derecha de la dirección de desplazamiento, de modo que se obtienen imágenes de lo que está presente a la izquierda y a la derecha del vehículo de patrulla. Se pueden grabar imágenes de video a partir de las mismas. El sistema de sensor 100 atraviesa un entorno patrullado.
- 10 Las imágenes de video se pueden obtener a una velocidad de video estándar, por ejemplo, a 30 o 60 cuadros por segundo, pero pueden ser a velocidades mucho más lentas, por ejemplo, uno o dos cuadros por segundo, consistentes con las velocidades a las que se mueve el vehículo de patrulla. Por ejemplo, si un vehículo se mueve a entre 10 y 20 mph (aproximadamente 14-28 pies por segundo o aproximadamente 4,2-8,5 m/s), el video a una velocidad de video de dos cuadros por segundo proporcionaría una nueva imagen por aproximadamente cada 14 pies (aproximadamente 4,2 m) o menos de viaje, que debería ser suficiente para identificar la ubicación en la que se detectó el voltaje parásito.
- 15 Todas las imágenes de video se pueden grabar (almacenar) o solo se pueden grabar imágenes seleccionadas. En algunas realizaciones, las imágenes de video se almacenan en una memoria intermedia de datos de cuadros de video que tiene una capacidad para almacenar varios cuadros de datos de video durante un período de tiempo establecido. A medida que se almacena cada nuevo cuadro, se pierde el cuadro anterior más antiguo. Por lo tanto, la memoria intermedia de datos de video contiene cuadros de video durante el período de tiempo más reciente. En algunas realizaciones, se puede emplear una tarjeta "capturadora de cuadros", en forma de una tarjeta PCMCIA o una tarjeta interna, para sincronizar datos de campo eléctrico detectados por DSU 110 con datos de video procesados de ISU 106.
- 20 Tras la detección de un voltaje parásito, el operador puede hacer que las imágenes de video se almacenen en una memoria más permanente, o en otra memoria intermedia, por ejemplo, activando una función de "Captura" de la computadora 136, por lo que el video de las escenas a la izquierda y a la derecha del vehículo durante un período de treinta segundos que incluye el tiempo en el que se detectó el voltaje parásito se almacena y se puede revisar a conveniencia del operador, por ejemplo, en ese momento o en un momento posterior. Esta acción de almacenamiento se puede proporcionar al inhibir que la memoria intermedia de video acepte cuadros adicionales de datos de video, congelando de ese modo los datos almacenados en la misma, o puede ser mediante la transferencia de los datos almacenados en la memoria intermedia de video a otro dispositivo de memoria, tal como el disco duro de la computadora 136 y/o una memoria extraíble, por ejemplo, un disquete, un disco CD ROM, una memoria miniatura, una tarjeta de memoria, una memoria Memory Stick, o similares.
- 25 En algunas realizaciones, además de almacenar las imágenes de video, los tonos de audio producidos por el sistema de sensor 100 (y/o datos que representan los tonos), los datos de ubicación GPS, los datos del sensor de velocidad de rueda 144, o una combinación de estos, se almacenan de modo que las imágenes de video se pueden revisar en sincronismo con el tono de detección (y/o datos que representan el tono) y la ubicación GPS para permitir que un usuario/operador localice con mayor precisión dónde se detectó el voltaje parásito. Por ejemplo, al reproducir los datos de video, la información de ubicación GPS se puede mostrar y/o el tono de audio se puede reproducir, de modo que el operador pueda ubicar con precisión la fuente del voltaje parásito. Su control puede ser mediante iconos y otros controles proporcionados por una interfaz gráfica de usuario (GUI) 138 de la computadora 136. La reproducción de los datos almacenados sincronizados también se puede utilizar para entrenar al personal en la operación del sistema sensor 100.
- 30 En algunas realizaciones, además de almacenar las imágenes de video, los tonos de audio producidos por el sistema de sensor 100 (y/o datos que representan los tonos), los datos de ubicación GPS, los datos del sensor de velocidad de rueda 144, o una combinación de estos, se almacenan de modo que las imágenes de video se pueden revisar en sincronismo con el tono de detección (y/o datos que representan el tono) y la ubicación GPS para permitir que un usuario/operador localice con mayor precisión dónde se detectó el voltaje parásito. Por ejemplo, al reproducir los datos de video, la información de ubicación GPS se puede mostrar y/o el tono de audio se puede reproducir, de modo que el operador pueda ubicar con precisión la fuente del voltaje parásito. Su control puede ser mediante iconos y otros controles proporcionados por una interfaz gráfica de usuario (GUI) 138 de la computadora 136. La reproducción de los datos almacenados sincronizados también se puede utilizar para entrenar al personal en la operación del sistema sensor 100.
- 35 En algunas realizaciones, además de almacenar las imágenes de video, los tonos de audio producidos por el sistema de sensor 100 (y/o datos que representan los tonos), los datos de ubicación GPS, los datos del sensor de velocidad de rueda 144, o una combinación de estos, se almacenan de modo que las imágenes de video se pueden revisar en sincronismo con el tono de detección (y/o datos que representan el tono) y la ubicación GPS para permitir que un usuario/operador localice con mayor precisión dónde se detectó el voltaje parásito. Por ejemplo, al reproducir los datos de video, la información de ubicación GPS se puede mostrar y/o el tono de audio se puede reproducir, de modo que el operador pueda ubicar con precisión la fuente del voltaje parásito. Su control puede ser mediante iconos y otros controles proporcionados por una interfaz gráfica de usuario (GUI) 138 de la computadora 136. La reproducción de los datos almacenados sincronizados también se puede utilizar para entrenar al personal en la operación del sistema sensor 100.
- 40 En algunas realizaciones, además de almacenar las imágenes de video, los tonos de audio producidos por el sistema de sensor 100 (y/o datos que representan los tonos), los datos de ubicación GPS, los datos del sensor de velocidad de rueda 144, o una combinación de estos, se almacenan de modo que las imágenes de video se pueden revisar en sincronismo con el tono de detección (y/o datos que representan el tono) y la ubicación GPS para permitir que un usuario/operador localice con mayor precisión dónde se detectó el voltaje parásito. Por ejemplo, al reproducir los datos de video, la información de ubicación GPS se puede mostrar y/o el tono de audio se puede reproducir, de modo que el operador pueda ubicar con precisión la fuente del voltaje parásito. Su control puede ser mediante iconos y otros controles proporcionados por una interfaz gráfica de usuario (GUI) 138 de la computadora 136. La reproducción de los datos almacenados sincronizados también se puede utilizar para entrenar al personal en la operación del sistema sensor 100.
- 45 En algunas realizaciones, el sistema de sensor 100 puede comprender además un componente de transceptor 148 configurado para transmitir y recibir transmisiones de datos hacia y desde transceptores remotos. Por ejemplo, el componente de transceptor 148 puede ser un transceptor del tipo que es compatible con la norma de Wi-Fi IEEE 802.11, habilitada para BLUETOOTH<sup>MR</sup>, una combinación de red de área local (LAN), red de área amplia (WAN), red de área inalámbrica (WLAN), normas de red de área personal (PAN) o cualquier otra combinación adecuada de medios de comunicación para permitir la transmisión de datos. Por ejemplo, el componente de transceptor 148 puede ser un dispositivo habilitado para BLUETOOTH<sup>TM</sup>, proporcionando de este modo un medio para comunicar información relacionada con voltaje parásito entre el sistema 100 de sensores y un dispositivo remoto, tal como asistentes digitales personales (PDA), teléfonos celulares, computadoras portátiles y de escritorio, impresoras, cámaras digitales o cualquier otro dispositivo electrónico adecuado, a través de una radiofrecuencia de corto alcance asegurada. A partir de entonces, un miembro de servicio público equipado con el dispositivo remoto configurado para recibir la comunicación relacionada con el voltaje parásito se puede enviar a un sitio que se determina que tiene una anomalía de voltaje parásito potencial con el fin de neutralizar la anomalía. Se debe señalar que lo mencionado anteriormente se proporciona meramente como medios de ejemplo para la transmisión inalámbrica de datos relacionados con el voltaje parásito. Se pueden emplear otros medios de transmisión y recepción inalámbricos adecuados.
- 50 En algunas realizaciones, el sistema de sensor 100 puede comprender además un componente de transceptor 148 configurado para transmitir y recibir transmisiones de datos hacia y desde transceptores remotos. Por ejemplo, el componente de transceptor 148 puede ser un dispositivo habilitado para BLUETOOTH<sup>TM</sup>, proporcionando de este modo un medio para comunicar información relacionada con voltaje parásito entre el sistema 100 de sensores y un dispositivo remoto, tal como asistentes digitales personales (PDA), teléfonos celulares, computadoras portátiles y de escritorio, impresoras, cámaras digitales o cualquier otro dispositivo electrónico adecuado, a través de una radiofrecuencia de corto alcance asegurada. A partir de entonces, un miembro de servicio público equipado con el dispositivo remoto configurado para recibir la comunicación relacionada con el voltaje parásito se puede enviar a un sitio que se determina que tiene una anomalía de voltaje parásito potencial con el fin de neutralizar la anomalía. Se debe señalar que lo mencionado anteriormente se proporciona meramente como medios de ejemplo para la transmisión inalámbrica de datos relacionados con el voltaje parásito. Se pueden emplear otros medios de transmisión y recepción inalámbricos adecuados.
- 55 En algunas realizaciones, el sistema de sensor 100 puede comprender además un componente de transceptor 148 configurado para transmitir y recibir transmisiones de datos hacia y desde transceptores remotos. Por ejemplo, el componente de transceptor 148 puede ser un dispositivo habilitado para BLUETOOTH<sup>TM</sup>, proporcionando de este modo un medio para comunicar información relacionada con voltaje parásito entre el sistema 100 de sensores y un dispositivo remoto, tal como asistentes digitales personales (PDA), teléfonos celulares, computadoras portátiles y de escritorio, impresoras, cámaras digitales o cualquier otro dispositivo electrónico adecuado, a través de una radiofrecuencia de corto alcance asegurada. A partir de entonces, un miembro de servicio público equipado con el dispositivo remoto configurado para recibir la comunicación relacionada con el voltaje parásito se puede enviar a un sitio que se determina que tiene una anomalía de voltaje parásito potencial con el fin de neutralizar la anomalía. Se debe señalar que lo mencionado anteriormente se proporciona meramente como medios de ejemplo para la transmisión inalámbrica de datos relacionados con el voltaje parásito. Se pueden emplear otros medios de transmisión y recepción inalámbricos adecuados.
- 60 La computadora 136 u otro sistema informático adecuado puede proporcionar una GUI 138 para que un operador controle la operación del sistema de sensor 100, particularmente los componentes de medición y procesamiento asociados con la DSU 110, y para monitorizar los datos de campo eléctrico medidos. Por ejemplo, un operador puede ajustar los valores de las constantes y los factores de modificación de escala utilizados en el procesamiento de detección y promediado para producir una alarma audible (descrita en detalle más adelante). La computadora 136 también puede proporcionar un medio conveniente para almacenar un registro o bitácora de los datos medidos de campo y ubicación (GPS) para su
- 65

posterior revisión y/o análisis, como podría ser deseable para determinar cuándo y dónde existía una anomalía de voltaje parásito.

5 La GUI 138 recibe datos, directa o indirectamente, de varios componentes descritos junto con el sistema de sensores 100 y, en consecuencia, los muestra al operador con el fin de controlar y monitorizar la detección de anomalías de voltaje parásito presentes en las áreas patrulladas. La GUI 138 puede ser una interfaz basada en video que tiene una pantalla de video. Los datos proporcionados a la GUI 138 proporcionan al operador de la interfaz la oportunidad de monitorizar y analizar visualmente los datos entrantes medidos por un sistema de detección de voltaje parásito en la pantalla de video.

10 La figura 3 es un diagrama esquemático de una DSU 110 de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, tal como donde la DSU 110 no tiene acceso a una referencia a tierra, la DSU 110 puede usar un sensor diferencial. La DSU 110 puede comprender dos electrodos de placa metalizados separados 110x - 110x (par de electrodos 110x), separados por una estructura aislante 302x. La estructura aislante 302x puede ser rígida de modo que la vibración u otro movimiento físico de la DSU 110 en tanto que está en presencia de campos estáticos y de baja frecuencia no provoquen una salida espuria en la región de frecuencia de 60 Hz. Se pueden conectar los electrodos 110x - 110x a un amplificador 304. En algunas realizaciones, el amplificador 304 es un amplificador de alta impedancia de entrada (por ejemplo, aproximadamente 60 Tera-ohmios). La sensibilidad de la DSU 110 es una función del tamaño y la separación de los electrodos de placa.

20 La eficiencia y la sensibilidad de la DSU 110 se pueden ver afectadas negativamente por la interferencia de otros campos eléctricos. Los campos eléctricos de interferencia se pueden producir por otros dispositivos electrificados, tal como letreros de escaparate, dispositivos electrónicos, o similares. Además, a medida que las personas se mueven, por ejemplo, como peatones, tienden a generar cargas eléctricas en su ropa. Estos campos eléctricos de fondo interferentes causados por las cargas eléctricas asociadas con las personas ocurren típicamente en el intervalo de frecuencia de CD a 20 Hz. Los campos eléctricos potencialmente interferentes mencionados anteriormente pueden producir cargas que pueden inducir un voltaje en los electrodos 110x - 110x de la DSU 110, reduciendo así la sensibilidad de la DSU 110. Este problema se puede mitigar empleando realimentación en el amplificador 304 (es decir, el preamplificador diferencial analizado anteriormente) que reduce su sensibilidad a campos de baja frecuencia sin reducir la impedancia de entrada muy alta a 60 Hz que ayuda a dar al sistema de sensor 100 su alta sensibilidad a campos de 60 Hz.

30 La figura 4 es un diagrama esquemático de una DSU de tres ejes (triaxial) 110 de acuerdo con algunas realizaciones. Se puede emplear una disposición de tres ejes para realizar mediciones de campo eléctrico en los ejes X, Y y Z simultáneamente. La DSU 110, representada esquemáticamente en relación con una tapa de registro MHC, comprende tres pares de electrodos separados 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z (pares de electrodos 110x, 110y, 110z), del tipo mostrado en la figura 2 dispuestas en tres direcciones mutuamente ortogonales y cada una soportada por una estructura aislante 302x, 302y, 302z. Un amplificador de alta impedancia de entrada 304 se puede asociar con cada par de electrodos, y se puede incorporar en cualquier disposición de circuitería diferencial, de circuitería de un solo extremo, o una combinación de las mismas, como sea conveniente.

40 La figura 5 es un diagrama esquemático de la DSU 110 de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, la DSU 110 puede comprender además al menos un par (tres mostrados) de electrodos auxiliares eléctricamente conductores 500x - 500x, 500y - 500y, 500z - 500z (pares de electrodos auxiliares 500x, 500y, 500z) además de los pares de electrodos 110x, 110y, 110z. Los pares de electrodos auxiliares 500x, 500y, 500z se pueden soportar de manera similar a los pares de electrodos 110x, 110y, 110z como se describió anteriormente. En algunas realizaciones, los electrodos auxiliares 500x - 500x, 500y - 500y, 500z - 500z pueden ser planos y dispuestos generalmente paralelos entre sí y fuera de los pares de electrodos 110x, 110y, 110z (más lejos del centro de DSU 110) a lo largo de su eje respectivo.

50 Los electrodos auxiliares 500x - 500x, 500y - 500y, 500z - 500z pueden tener cualquier forma o tamaño adecuado para permitir mediciones precisas. En algunas realizaciones, los electrodos auxiliares 500x - 500x, 500y - 500y, 500z - 500z pueden ser más pequeños, del mismo tamaño o más grandes que los electrodos 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z. En algunas realizaciones, los electrodos auxiliares 500x - 500x, 500y - 500y, 500z - 500z son aproximadamente dos veces el tamaño de los electrodos 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z, y pueden estar dispuestos para definir un cubo que es aproximadamente dos veces más grande que el de un cubo definido por los pares de electrodos 110x, 110y, 110z. En algunas realizaciones, los electrodos auxiliares 500x - 500x, 500y - 500y, 500z - 500z se pueden colocar generalmente paralelos a los electrodos 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z, respectivamente.

60 En algunas realizaciones, por ejemplo, donde se utilizan pares de electrodos 500x, 500y, 500z, los pares de electrodos 500x, 500y, 500z son eléctricamente flotantes, es decir, no están conectados eléctricamente a ninguno de los pares de electrodos 110x, 110y, 110z, o a DSU 110 o sistema de sensor 100. Cuando no están conectados eléctricamente, los pares de electrodos auxiliares 500x, 500y, 500z, pueden alterar el campo eléctrico, pero no afectan inaceptablemente la detección de los mismos por los pares de electrodos 110x, 110y, 110z.

65 En algunas realizaciones, cuando se desea confinar o dirigir la sensibilidad de los pares de electrodos 110x, 110y, 110z, en una dirección particular, entonces uno o más de los electrodos auxiliares 500x - 500x, 500y - 500y, 500z - 500z, se conectan a uno o más de otros electrodos auxiliares 500x - 500x, 500y - 500y, 500z - 500z. Una de estas conexiones es realizar una conexión eléctrica entre los pares de electrodos auxiliares 500x, 500y, 500z que están en el mismo eje.

En algunas realizaciones, por ejemplo, cuando una fuente de alto voltaje está en la parte superior, como donde las líneas de distribución de energía eléctrica de alta tensión están en la parte superior, los electrodos auxiliares 500z - 500z, que están separados a lo largo del eje Z (o vertical), se pueden conectar entre sí en tanto que se realizan mediciones de campo laterales (es decir, delantera-trasera e izquierda-derecha). Como resultado de esta conexión de los electrodos auxiliares 500z - 500z, se evita que los campos orientados verticalmente, o al menos principalmente los campos orientados verticalmente, de las fuentes elevadas se escapen o provoquen que la salida de señal en los pares de electrodos de eje X e Y 110x, 110y, o al menos se reduzca sustancialmente el efecto de estos campos orientados verticalmente en los pares de electrodos de eje X e Y 110x, 110y. Además, el par de electrodos auxiliares 500z se puede conectar a un punto de referencia, o a una tierra, si está disponible. Alternativamente, cualquier par de electrodos auxiliares 500x, 500y, 500z, se pueden conectar entre sí para alterar de manera similar la sensibilidad direccional.

En algunas realizaciones, por ejemplo, cuando una fuente de alto voltaje está al lado, como donde el equipo de distribución de energía eléctrica de alta tensión está cerca y cerca del nivel del suelo, los dos pares de electrodos auxiliares 500x y 500y, que están separados a lo largo de los ejes X e Y (o laterales), se pueden conectar respectivamente juntos en tanto que se realizan mediciones de campo verticales (es decir, del eje Z). Como resultado de estas conexiones de pares de electrodos auxiliares 500x, 500y, se evita que los campos orientados lateralmente, o al menos principalmente los campos orientados lateralmente, de fuentes a nivel del suelo se escapen o provoquen la salida de señal en el par de electrodos sensores del eje Z 110z, o al menos el efecto de estos campos orientados lateralmente en el par de electrodos sensores del eje Z 110z se reduce sustancialmente. Además, y opcionalmente, los pares de electrodos auxiliares 500x, 500y se pueden conectar a un punto de referencia, o a una tierra, si está disponible. Alternativamente, dos pares de cualquiera de los electrodos auxiliares 500x, 500y, 500z, se pueden conectar entre sí para incrementar de manera similar la sensibilidad direccional. Otras configuraciones para los electrodos 500x, 500y y 500z se describen en la Solicitud de patente relacionada número 12.321.484.

En tanto que lo anterior describe una realización que comprende tener seis (tres pares de) electrodos 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z, y seis (tres pares de) electrodos auxiliares 500x - 500x, 500y - 500y, 500z - 500z, tal no es necesario. Típicamente, cualquier número de pares de electrodos auxiliares que sea menor o igual al número de pares de electrodos puede proporcionar una disposición útil, y se podría proporcionar un mayor número de electrodos auxiliares. Por ejemplo, en una circunstancia en la que se omiten los electrodos de detección de campo vertical 110z, puede ser deseable retener los electrodos auxiliares 500z para dirigir la sensibilidad para detectar campos no verticales.

En algunas realizaciones, tal como se representa en la figura 6, la DSU 110 y el sensor fotónico 101 se pueden montar en una base de bastidor de soporte 602 que se monta en un vehículo, tal como directamente en un automóvil o camión, o en un remolque con ruedas 604 capaz de remolcarse por un vehículo. La base de bastidor de soporte 602 se puede construir de cualquier material adecuado que proporcione soporte estructural y no interfiera mecánica o eléctricamente con la DSU 110, tal como un material aislante, un plástico dieléctrico (por ejemplo, PVC), madera, madera contrachapada o similares. Adicionalmente, la base de bastidor de soporte 602 se construye para no interferir con el sensor fotónico 101. En algunas realizaciones, la base de bastidor de soporte 602 se puede construir de madera para proporcionar una estructura rígida, en tanto que también proporciona amortiguación para que se puedan evitar resonancias cercanas a 60 Hz. En algunas realizaciones, se pueden emplear otros materiales aislantes de manera consistente con la impedancia de alta entrada de los preamplificadores diferenciales para los electrodos 110x - 110x, 110y - 110y, 110z - 110z.

La base de bastidor de soporte 602 puede comprender un bastidor compartimentado 662 que tiene unas caras superior e inferior que se pueden llenar con lastre. El bastidor compartimentado 662 se puede rellenar con una cantidad suficiente de lastre para acercarse al límite de peso de carga para el remolque 604, por ejemplo, aproximadamente 100 libras (45,35 kg) por debajo del límite de peso, para reducir la frecuencia natural del remolque 604 y su suspensión. En algunas realizaciones, la base de bastidor de soporte 602 se monta en la plataforma del remolque 604 mediante cuatro aisladores de vibración opcionales 666 ubicados respectivamente en cada una de las cuatro esquinas de la base de bastidor de soporte 602 para reducir la frecuencia natural muy por debajo de 60 Hz, por ejemplo, a aproximadamente 12,5 Hz.

En algunas realizaciones, la base de bastidor de soporte 602 se monta directamente en la plataforma del remolque 604 y la DSU 110 se coloca en voladizo detrás del remolque 604 junto con el sensor fotónico 644 en una estructura de soporte 606 que comprende al menos un estabilizador (se muestran dos) 642 que se extiende hacia atrás de modo que la DSU 110 se coloca detrás del remolque 604. En algunos casos, se coloca una placa de blindaje puesta a tierra debajo del sensor fotónico 101 para proteger y evitar interferencias. En algunas realizaciones, la DSU 110 y el sensor fotónico 101 se pueden colocar lo suficientemente lejos del remolque 604 como para eliminar o reducir la interferencia de las superficies metálicas o las fuentes eléctricas en el remolque 604. En algunas realizaciones, los sensores se colocan de aproximadamente 0,9 a aproximadamente 1,6 metros (aproximadamente 3 a aproximadamente 5 pies) desde la parte posterior de la base de bastidor de soporte 602 y el remolque 604, y aproximadamente 0,9 a aproximadamente 1,6 metros (aproximadamente 3 a aproximadamente 5 pies) sobre el suelo (por ejemplo, pavimento).

Los estabilizadores 642 pueden comprender además al menos uno (dos mostrados) miembros transversales 644 para proporcionar resistencia adicional. Se pueden retirar porciones traseras del remolque 604, tal como el miembro transversal trasero, para separar adicionalmente la DSU 110 y el sensor fotónico 101 del metal que podría distorsionar el campo que se está detectando.

5 En algunas realizaciones, se podrían emplear estabilizadores fijos o telescópicos u otra forma de estabilizador o extensión plegable de modo que la DSU 110 y el sensor fotónico 101 se puedan mover más cerca del vehículo (es decir, estibado) para tránsito y más lejos del vehículo (es decir, desplegado) para operación para facilitar el ajuste de la sensibilidad de los sensores.

10 En tanto que se describe un sistema de sensor transportado por vehículo 100, se contempla que el aparato que emplea las disposiciones y métodos descritos en la presente se puede proporcionar en una funda o mochila que se podría transportar por una persona. En estas realizaciones, la computadora 136 puede ser un asistente digital personal u otro dispositivo pequeño.

15 En algunas realizaciones, tal como se representa en la figura 7, el sensor fotónico 101 se monta en una base de bastidor de soporte 602 que se monta en un vehículo, tal como directamente en un automóvil o camión, o en un remolque con ruedas 604 capaz de remolcarse por un vehículo. En esta realización, tres sensores fotónicos 101-1 a 101-3 se colocan en varias ubicaciones en la base 602. En algunos casos, los sensores fotónicos se colocan con desplazamientos de 45 grados. En otros casos, los sensores fotónicos se pueden colocar con desplazamientos de 15 grados. Los expertos en la técnica reconocerán que se pueden usar varias posiciones y rotaciones para maximizar el espectro de lecturas de los sensores 101-1 a 101-3. Por ejemplo, en la configuración mostrada en la figura 7, a medida que un objeto energizado entra en alcance del remolque 604, el sensor fotónico 101-1 puede captar primero un campo eléctrico anómalo. A medida que el vehículo pasa por el objeto energizado, el sensor fotónico 101-2 detecta el campo eléctrico, y luego el sensor fotónico 101-3 detecta el campo eléctrico, en secuencia, lo que permite un intervalo temporal más amplio de detección de objetos energizados.

25 Otra realización se muestra en la figura 8, en donde un primer sensor fotónico 101-1 se coloca en un ángulo con la base 602, en algunos casos un ángulo de 45 grados. Un segundo sensor fotónico 101-2 se coloca adyacente y transversal al primer sensor fotónico 101-1, en tanto que se coloca en un ángulo con la base 602 similar al ángulo del sensor fotónico 101-1, es decir, los sensores están en un patrón cruzado, con el ángulo entre los sensores siendo ajustable. En esta realización, si, por ejemplo, el vehículo con remolque 604 se desplaza por debajo de un conjunto de líneas elevadas de transmisión de alta potencia 804, y un objeto energizado está cerca, tal como la cubierta de pozo de acceso 802, la disposición transversal de los sensores fotónicos detectará la tapa de registro de acceso 802 sin la interferencia del campo eléctrico de las líneas de transmisión 804. La disposición transversal de los sensores hace que uno de los dos sensores en el par logre una relación señal a ruido mejorada. El sensor que está orientado lejos de la línea eléctrica elevada ofrecerá una mejor relación señal a ruido que el sensor que está orientado hacia la línea eléctrica elevada. Una comparación entre las dos salidas de sensor permitirá la detección de la tapa de registro energizada en este escenario.

30 La figura 9 es un diagrama esquemático de un sistema de sensor de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, el sistema de sensor 900 generalmente comprende dos o más unidades de sensor fotónico, denominadas colectivamente sensores 901. A diferencia de la figura 1, esta realización opera para detectar objetos energizados peligrosos sin la DSU 110 posicionando y orientando los dos sensores o sensores fotónicos 901 para hacer que cada sensor sea sensible al campo eléctrico en una porción angular particular del área que rodea el sistema 900.

35 En una realización, que se muestra en la figura 10, los sensores fotónicos 901-1 y 901-2 se colocan transversales entre sí en tanto que se encuentran planos sobre la base 602 del vehículo. A medida que el vehículo se desplaza en cualquier dirección, el sensor 901-1 detecta el campo eléctrico de los objetos a medida que el vehículo se acerca. A medida que el vehículo pasa por un objeto, su campo eléctrico se detecta a través del sensor 901-2. Por lo tanto, el período de tiempo durante el cual se detecta y analiza el campo eléctrico circundante se incrementa para determinar con mayor precisión si un objeto energizado está cerca. Opcionalmente, la configuración cruzada de los sensores fotónicos 101-1 y 101-2 que se muestra en la figura 7 se combina con la configuración de los sensores fotónicos 901-1 y 901-2 para incrementar la sensibilidad temporal y angular del sistema 900. En tanto que la figura 10 ilustra una realización donde cada conjunto de sensores solo contiene un par de sensores fotónicos, se pueden añadir sensores fotónicos adicionales para incrementar la sensibilidad, precisión y el alcance del sistema 900.

40 Los sensores fotónicos 901 aceptan el láser de banda ancha 103 como entrada y cada uno emite una señal digital a un fotorreceptor 107. En algunas realizaciones, cada sensor fotónico tiene un láser de banda ancha correspondiente dirigido hacia él, y un fotorreceptor correspondiente que recibe la señal digital, cada fotorreceptor se acopla al DPS 112 a través de la sección analógica 114. De acuerdo con realizaciones de ejemplo, los sensores fotónicos 901 se componen de materiales electro-ópticos (EO). Se establece un campo eléctrico entre una fuente de voltaje parásito y la tierra. La orientación del sensor 901 se puede modificar para detectar componentes de campo horizontales o verticales, con una relación de extinción de polarización cruzada de aproximadamente 20 dB. También se pueden usar múltiples sensores fotónicos para expandir el intervalo de tiempo para detectar voltajes anómalos. En algunas realizaciones, el láser 103 puede ser un láser de 1550nm, acoplado a la entrada de los sensores 901 a través de un cable de fibra óptica de mantenimiento-polarización (PM). La salida del sensor fotónico 901 se acopla al fotorreceptor 107 a través de un cable de fibra óptica monomodo, cuyas lecturas se acoplan al DPS 112 a través de la sección analógica 114. En algunas realizaciones, los sensores fotónicos 901 son interferómetros Mach Zehnder basados en guía de ondas de niobato de litio.

5 Como se usa en la presente, el término "aproximadamente" significa que las dimensiones, tamaños, formulaciones, parámetros, formas y otras cantidades y características no son y no necesitan ser exactas, sino que pueden ser aproximadas y/o mayores o menores, como se desee, reflejando tolerancias, factores de conversión, redondeo, error de medición y similares, y otros factores conocidos por los expertos en la técnica. En general, una dimensión, tamaño, formulación, parámetro, forma u otra cantidad o característica es "aproximadamente" o "aproximada", se indique o no expresamente que es tal.

10 Además de las realizaciones descritas anteriormente, se pueden proporcionar características adicionales, como se desee. Por ejemplo, una fuente de señal de 60 Hz ubicada dentro de la DSU 110 para acoplar una señal de 60 Hz a la misma podría proporcionar una función de autocomprobación, es decir, cuando se realiza una autocomprobación activando la fuente de 60 Hz. El sistema sensor 100 produciría entonces una indicación de audio, un archivo de registro y/u otra salida, para una prueba cualitativa y/o cuantitativa. Además, la calibración y/o la verificación de rendimiento se podrían proporcionar por la DSU 110 y un instrumento de medición de campo E preciso disponible comercialmente a corta distancia de una fuente de una señal de intensidad de campo de 60 Hz relativamente alta.

20 En tanto que el sensor, sistema, aparato y método anteriores se describen en términos de la frecuencia del sistema de energía eléctrica de 60 Hz común en los Estados Unidos y otros países, los aparatos, disposiciones y métodos descritos en la presente son igualmente aplicables a los sistemas de energía de 50 Hz de Europa y otros lugares, a los sistemas de energía de 400 Hz para aeronaves y otros aparatos, a los sistemas de energía de 25 Hz para transporte y otras aplicaciones, y a los sistemas de energía a cualquier otra frecuencia. Además, en tanto que la disposición se describe a menudo en términos tales como "voltaje parásito" y "anomalía de voltaje" y campo de "voltaje parásito", se observa que el campo eléctrico producido por las condiciones a las que se hace referencia se percibe y/o detecta por la disposición descrita.

25 En tanto que lo anterior se refiere a realizaciones de la presente invención, se pueden diseñar otras realizaciones adicionales de la invención sin apartarse del alcance básico de la misma, y el alcance de la misma se determina mediante las reivindicaciones que siguen.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato móvil montado en un vehículo de motor (604) para detectar objetos energizados (802), que comprende:
- 5 dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2), montados en el vehículo a motor (604), y acoplados a un fotorreceptor, donde el fotorreceptor se configura para generar una señal correspondiente a un campo eléctrico detectado por los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2) en tanto que el vehículo a motor atraviesa un área; un procesador (124), acoplado a los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2), configurado para (i) digitalizar la señal para formar datos de campo eléctrico, (ii) producir intensidades de campo del campo eléctrico utilizando los datos de campo eléctrico, y (iii) analizar las intensidades de campo para identificar la presencia de un objeto energizado peligrosamente (802) en el campo eléctrico, donde los datos de campo eléctrico se analizan con base en una frecuencia esperada relacionada con la energía peligrosa para ubicar un objeto energizado (802) cerca de una calle; y un indicador (130), acoplado al procesador (124), configurado para alertar a un usuario de la presencia del objeto energizado peligrosamente (802) en el campo eléctrico.
- 15 2. El aparato de la reivindicación 1, donde los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2) se montan en el vehículo de motor (604) transversales entre sí y paralelos a una base (602) del vehículo de motor (604) de tal manera que expanden la sensibilidad temporal.
- 20 3. El aparato de la reivindicación 2, donde un segundo dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2), transversales entre sí, se montan perpendiculares a la base (602) del vehículo de motor (604) para expandir la sensibilidad angular.
4. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además al menos un láser de banda ancha (103) acoplado ópticamente a una entrada de los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2).
- 25 5. El aparato de la reivindicación 4, donde el fotorreceptor acoplado a los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2) se configura para recibir una señal digital desde el sensor fotónico (101-1, 101-2, 901-1, 901-2) y el fotorreceptor se configura para emitir una señal correspondiente al campo eléctrico al procesador (124).
- 30 6. El aparato de la reivindicación 1, donde el fotorreceptor se acopla a los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2) a través de un cable de fibra óptica monomodo.
7. El aparato de la reivindicación 4, donde cada láser de banda ancha (103) del por lo menos un láser de banda ancha es un láser de 1550 nm.
- 35 8. El aparato de la reivindicación 7, donde el por lo menos un láser de banda ancha (103) se acopla a los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2) a través de un cable de fibra óptica de mantenimiento -polarización.
- 40 9. El aparato de la reivindicación 4, donde cada sensor fotónico de los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2) se acopla a un láser de banda ancha correspondiente (103).
10. El aparato de la reivindicación 1, donde los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2) se componen cada uno de material no conductor que perturba mínimamente el campo eléctrico.
- 45 11. El aparato de la reivindicación 1, donde el área es un área dentro de la cual se han medido voltajes anómalos parásitos.
12. El aparato de la reivindicación 1, donde los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2) se colocan con desplazamientos de 45 grados entre sí.
- 50 13. El aparato de la reivindicación 1, donde los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2) se colocan con desplazamientos de 15 grados entre sí.
14. El aparato de la reivindicación 1, donde los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2) se colocan en un patrón cruzado con el ángulo entre ellos que es ajustable.
- 55 15. El aparato de la reivindicación 1, donde los dos o más sensores fotónicos (101-1, 101-2, 901-1, 901-2) son interferómetros Mach Zehnder basados en guía de ondas de niobato de litio.

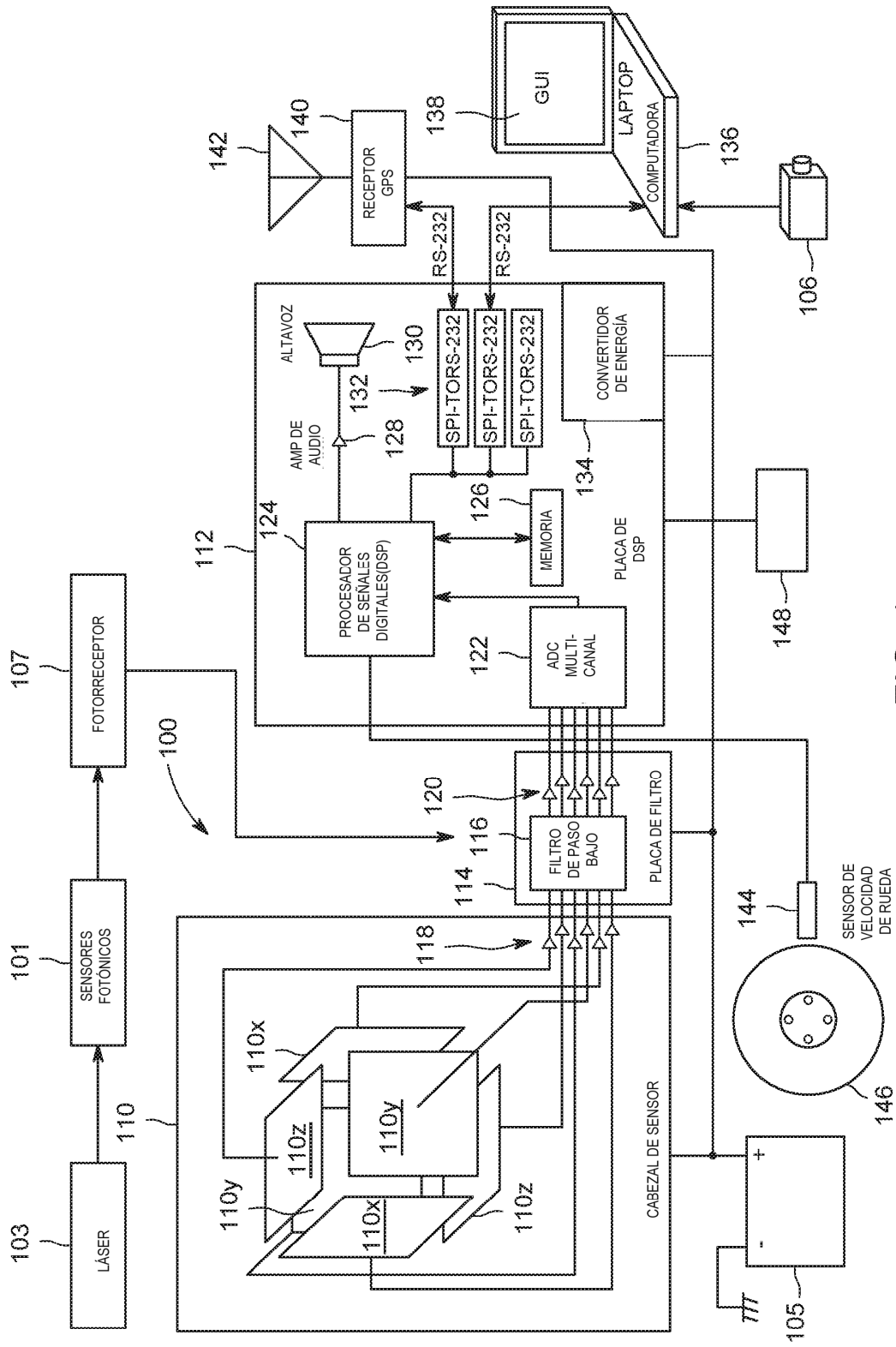


FIG. 1

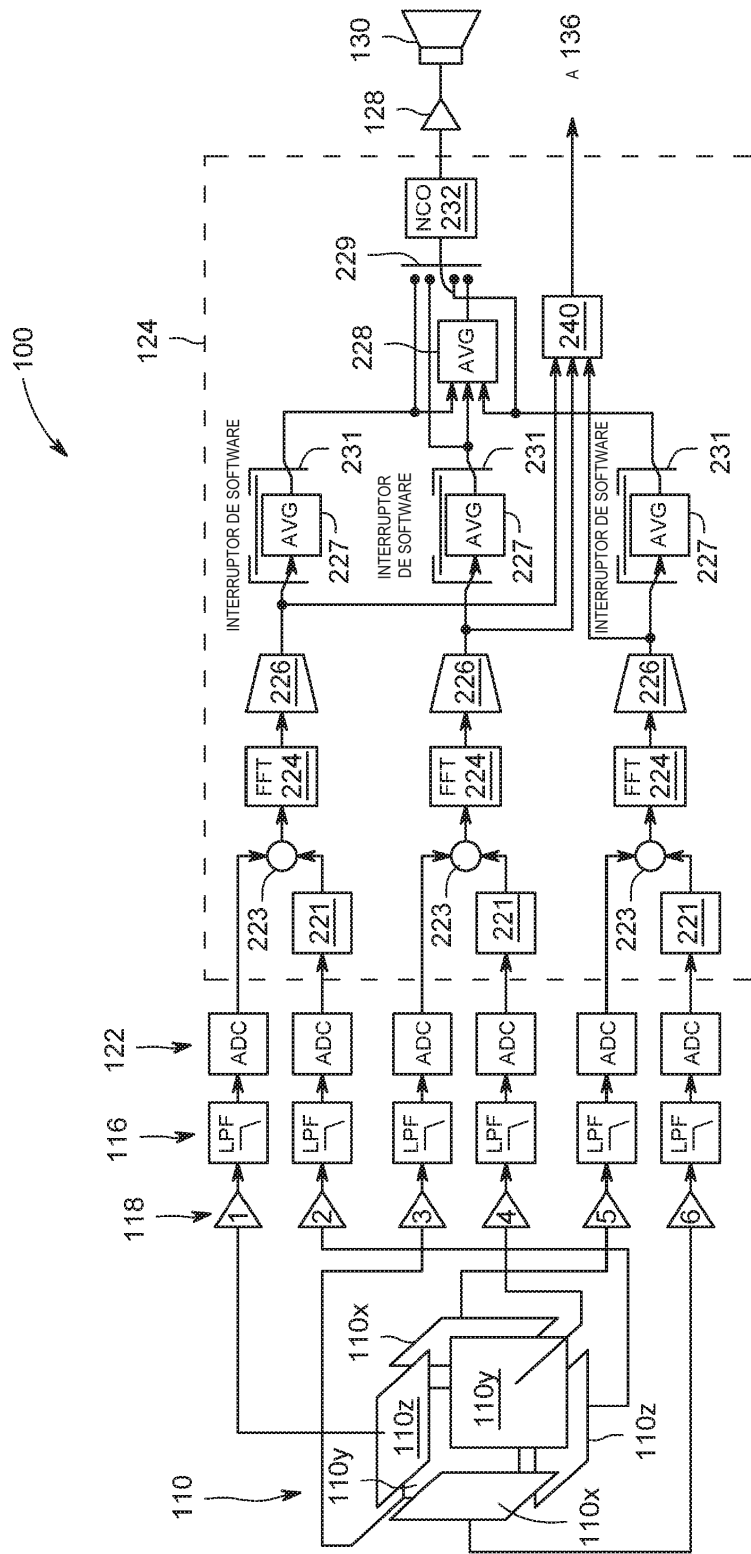


FIG. 2

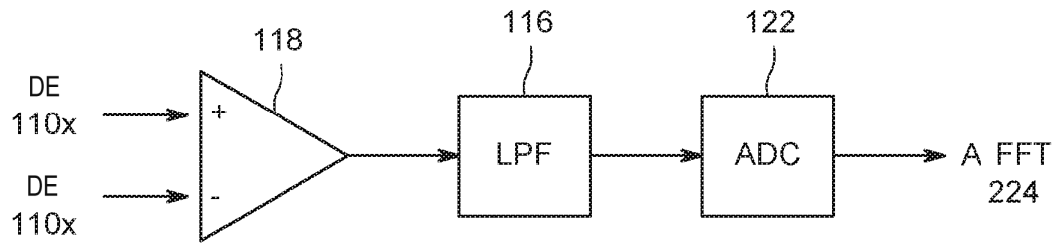


FIG. 2A

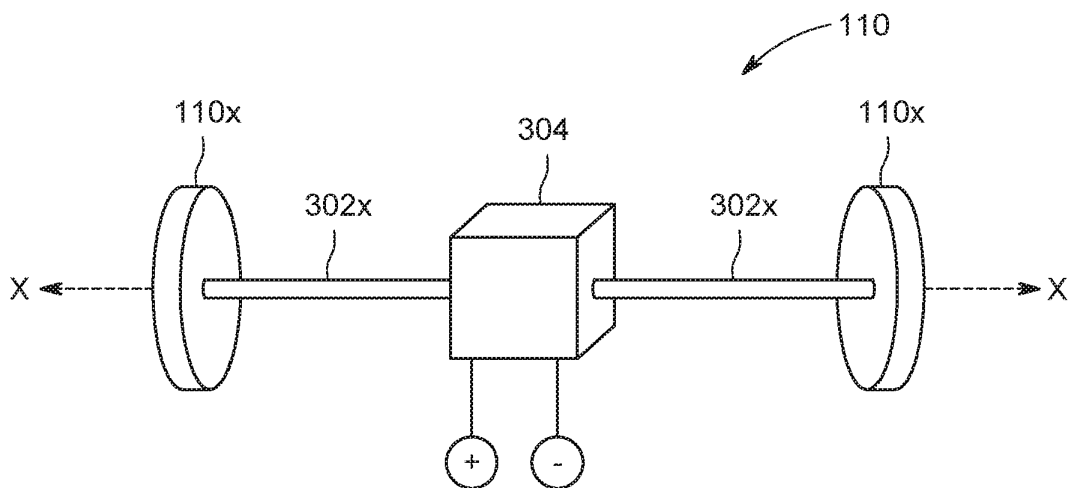


FIG. 3

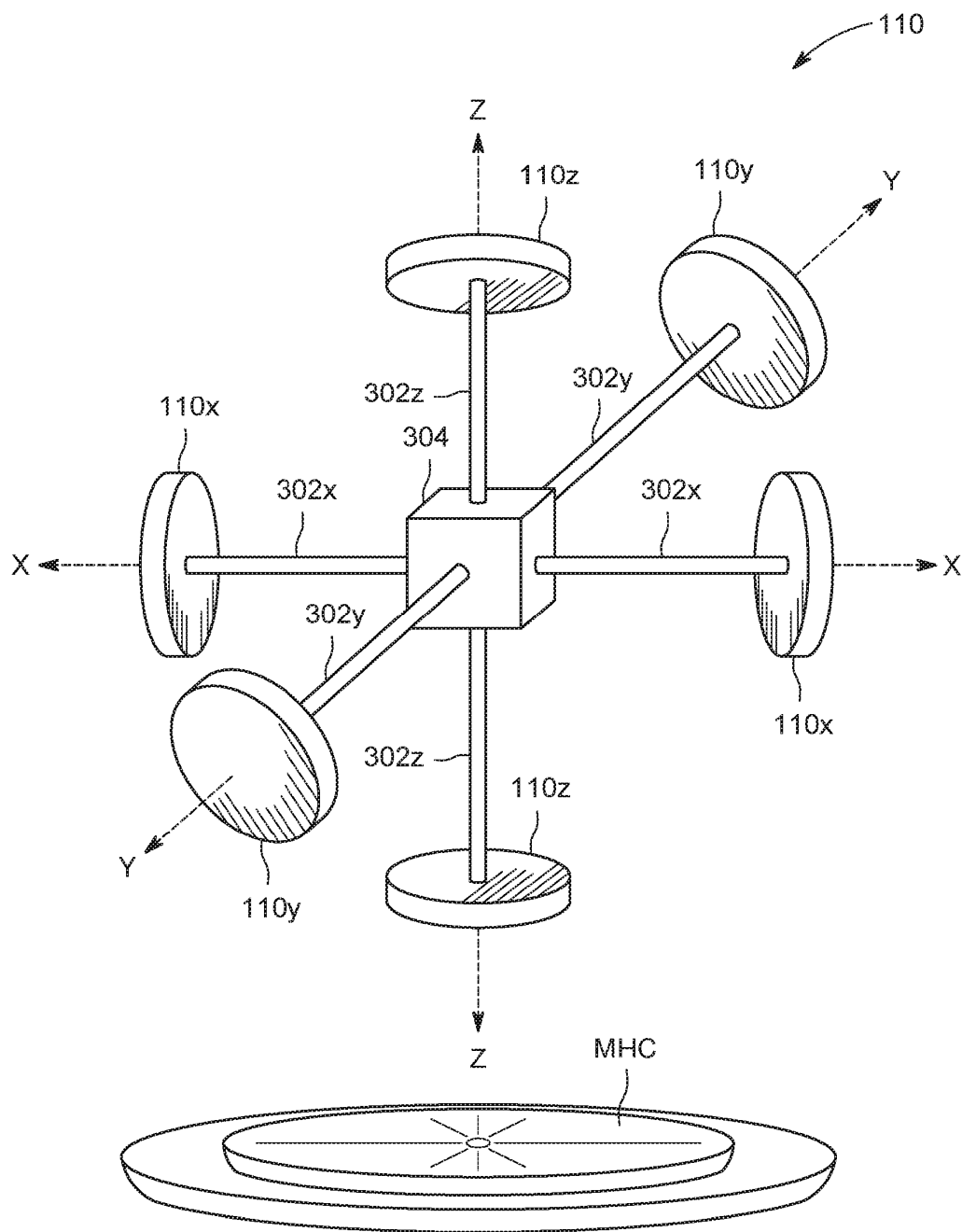


FIG. 4

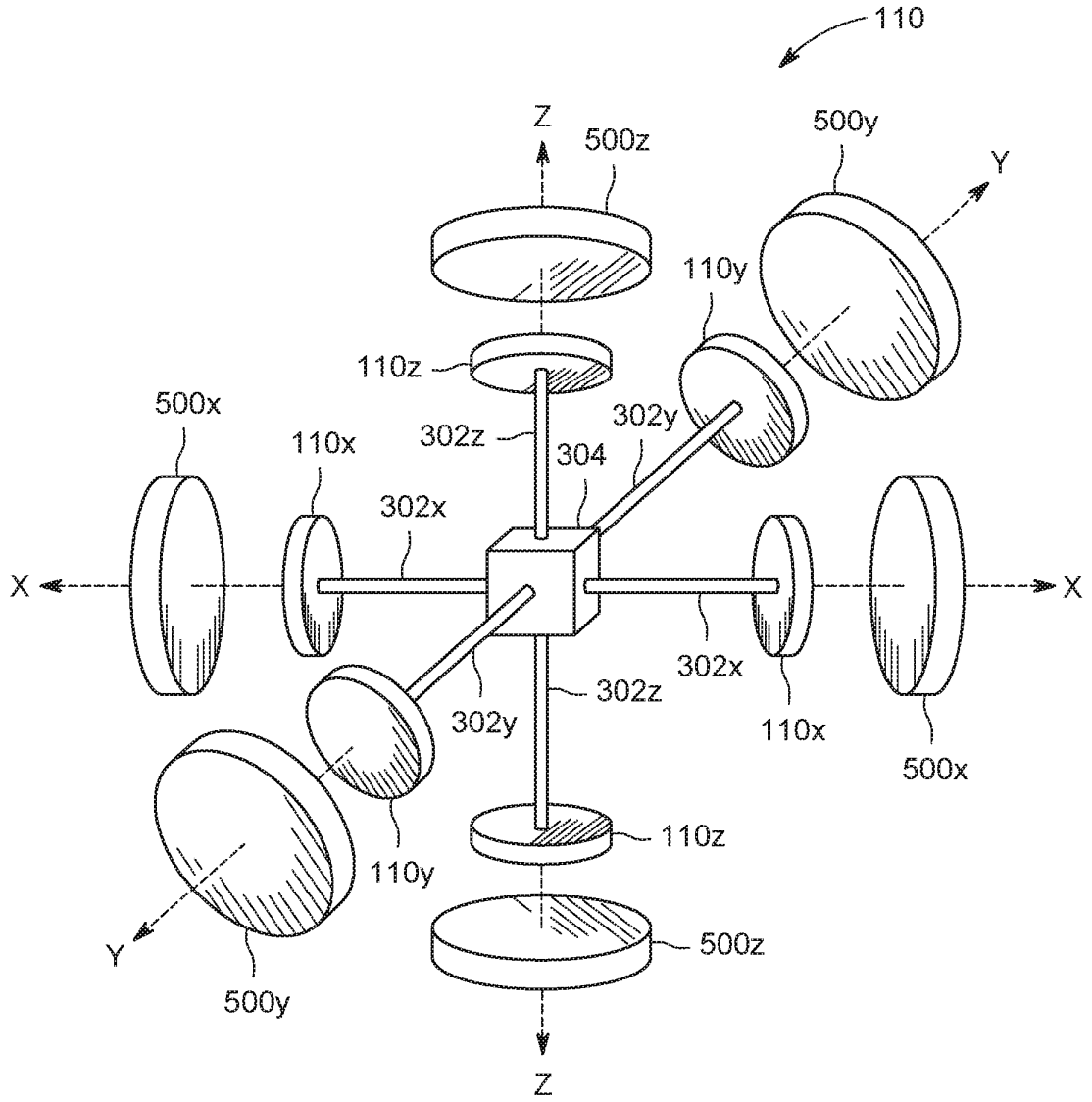


FIG. 5

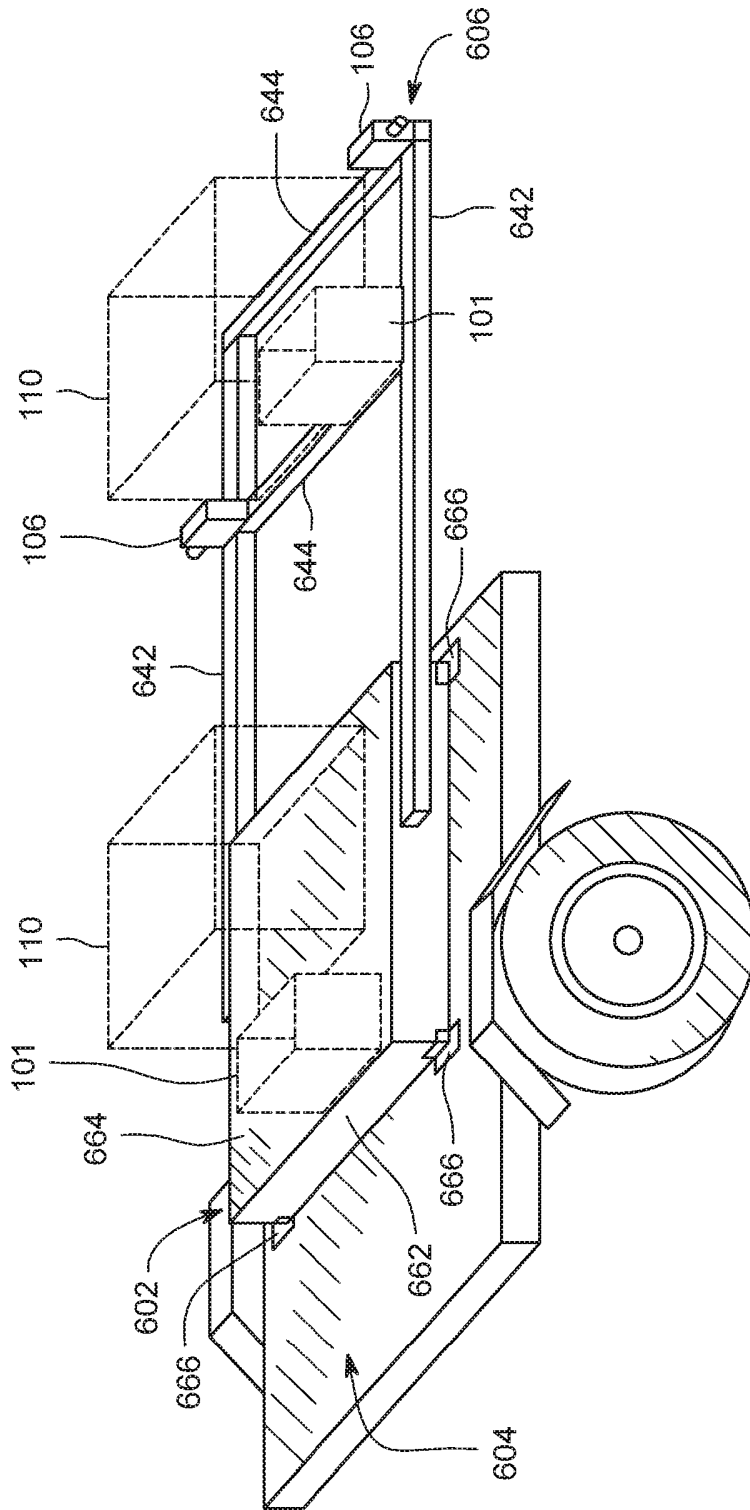


FIG. 6

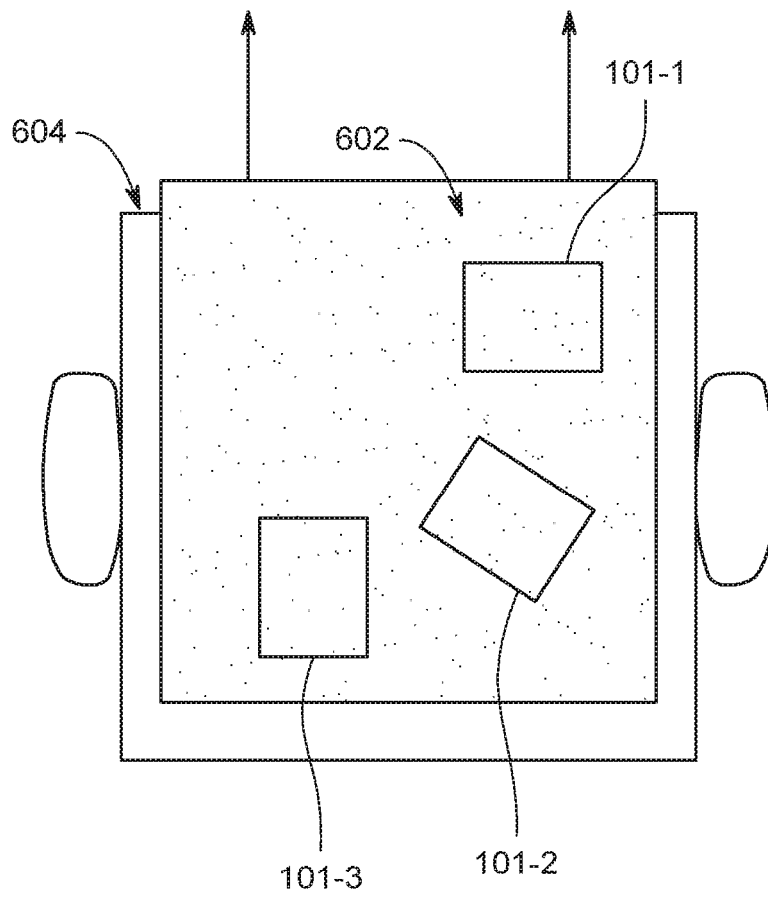


FIG. 7

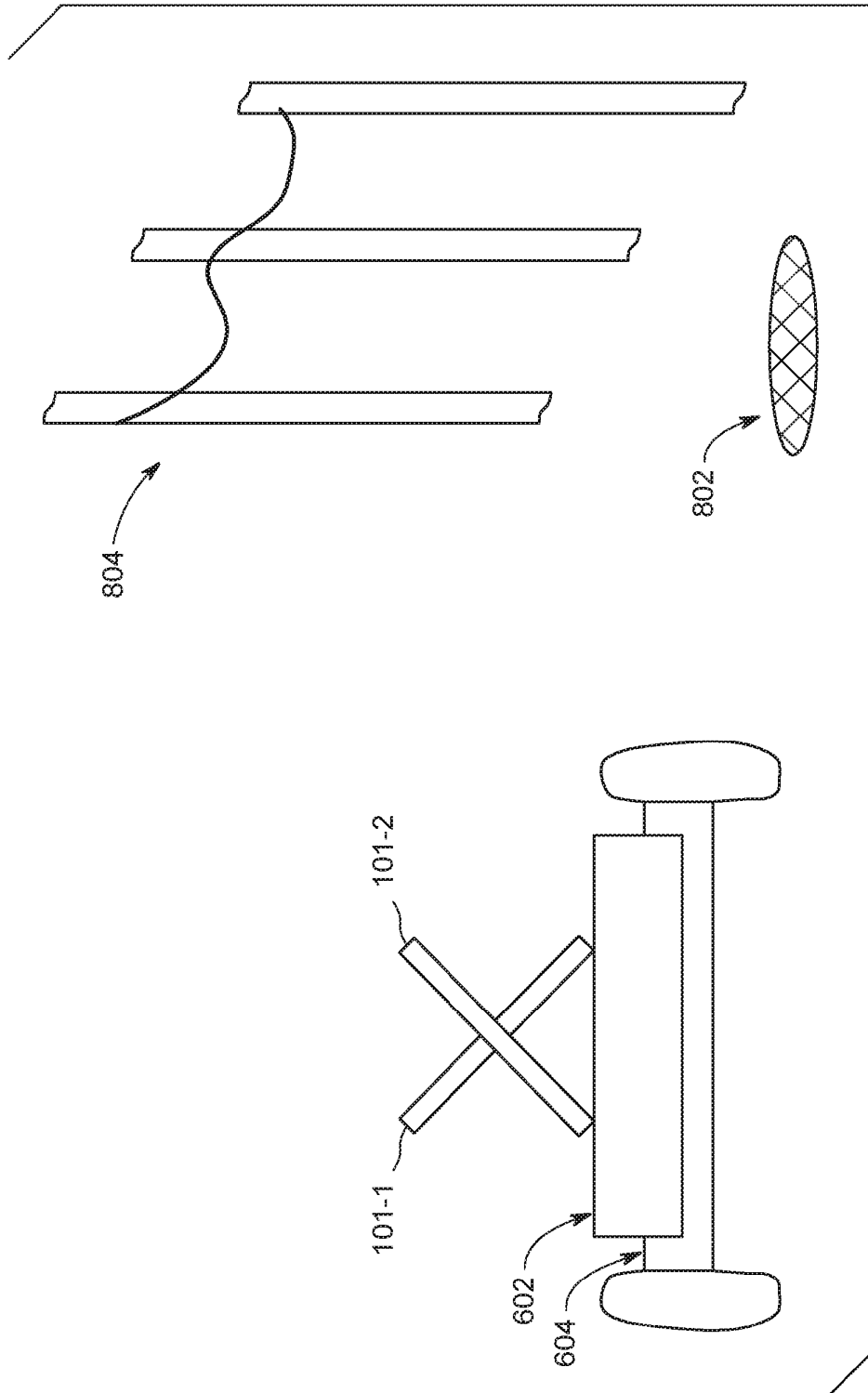


FIG. 8

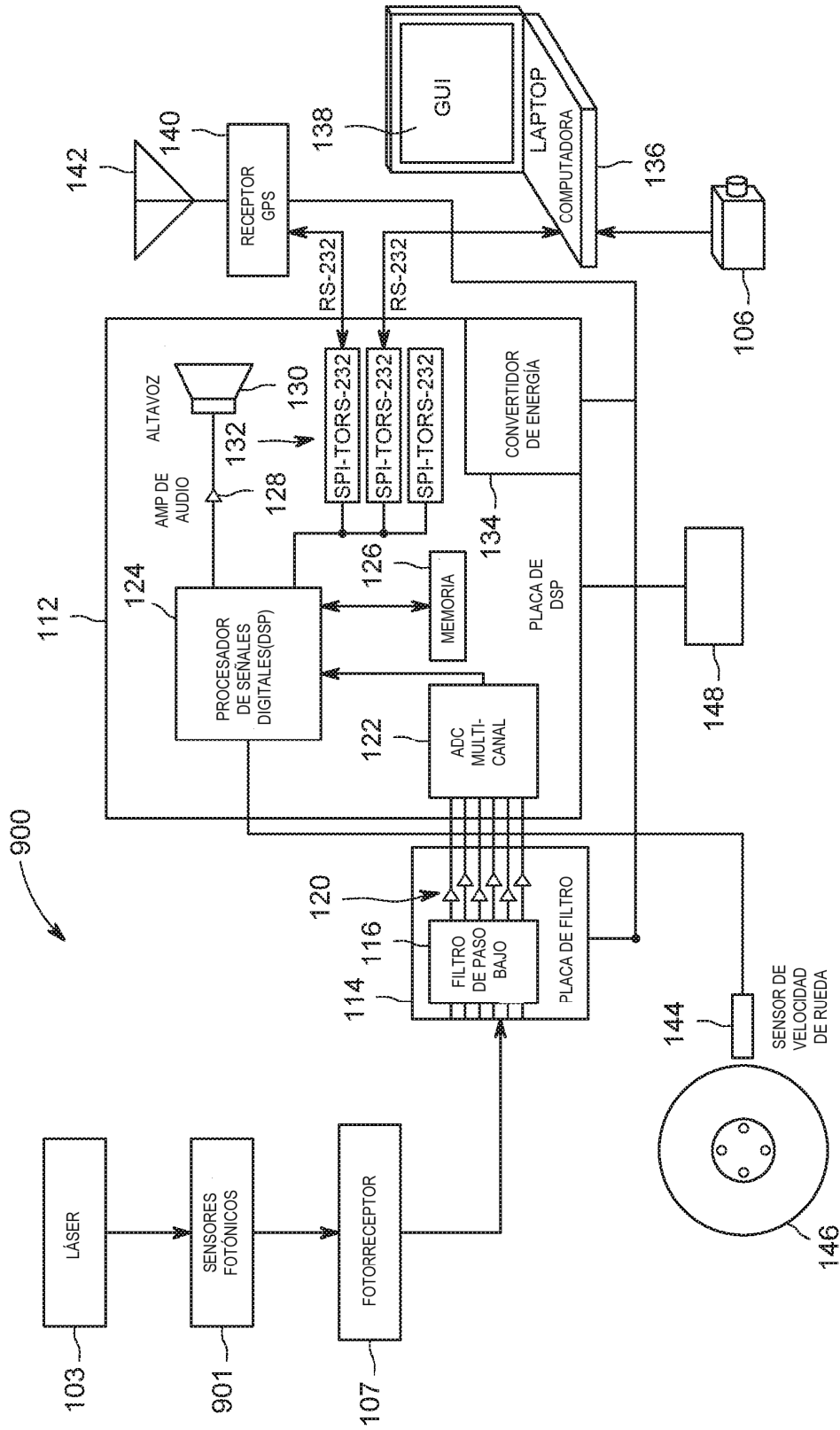


FIG. 9

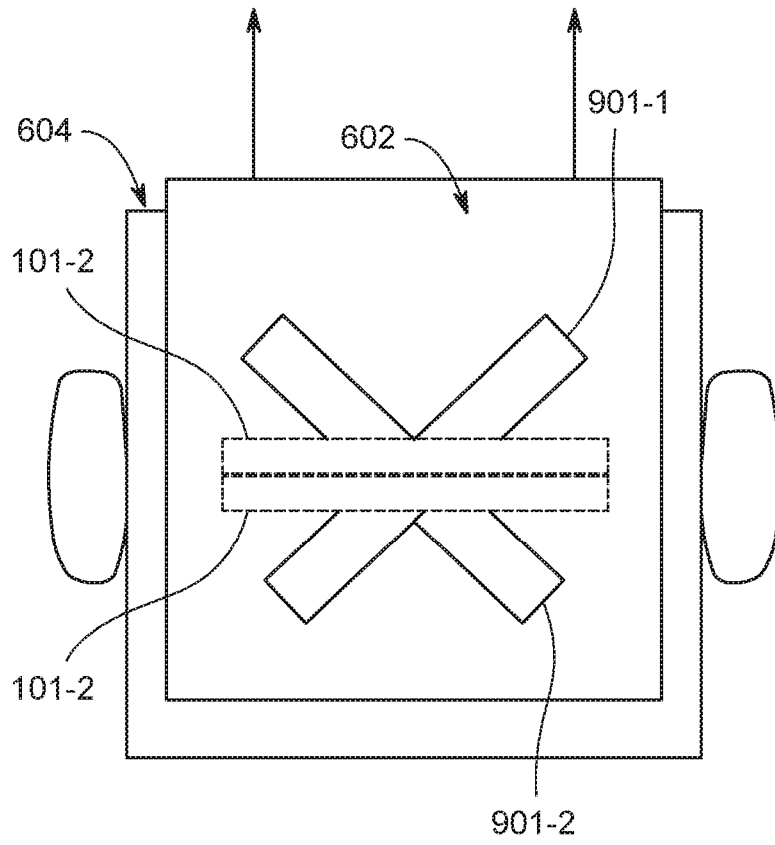


FIG. 10