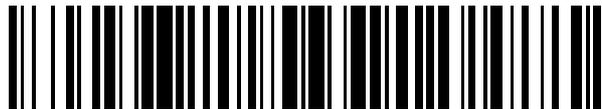


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 951**

51 Int. Cl.:

G01R 31/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2015 PCT/IB2015/052132**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.11.2015 WO15173662**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2015 E 15714035 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 3143418**

54 Título: **Procedimiento y sistema para detectar una avería de rotor**

30 Prioridad:

15.05.2014 WO PCT/EP2014/059994

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

24.09.2018

73 Titular/es:

**ABB SCHWEIZ AG (100.0%)
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**MULAY, PRASAD;
ORMAN, MACIEJ;
KRISHNAMOORTHY, KARTHIK;
PINTO, CAJETAN y
RZESZUCINSKI, PAWEL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 682 951 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema para detectar una avería de rotor

Campo técnico

5 La presente invención se refiere al campo de la verificación del estado de una máquina eléctrica y, más particularmente, la presente invención se refiere a la detección y determinación de una avería de rotor usando un sensor de campo magnético.

Técnica anterior

10 La asimetría del devanado del rotor es una de las causas principales del fallo de motor de inducción. Con el fin de detectar una avería de rotor, hasta ahora se han desarrollado muchos procedimientos diagnósticos. Entre ellos, los más usados ampliamente en la industria son el control de vibraciones y el análisis de características de corriente.

15 Los procedimientos mencionados anteriormente se basan en la medición de la corriente y la vibración del motor para detectar una avería en el rotor. No obstante, los efectos observados en la corriente del motor y la vibración del motor son consecuencias de un cambio en el campo magnético debido a una barra de rotor rota o defectuosa y, por lo tanto, resultan menos sensibles a la avería de rotor. A menudo, esto conduce a una interpretación errónea de los resultados, puesto que el procedimiento depende de síntomas secundarios para la detección y no la raíz del problema. Dicho de otro modo, en términos de la verificación del estado de una máquina eléctrica, tal como un motor eléctrico y un generador eléctrico, el estado de la máquina eléctrica inferido a partir de la medición de la corriente o la vibración de la máquina eléctrica no suele ser fiable.

20 Asimismo, los procedimientos mencionados anteriormente, para llevar a cabo mediciones, requieren sensores y otros equipos cuyo uso suele ser incómodo, y son caros. Además, estos sensores tienen que instalarse dentro de la caja de conexiones del motor, lo cual requiere a menudo gran cantidad de tiempo y apagar el motor. Además, una instalación incorrecta de los sensores puede causar daños al motor, y una verificación defectuosa.

Por lo tanto, a la luz del análisis anterior, existe una necesidad de un sistema y un procedimiento que resuelva los problemas mencionados anteriormente.

25 Sumario de la invención

Los inconvenientes, desventajas y problemas mencionados anteriormente se abordan en el presente documento, el cual se entenderá leyendo y entendiendo la siguiente memoria descriptiva.

30 En un aspecto, la presente invención proporciona un procedimiento para detectar una avería de rotor en una máquina eléctrica usando una unidad de análisis de datos. El procedimiento comprende las etapas de medir la intensidad de campo magnético a lo largo de un primer eje y un segundo eje, determinar la frecuencia de deslizamiento operativa de la máquina eléctrica usando la intensidad de campo magnético medida a lo largo del primer eje y el segundo eje, determinar una amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa determinada en el primer espectro de frecuencias y una amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo espectro de frecuencias, y detectar la avería de rotor comparando la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa determinada en el primer espectro de frecuencias y la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo espectro de frecuencias con un umbral predeterminado.

40 El primer eje está en un primer ángulo con respecto al eje del rotor de la máquina eléctrica y el segundo eje está en un segundo ángulo con respecto al eje del rotor de la máquina eléctrica. La etapa de determinar la frecuencia de deslizamiento operativa comprende generar un primer espectro de frecuencias a partir de la intensidad de campo magnético medida a lo largo del primer eje y un segundo espectro de frecuencias a partir de la intensidad de campo magnético a lo largo del segundo eje, identificar un pico dentro de un intervalo predeterminado en al menos uno del primer espectro de frecuencias y el segundo espectro de frecuencias, y determinar una frecuencia correspondiente al pico identificado dentro del intervalo predeterminado, en al menos uno del primer espectro de frecuencias y el segundo espectro de frecuencias.

45 En una realización, el procedimiento también comprende determinar el tipo de la avería de rotor detectada comparando la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa determinada en el primer espectro de frecuencias con la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo espectro de frecuencias, y determinar la gravedad de la avería de rotor detectada basándose en la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa determinada en el primer espectro de frecuencias y la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo espectro de frecuencias. En una realización, el procedimiento también comprende calcular el intervalo predeterminado basándose en una frecuencia de deslizamiento nominal asociada a la máquina eléctrica y una frecuencia de línea nominal asociada a la máquina eléctrica.

50 En una realización, el procedimiento también comprende medir la intensidad de campo magnético a lo largo de un tercer eje en un tercer ángulo con respecto al primer eje, generar un tercer espectro de frecuencias a partir de la

intensidad de campo magnético medida a lo largo del tercer eje, identificar un pico dentro de un intervalo predeterminado en un tercer espectro de frecuencias, determinar una frecuencia correspondiente al pico identificado dentro del intervalo predeterminado, en el tercer espectro de frecuencias, y comparar la frecuencia determinada con la frecuencia de deslizamiento operativa determinada para detectar una avería en un sensor de campo magnético a partir del uno o más sensores de campo magnético.

En otro aspecto, la presente invención desvela un sistema para detectar una avería de rotor en una máquina eléctrica. El sistema incluye una unidad de análisis de datos que comprende uno o más sensores de campo magnético para medir la intensidad de campo magnético a lo largo de un primer eje y un segundo eje, una interfaz de red configurada para comunicarse con un dispositivo de mantenimiento a distancia, uno o más procesadores configurados para generar un primer espectro de frecuencias y un segundo espectro de frecuencias a partir de la intensidad de campo magnético medida a lo largo del primer eje y el segundo eje, identificar un pico dentro de un intervalo predeterminado en al menos uno del primer espectro de frecuencias y el segundo espectro de frecuencias, determinar la frecuencia de deslizamiento operativa correspondiente al pico identificado y detectar la avería de rotor basándose en una amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa determinada en el primer espectro de frecuencias y una amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo espectro de frecuencias, y un módulo de memoria acoplado de manera operativa al uno o más procesadores. La unidad de análisis de datos está fijada al bastidor de la máquina eléctrica, sustancialmente cerca del cojinete de lado de accionamiento de la máquina eléctrica.

En el presente documento se describen sistemas y procedimientos de diverso ámbito. Además de los aspectos y ventajas descritos/as en este sumario, otros aspectos y ventajas adicionales resultarán evidentes en referencia a los dibujos y en referencia a la siguiente descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

La materia objeto de la invención se explicará en mayor detalle en el siguiente texto en referencia a las realizaciones ejemplares preferentes que se ilustran en los dibujos, en los que:

la Figura 1 ilustra un sistema para detectar una avería de rotor, de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención;

la Figura 2 ilustra una vista en sección de un campo magnético axial y una vista en sección de un campo magnético radial alrededor de una máquina eléctrica, de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención;

la Figura 3 ilustra un procedimiento para detectar una avería de rotor, de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención;

la Figura 4 ilustra un espectro de campo magnético en un primer eje y segundo eje de una máquina eléctrica en buen estado y un espectro de campo magnético en el primer eje y segundo eje de una máquina eléctrica con una avería de barra de rotor, de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención; y

la Figura 5 ilustra una trayectoria en la que una unidad portátil se mueve con respecto a la máquina eléctrica, de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención.

Descripción detallada

En la siguiente descripción detallada, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman una parte de la misma y en los que se muestran, a modo de ilustración, realizaciones específicas, las cuales pueden ponerse en práctica. Estas realizaciones están descritas con suficiente detalle para permitir que los expertos en la técnica pongan en práctica las realizaciones, y se entenderá que pueden utilizarse otras realizaciones y que pueden hacerse cambios lógicos, mecánicos, eléctricos y de otro tipo sin alejarse del ámbito de las realizaciones. Por lo tanto, la siguiente descripción detallada no ha de interpretarse en un sentido limitativo.

La presencia de una barra o anilla final de rotor rota hace que se desequilibre el flujo magnético del rotor, ya que la corriente no puede fluir a través de la barra/anilla final rota o agrietada. El flujo de rotor desequilibrado puede considerarse como la combinación de un flujo de rotor de secuencia positiva y negativa, que rota a la frecuencia de deslizamiento en las direcciones opuestas. Esto produce una modulación de corriente que puede ser visible en espectro como bandas laterales de deslizamiento doble alrededor de la frecuencia de línea. No obstante, en la práctica, las bandas laterales de corriente alrededor de la fundamental pueden existir incluso cuando la máquina eléctrica está en buen estado. Esto podría deberse a una resistencia de barra de rotor desigual debida al procedimiento de fundición a presión, a la asimetría de rotor, a las oscilaciones de carga externa, etc. Por lo tanto, la verificación del estado que usa análisis de características de corriente suele ser poco fiable.

La presente invención desvela un procedimiento y un sistema para detectar una avería de rotor que está basada en el análisis de características de corriente, y que utiliza, en su lugar, los campos magnéticos alrededor del motor para detectar una avería de rotor. La presente invención desvela un procedimiento que implica instalar un magnetómetro

de bajo coste triaxial junto con un procesador de baja potencia y una radio inalámbrica en la superficie del motor en una ubicación predefinida tal como en el cuerpo cerca del cojinete de lado de accionamiento. El procesador adquirirá periódicamente datos del magnetómetro usando el magnetómetro triaxial desde los tres ejes simultáneamente, realizaría una transformada de Fourier en los tres ejes y comprobaría el desequilibrio en la amplitud de la frecuencia de deslizamiento en los tres ejes. Si el desequilibrio está por encima de un umbral predefinido, entonces se detecta una avería. Posteriormente, la avería se clasifica como barra de rotor rota o alineación errónea comprobando si el componente dominante está presente en el campo magnético axial o radial. La gravedad de la avería es directamente proporcional a la cantidad de desequilibrio presente en el campo magnético en la frecuencia de deslizamiento. La gravedad del indicador de avería se almacena en la memoria del procesador y se envía a un dispositivo de mantenimiento a distancia bajo petición. De este modo, se consigue una continua verificación del estado económica del rotor.

La Figura 1 ilustra un sistema 100 para una verificación del estado, de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención. Tal y como se muestra en la figura 1, el sistema 100 incluye una máquina eléctrica 110 (mostrada en la figura 1 como un motor 110 y a la que se denominará motor 110 en adelante en el presente documento). Una unidad 120 de análisis de datos se instala en el bastidor del motor 110 junto al cojinete de lado de accionamiento. La unidad 120 de análisis de datos incluye uno o más procesadores, un módulo de memoria acoplado de manera operativa al uno o más procesadores, una interfaz de red y un sensor de campo magnético triaxial.

El sensor de campo magnético triaxial mide la intensidad de campo magnético a lo largo de un primer eje, un segundo eje y un tercer eje en un punto de referencia. En una realización, el primer eje es sustancialmente paralelo al eje del rotor de la máquina eléctrica 110. Los ejes segundo y tercero son perpendiculares al primer eje y entre sí. De aquí en adelante en el presente documento, el campo magnético a lo largo del primer eje también se denomina el campo magnético axial, y el campo magnético a lo largo del segundo eje también se denomina el campo magnético radial. En una realización, el sensor de campo magnético triaxial es un sensor de campo magnético digital capaz de tomar muestras equidistantes a intervalos periódicos. En otra realización, el sensor de campo magnético triaxial es un sensor de campo magnético analógico con un convertidor de analógico a digital integrado. El sensor de campo magnético triaxial analógico mide la intensidad de campo magnético cuando recibe una petición de medición del uno o más procesadores.

El sensor de campo magnético triaxial transmite datos de intensidad de campo magnético medidos al uno o más procesadores. El uno o más procesadores realizan un análisis de los datos recibidos para detectar si existe una avería en el rotor y para determinar el tipo y la gravedad de la avería. Esto se explica adicionalmente en la descripción de la figura 3. Posteriormente al análisis, el uno o más procesadores se comunican, a través de la interfaz de red, con un dispositivo 130 de mantenimiento a distancia y un concentrador 135 de datos para indicar el estado del rotor. La interfaz de red es capaz de comunicarse por un medio por cable tal como Modbus, bus de campo, etc., y por un medio inalámbrico tal como Bluetooth, Wireless HART, etc.

El concentrador 135 de datos actúa como una puerta de enlace entre la unidad 120 de análisis de datos y el registro 140 de historial. El concentrador de datos transmite datos relativos al estado del motor, recibidos desde la unidad 120 de análisis de datos hasta el registro 140 de historial para un almacenamiento a distancia.

Un experto en la técnica deberá percatarse de que, aunque la presente invención desvela un sensor de campo magnético triaxial, un experto en la técnica puede utilizar dos o más sensores de campo magnético para conseguir una función similar.

La Figura 2 muestra una vista en sección de un campo magnético axial y una vista en sección de un campo magnético radial alrededor del motor 110, de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención. Tal y como se muestra en la figura 2, los campos magnéticos alrededor del motor 110 pueden clasificarse como campo magnético axial y campo magnético radial. El campo magnético axial está en un plano que incluye el eje del motor 110; es generado por corrientes en los devanados finales del estátor o la anilla final de la jaula de rotor. El campo radial se encuentra en un plano perpendicular al eje del motor 110, es una imagen de la densidad de flujo de espacio de aire que atenúa el circuito magnético de estátor (paquete de laminaciones) y el bastidor del motor 110.

Se ha determinado mediante experimentación que el daño a las barras de rotor de la máquina eléctrica produce un flujo magnético axial aumentado y, de manera similar, la alineación errónea del rotor produce un flujo magnético radial aumentado.

La Figura 3 ilustra un procedimiento 300 para una verificación del estado, de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención. En la etapa 310, la intensidad de campo magnético a lo largo de un primer eje y un segundo eje se mide usando el sensor de campo magnético triaxial. El sensor de campo magnético triaxial transmite los datos de intensidad de campo magnético medidos (denominados en adelante en el presente documento datos de campo magnético) del primer eje y el segundo eje al uno o más procesadores. En una realización, para distinguir los campos magnéticos del motor 110 del campo magnético de fondo, los valores de medición por encima de un umbral predeterminado son registrados y transmitidos por el sensor de campo magnético triaxial al uno o más procesadores. En una realización, el umbral base predeterminado se decide mediante experimentación. En otra realización, el umbral base predeterminado se determina durante la instalación del motor. En otra realización, el sensor de campo

magnético triaxial registra y transmite datos de campo magnético cuando recibe una señal desde un acelerómetro o un accionador de motor que indica que el motor 110 se ha puesto en marcha.

5 En la etapa 320, el uno o más procesadores preprocesan los datos de campo magnético. En una realización, en la que la velocidad de muestreo del sensor de campo magnético triaxial no es constante o en la que las muestras de los ejes primero y segundo se toman en diferentes periodos de muestreo, el uno o más procesadores realizan interpolación (lineal, cúbica o mediante splines) para obtener datos de campo magnético aproximadamente equidistantes y simultáneos de la intensidad de campo magnético desde los ejes primero y segundo. Tras obtener los datos de campo magnético continuos interpolados de los ejes primero y segundo, se omiten las tendencias de los datos de campo magnético para eliminar el flujo magnético de fondo estático y la deriva experimentada por los sensores de campo magnético. La omisión de tendencias se realiza usando técnicas conocidas en el campo.

10 En la etapa 330, el uno o más procesadores determinan la frecuencia de deslizamiento operativa a partir de los datos de campo magnético exentos de tendencias correspondientes a la intensidad de campo magnético en los ejes primero y segundo. Los datos de campo magnético exentos de tendencias de cada eje en el dominio de tiempo se convierten en espectro de frecuencias en el dominio de frecuencia usando una transformada de Fourier rápida. Entonces, el uno o más procesadores realizan una detección de pico dentro de un intervalo predeterminado en el primer espectro de frecuencias correspondiente al primer eje y el segundo espectro de frecuencias del segundo eje para detectar la frecuencia que tenga la máxima amplitud. La detección de pico se realiza mediante una o más técnicas muy conocidas en la técnica tales como ajuste de curvas por mínimos cuadrados, etc. El intervalo predeterminado para la detección de pico se determina de la siguiente manera

20 Frecuencia de línea real \leq frecuencia de línea nominal + tolerancia al movimiento definida de la máquina.....(1)

Frecuencia de deslizamiento operativa \leq deslizamiento nominal* Frecuencia de línea real.....(2)

25 Frecuencia de deslizamiento operativa \leq deslizamiento nominal* (frecuencia de línea nominal + tolerancia al movimiento definida).... (3)

En consecuencia, de acuerdo con la ecuación tres, la frecuencia de deslizamiento operativa se encontraría entre el deslizamiento nominal*(frecuencia de línea+1 %) y 0 hercios (en situación sin carga). El pico más grande dentro del intervalo predeterminado es indicativo del valor de la frecuencia de deslizamiento operativa.

30 En la etapa 340, el uno o más procesadores detectan la avería de rotor basándose en los datos de campo magnético exentos de tendencias y la frecuencia de deslizamiento operativa determinada. Posteriormente a la detección de la frecuencia de deslizamiento operativa, el uno o más procesadores calculan la media de la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el primer eje y la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo eje.

35 La media calculada se compara con un valor predeterminado para detectar si existe una avería en el rotor. En una realización, el valor predeterminado es el producto de las medias acumulativas de las señales en cada eje y una constante predeterminada. Cuando la media calculada es menor que el valor predeterminado, el uno o más procesadores determinan que el rotor está en buen estado. En esencia, esto significa que el desequilibrio entre el campo magnético a lo largo del primer eje y el campo magnético a lo largo del segundo eje es bajo. Cuando la media calculada es mayor que el valor predeterminado, el uno o más procesadores determinan que el rotor está defectuoso. En esencia, esto significa que el desequilibrio entre el campo magnético a lo largo del primer eje y el campo magnético a lo largo del segundo eje es alto. Esto se explica adicionalmente en la descripción de la figura 4.

45 En la etapa 350, el uno o más procesadores determinan el tipo de la avería detectada y la gravedad de la avería. En una realización, en la que la magnitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el primer eje, es decir, el campo magnético axial, es mayor que la magnitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo eje, es decir, el campo magnético radial, se indica una avería de barra de rotor rota. En una realización, en la que la magnitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el primer eje, es decir, el campo magnético axial, es menor que la magnitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo eje, es decir, el campo magnético radial, se indica una avería de alineación errónea del rotor. La gravedad de la avería se calcula como el porcentaje de desequilibrio entre la magnitud o amplitud pico de la frecuencia de deslizamiento operativa en el campo radial y axial.

50 En una realización, la unidad 120 de análisis de datos mide la intensidad de campo magnético a lo largo de un tercer eje y genera un tercer espectro de frecuencias a partir de la intensidad de campo magnético medida a lo largo del tercer eje. Entonces, la unidad 120 de análisis de datos identifica un pico dentro del intervalo predeterminado en el tercer espectro de frecuencias y determina una frecuencia correspondiente al pico identificado. Finalmente, la unidad 120 de análisis de datos compara la frecuencia determinada con la frecuencia de deslizamiento operativa determinada para detectar una avería en un sensor de campo magnético a partir del uno o más sensores de campo magnético. En caso de que la frecuencia determinada no sea sustancialmente similar a la frecuencia de deslizamiento operativa determinada, la unidad 120 de análisis de datos transmite una advertencia al dispositivo 130 de mantenimiento a distancia para indicar que un sensor de campo magnético está defectuoso o no está calibrado

correctamente.

La Figura 4 ilustra un espectro de campo magnético en el primer eje (mostrado con una línea continua) y segundo eje (mostrado con una línea discontinua corta) de una máquina eléctrica en buen estado y un espectro de campo magnético en el primer eje y segundo eje de una máquina eléctrica con una avería de barra de rotor, de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención. Tal y como se ha explicado anteriormente, las líneas 410 y 420 indican el límite superior del intervalo predeterminado dentro del cual se encuentra la frecuencia de deslizamiento operativa. El pico indicativo de la frecuencia de deslizamiento operativa dentro del intervalo predeterminado se indica mediante el círculo 415 en el motor en buen estado y el círculo 425 en el segundo eje y el círculo 427 en el primer eje en el motor defectuoso. Tal y como se observa a partir de la figura 4(A), cuando un motor está en buen estado la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en los ejes primero y segundo está relativamente cerca del mínimo (es decir, la media) del espectro. Tal y como se observa a partir de la figura 4(B), cuando existe una avería de rotor, la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en los ejes primero y segundo está relativamente lejos del mínimo (es decir, de la media) del espectro.

En otra realización, la presente divulgación desvela una unidad portátil, que puede moverse libremente con respecto al motor 110, por ejemplo, en movimiento lineal, en movimiento circular, en movimiento hacia delante y hacia atrás, etc. La unidad portátil puede ser cualquier dispositivo, tal como un teléfono móvil y otros dispositivos electrónicos; que tengan una unidad de procesamiento y un sensor de campo magnético incorporados en la unidad portátil para distinguir una máquina en buen estado de la que tiene una barra de rotor rota o una alineación errónea de rotor, por lo que no se requiere ningún *hardware* adicional salvo el teléfono móvil. Cuando la unidad portátil se mueve alrededor de la máquina eléctrica, el sensor de campo magnético integrado en la misma puede medir la intensidad de campo magnético de al menos uno de una pluralidad de puntos de una trayectoria del movimiento libre de una unidad portátil, y el experto en la técnica debe entender que cualquier trayectoria consiste en múltiples puntos unidos entre sí. La unidad de procesamiento puede recibir al menos una señal de intensidad de campo magnético correspondiente desde el sensor magnético, comparar al menos un valor de intensidad de campo magnético con al menos un valor esperado correspondiente y determinar, basándose en la comparación, si hay una avería presente en la máquina eléctrica.

La Figura 5 ilustra una trayectoria en la que la unidad portátil de acuerdo con una realización de la presente invención se mueve con respecto a la máquina eléctrica. Tal y como se muestra en la figura 5, la trayectoria 30 consiste en una multitud de puntos unidos entre sí. Por ejemplo, un primer punto 31 de los múltiples puntos de la trayectoria se encuentra en el área en la que un campo magnético axial está presente alrededor de la máquina eléctrica; un segundo punto 32 de los múltiples puntos de la trayectoria se encuentra en el área en la que un campo magnético radial está presente alrededor de la máquina eléctrica. La unidad portátil 10 puede moverse hasta el primer punto 31 o el segundo punto 32 desde otro punto a lo largo de la trayectoria 30 o puede moverse entre el primer punto 31 y el segundo punto 32 a lo largo de la trayectoria 30. El experto en la técnica debe entender que el primer punto 31 y 50 el segundo punto 32 son únicamente, por ejemplo, ubicaciones indicativas en las áreas de un campo magnético axial y un campo magnético radial, y la trayectoria 30 es, por ejemplo, de la posible ruta de la unidad portátil. El experto en la técnica debe entender que existe alguna área de la máquina eléctrica en la que resulta difícil instalar sensores, por ejemplo, en el espacio entre el extremo del rotor y el estátor, o en la que resulta difícil instalar el sensor de campo magnético en el extremo de salida del rotor en el que el extremo de salida del rotor está unido mecánicamente a un árbol. Resulta más fácil mover la unidad portátil hasta ese lugar y medir la fuga de campo magnético del rotor en el mismo. El sensor 11 de campo magnético integrado en la unidad portátil 10 puede medir la intensidad de campo magnético axial para el campo magnético axial en el primer punto 31 o medir la intensidad de campo magnético radial para el campo magnético radial en el segundo punto 32. La unidad 12 de procesamiento integrada en la unidad portátil 10 puede recibir la señal de intensidad de campo magnético que representa la fuga de campo magnético axial en el primer punto 31 desde el sensor 11 de campo magnético integrado en la unidad portátil 10 y/o recibir la señal de intensidad de campo magnético que representa la fuga de campo magnético radial en el primer punto 32 desde el sensor 11 de campo magnético integrado en la unidad portátil 10 y puede comparar el valor de intensidad de campo magnético recibido con el valor esperado y determinar, basándose en la comparación, si hay una avería presente en la máquina eléctrica.

De acuerdo con la presente invención, para realizar la verificación del estado de una máquina eléctrica, el operador simplemente tiene que instalar la unidad 120 de análisis de datos en el bastidor del motor, semejante a la placa de identificación. Además, esto hace que el resultado sea más preciso al verificar el estado del campo magnético de la máquina eléctrica directamente y al determinar el estado de la máquina eléctrica en consecuencia. Con la medición del campo magnético en lugar de la corriente o la vibración no solo puede realizarse un análisis completo solo con el sistema de verificación del estado sino que, con la medición del campo magnético se mide directamente la raíz del problema.

Esta descripción escrita usa ejemplos para describir la materia objeto en el presente documento, incluyendo el mejor modo, y también para permitir a cualquier experto en la técnica hacer y usar la materia objeto. El ámbito patentable de la materia objeto está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se le ocurran a los expertos en la técnica. Tales ejemplos adicionales pretenden estar dentro del ámbito de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieran del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para detectar una avería de rotor en una máquina eléctrica (110) usando una unidad (120) de análisis de datos, comprendiendo el procedimiento:

- 5 a. medir una intensidad de campo magnético a lo largo de un primer eje y un segundo eje, en el que el primer eje está en un primer ángulo al eje del rotor de la máquina eléctrica y el segundo eje está en un segundo ángulo al eje del rotor de la máquina eléctrica;
- b. determinar una frecuencia de deslizamiento operativa de la máquina eléctrica (110) usando la intensidad de campo magnético medida a lo largo del primer eje y el segundo eje, en el que determinar la frecuencia de deslizamiento operativa comprende
 - 10 i. generar un primer espectro de frecuencias a partir de la intensidad de campo magnético medida a lo largo del primer eje y un segundo espectro de frecuencias a partir de la intensidad de campo magnético a lo largo del segundo eje;
 - ii. identificar un pico dentro de un intervalo predeterminado en al menos uno del primer espectro de frecuencias y el segundo espectro de frecuencias; y
 - 15 iii. determinar una frecuencia correspondiente al pico identificado dentro del intervalo predeterminado, en al menos uno del primer espectro de frecuencias y el segundo espectro de frecuencias;
- c. determinar una amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa determinada en el primer espectro de frecuencias y una amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo espectro de frecuencias; y
- 20 d. detectar la avería de rotor comparando la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa determinada en el primer espectro de frecuencias y la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo espectro de frecuencias con un umbral predeterminado.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, que también comprende determinar el tipo de la avería de rotor detectada comparando la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa determinada en el primer espectro de frecuencias con la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo espectro de frecuencias, y determinar la gravedad de la avería de rotor detectada basándose en la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa determinada en el primer espectro de frecuencias y la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo espectro de frecuencias.

3. El procedimiento según la reivindicación 1, que también comprende calcular el intervalo predeterminado basándose en una frecuencia de deslizamiento nominal asociada a la máquina eléctrica (110) y una frecuencia de línea nominal asociada a la máquina eléctrica (110).

4. El procedimiento según la reivindicación 1, que también comprende
- a. medir una intensidad de campo magnético a lo largo de un tercer eje, en el que el tercer eje está en un tercer ángulo con respecto al primer eje;
 - 35 b. generar un tercer espectro de frecuencias a partir de la intensidad de campo magnético medida a lo largo del tercer eje;
 - c. identificar un pico dentro de un intervalo predeterminado en el tercer espectro de frecuencias;
 - d. determinar una frecuencia correspondiente al pico identificado dentro del intervalo predeterminado, en el tercer espectro de frecuencias; y
 - 40 e. comparar la frecuencia determinada con la frecuencia de deslizamiento operativa determinada para detectar una avería en un sensor de campo magnético a partir del uno o más sensores de campo magnético.

5. Un sistema para detectar una avería de rotor en una máquina eléctrica (110), comprendiendo el sistema:

- a. una unidad (120) de análisis de datos, que comprende:
 - i. uno o más sensores de campo magnético para medir una intensidad de campo magnético a lo largo de un primer eje y un segundo eje, en el que el primer eje es sustancialmente paralelo al eje del rotor de la máquina eléctrica y en el que el segundo eje está en un ángulo con respecto al primer eje;
 - 45 ii. una interfaz de red configurada para comunicarse con un dispositivo (130) de mantenimiento a distancia;
 - iii. uno o más procesadores configurados para
 - 1. generar un primer espectro de frecuencias y un segundo espectro de frecuencias a partir de la intensidad de campo magnético medida a lo largo del primer eje y el segundo eje;
 - 50 2. identificar un pico dentro de un intervalo predeterminado en al menos uno del primer espectro de frecuencias y el segundo espectro de frecuencias;
 - 3. determinar la frecuencia de deslizamiento operativa correspondiente al pico identificado;
 - 4. detectar la avería de rotor basándose en una amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa determinada en el primer espectro de frecuencias y una amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo espectro de frecuencias; y
 - 55

iv. un módulo de memoria acoplado de manera operativa al uno o más procesadores.

6. El sistema según la reivindicación 5, en el que la unidad (120) de análisis de datos está fijada al bastidor de la máquina eléctrica (110), sustancialmente cerca del cojinete de lado de accionamiento de la máquina eléctrica (110).

5 7. El sistema según la reivindicación 5, en el que el uno o más procesadores están configurados además para determinar el tipo y la gravedad de la avería de rotor detectada basándose en la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa determinada en el primer espectro de frecuencias y la amplitud de la frecuencia de deslizamiento operativa en el segundo espectro de frecuencias.

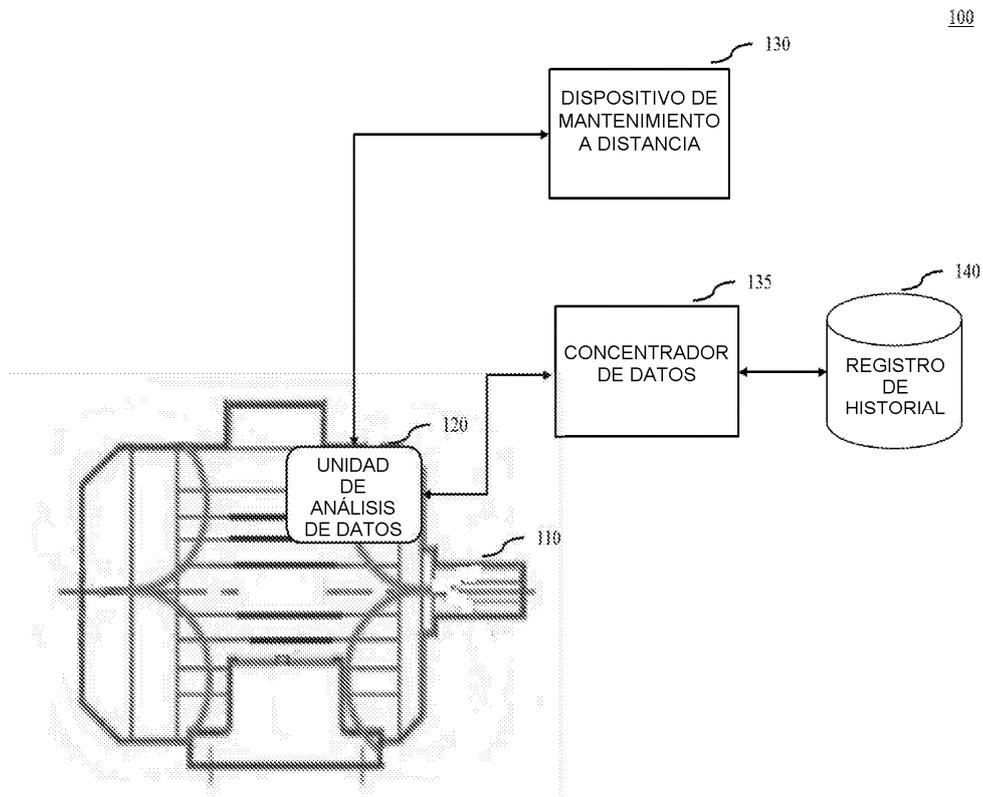


Figura 1

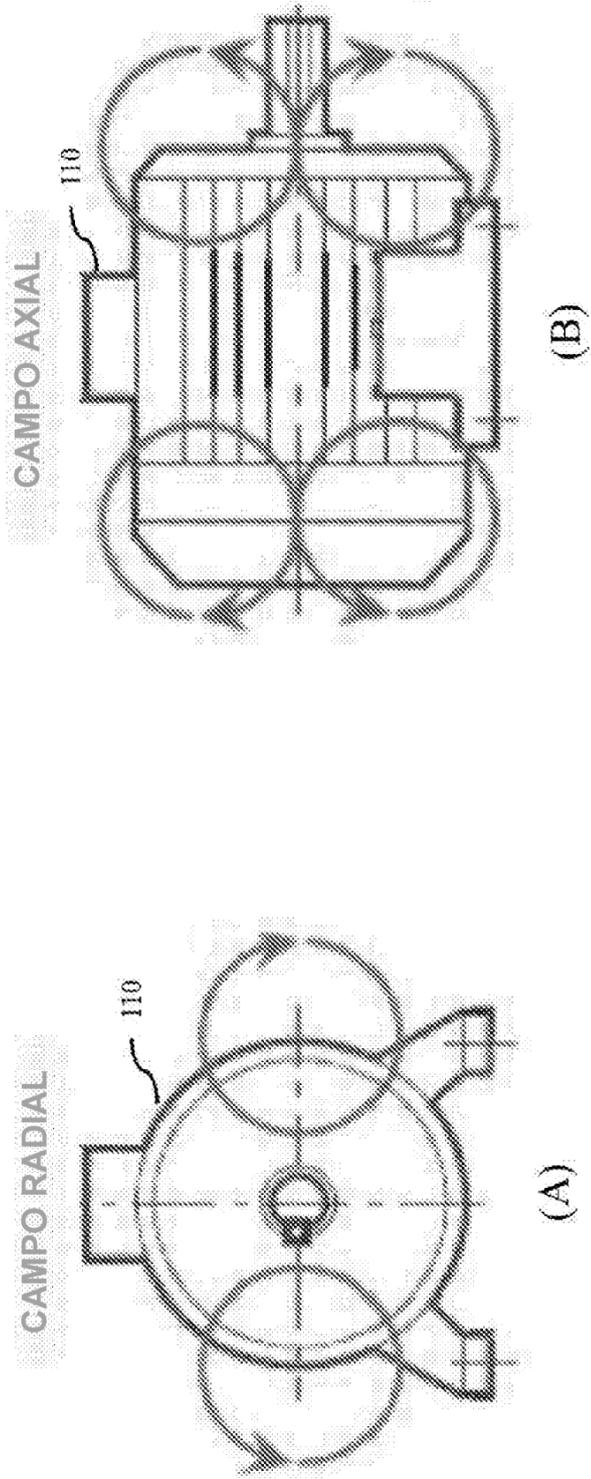


Figura 2

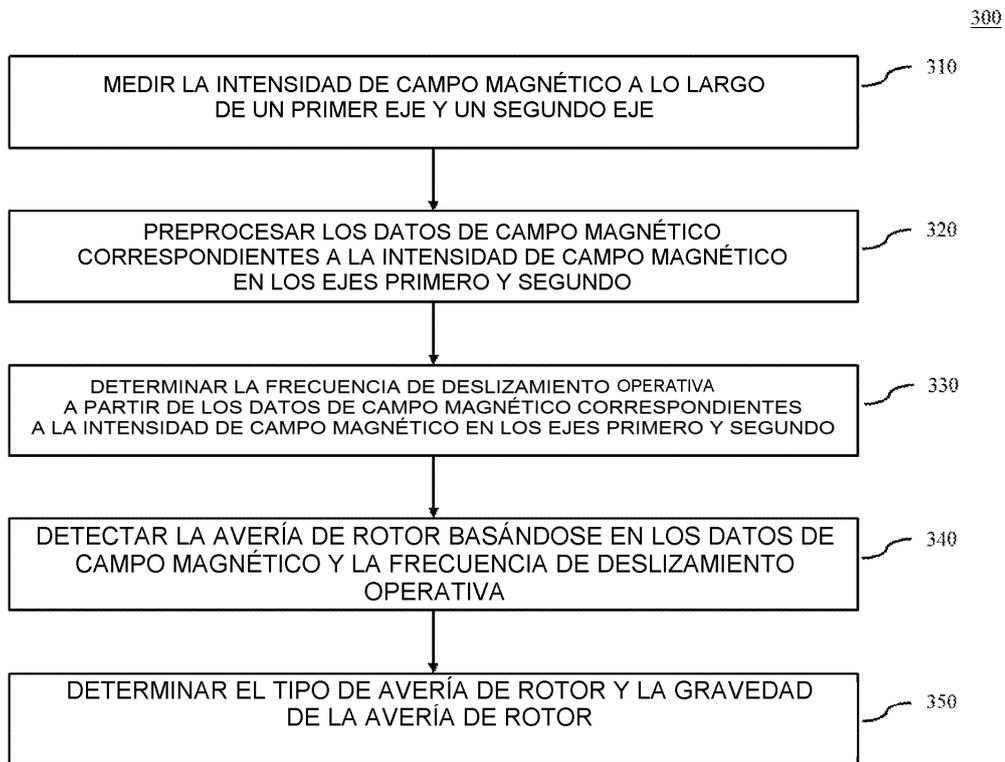


Figura 3

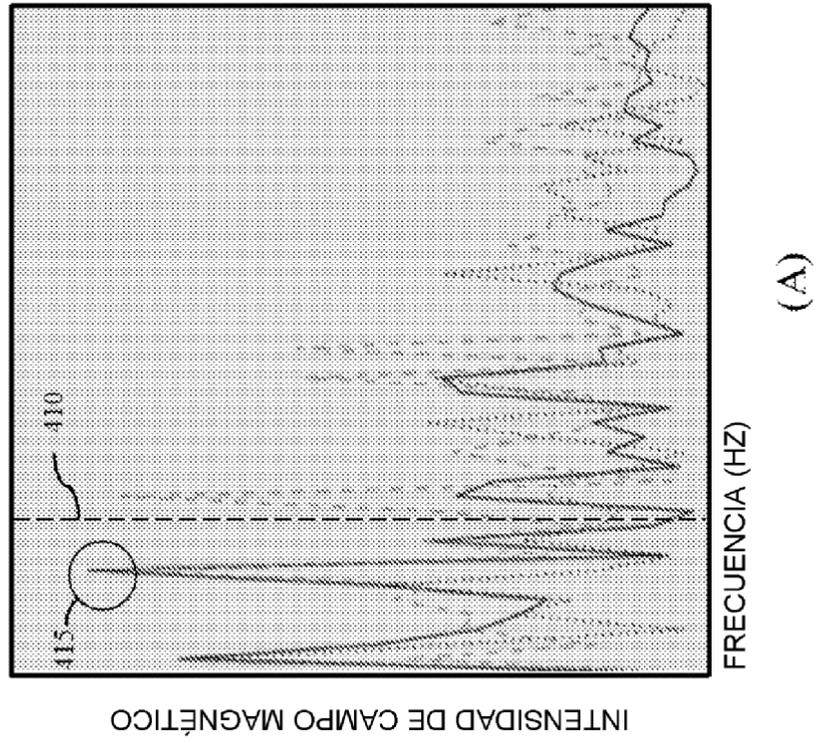
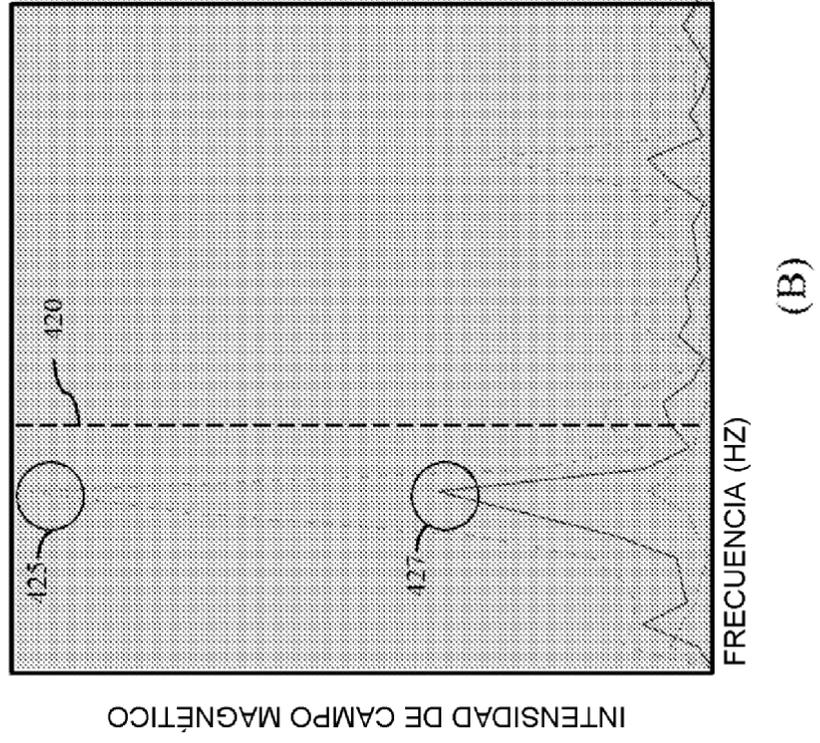


Figura 4

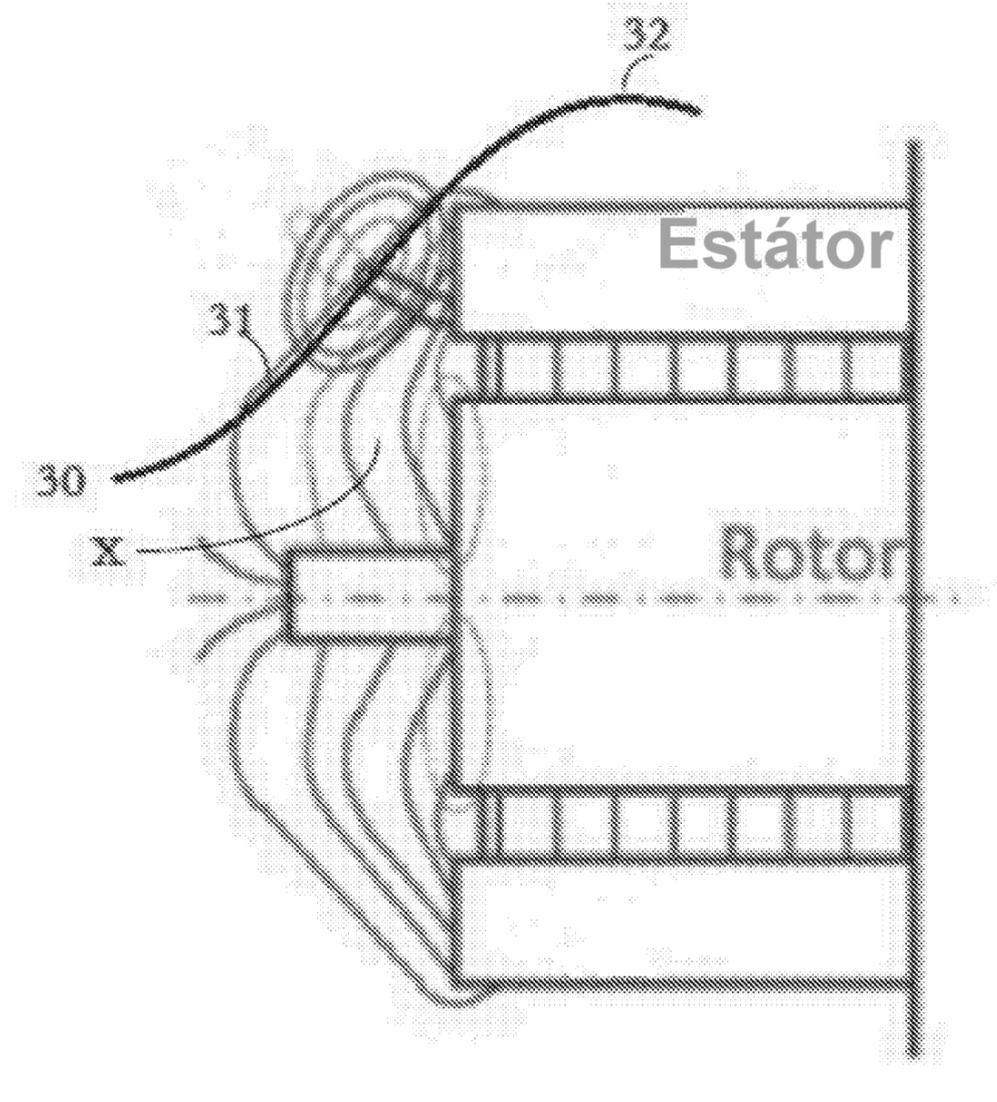


Figura 5