

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 804**

51 Int. Cl.:

G01R 31/34 (2006.01)

G01R 31/06 (2006.01)

H02K 15/16 (2006.01)

H02K 17/00 (2006.01)

G01R 31/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2008 E 08767065 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2015 EP 2156204**

54 Título: **Método y dispositivo para la comprobación fuera de línea de motores eléctricos**

30 Prioridad:

12.06.2007 SE 0701428

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

12.06.2015

73 Titular/es:

SUBSEE RÅÅ AB (100.0%)

Skonaregatan 27

252 70 RAA, SE

72 Inventor/es:

COP, BORIS

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 537 804 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo para la comprobación fuera de línea de motores eléctricos

5 Campo de la Invención

La presente invención se refiere a un método y un aparato para detectar fallos de rotor y estator en motores eléctricos, tales como motores de inducción y motores asíncronos.

Antecedentes de la técnica

10 Los motores eléctricos tienen un amplio campo de aplicación. En la producción industrial, por ejemplo, los motores eléctricos se usan para accionar bombas, cintas transportadoras, grúas, ventiladores, etc. Un motor eléctrico, adaptado para su uso en una aplicación específica, ofrece al usuario muchas ventajas, principalmente debidas a su larga vida útil y a una necesidad limitada de mantenimiento. Un requisito básico para una larga vida útil del motor eléctrico es que el rotor o el estator en el motor eléctrico no tengan ningún fallo o defecto. Los tipos comunes de fallos de rotor son, por ejemplo, roturas o grietas/fracturas en una barra de rotor, resistencia excesivamente alta en las uniones soldadas en el rotor, cavidades de aire excesivamente grandes (como resultado de la fundición del rotor) y desplazamiento del rotor en los espacios de aire con relación al estator. Los tipos más comunes de fallos del estator son, por ejemplo, defectos de aislamiento entre las vueltas de un devanado, fallos de aislamiento entre devanados en la misma fase, fallos de aislamiento entre devanados en diferentes fases, fallos de aislamiento entre devanados y tierra/carcasa del motor, devanados contaminados (es decir, impurezas tales como humedad, polvo o aislamiento carbonizado debido a un sobrecalentamiento), una vuelta abierta de un devanado en un motor conectado en triángulo, así como problemas de contacto entre los extremos del devanado y las conexiones externas.

25 Cuando se comprueban motores eléctricos trifásicos, es común medir las componentes fundamentales de la corriente durante el funcionamiento y comparar los datos de medición de las tres fases. Normalmente, se usan sensores especiales en estas mediciones para obtener los datos de medición.

30 Se sabe que es posible realizar tanto mediciones en línea como mediciones fuera de línea. Los métodos de medición llevados a cabo durante el funcionamiento (mediciones en línea) son sensibles a las perturbaciones en la red eléctrica, es decir, las fundamentales generadas por otras máquinas (por ejemplo, unidades de fuentes de alimentación conmutadas, accesorios para tubos fluorescentes, etc.) que están conectados a la misma red eléctrica. Estas alteraciones provocan resultados de medición erróneos e incluso pueden imposibilitar las mediciones en el motor eléctrico.

35 Cuando se comprueban estatores fuera de línea según la técnica anterior, se suministra al motor un pico de tensión de gran alcance con alto contenido de energía, después de lo cual se analiza la respuesta con decaimiento exponencial obtenida para identificar posibles fallos en el estator. Este método de medición tiene muchas desventajas, ya que puede iniciar o acelerar/finalmente causar fallos de aislamiento incipientes; requiere cálculos e interpretaciones/análisis complejos y que requieren mucho tiempo; causa problemas de propagación de impulso en el devanado debido a los efectos de L y C; requiere un equipo voluminoso y pesado asociado con problemas de transporte/instalación; y es un método caro. El documento WO 2005/106514 describe un método para la comprobación segura de motores eléctricos. Este método describe la medición de una cantidad física, tal como la corriente (I), la inductancia (L) o la impedancia (Z), del devanado del estator mientras el rotor se hace girar alrededor de un eje de rotación. De esta manera, se obtienen datos de medición periódicos relativos a la cantidad física, y se recopilan datos de medición relacionados con al menos dos períodos de los datos de medición periódica. Para la mayoría de todos los motores asíncronos trifásicos, existe una relación sinusoidal entre la posición del rotor y la cantidad física (I, L o Z), que es simétrica alrededor del eje X en cada fase. Según el método, se compara la simetría entre al menos las fundamentales de dos o más semiciclos de los datos de medición recopilados. Una asimetría en los datos de medición indica un fallo de rotor y/o de estator.

50 Cuando se realiza el método descrito en el documento WO 2005/106514, el rotor debe hacerse girar en pasos fijos de igual tamaño o mediante rotación continua a una velocidad constante. Si el rotor no se hace girar en pasos fijos o a velocidad constante, se produce una asimetría en los datos de medición. Normalmente, esta asimetría indicaría un fallo de rotor/estator, pero podría ser debida también a una rotación no continua. Por lo tanto, es importante que el rotor se haga girar en pasos fijos o mediante rotación continua para obtener un resultado fiable. Debido a que, en algunas circunstancias, puede ser difícil obtener una rotación perfecta del rotor, bien mediante rotación continua o en pasos fijos, especialmente al girar el rotor a mano, en estas circunstancias, este requisito puede ser difícil de cumplir para la técnica descrita anteriormente.

60 Sumario de la Invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar una mejora de las técnicas indicadas anteriormente y de la

técnica anterior.

Un objeto particular es proporcionar un método y un aparato que faciliten la medición y el análisis/la detección de fallos de rotor y de estator, y que eliminen una fuente de errores, obteniendo de esta manera un resultado más preciso cuando se realiza el método de la invención y se usa el aparato de la invención.

Un objeto adicional es proporcionar un método y un aparato para la medición y el análisis/la detección de fallos de rotor y de estator eliminando o reduciendo la necesidad de hacer girar el rotor a una velocidad constante o mediante pasos fijos e iguales.

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un método de comprobación fuera de línea de un motor eléctrico, cuyo motor comprende al menos un devanado de estator, y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación. El método comprende:

aplicar una señal de comprobación periódica al por lo menos un devanado del estator,
recopilar los primeros datos de medición, relacionados con una cantidad física del al menos un devanado del estator mientras el rotor se hace girar alrededor del eje de rotación, a partir de uno o más períodos de forma de onda de la señal de comprobación,
detectar los primeros valores de pico de los primeros datos de medición,
formar los segundos datos de medición en base a dichos primeros valores de pico detectados,
detectar los segundos valores de pico de dichos segundos datos de medición para el al menos un devanado del estator,
determinar una dispersión de al menos una parte de dichos segundos valores de pico,
proporcionar, si dicha dispersión supera un umbral predeterminado, una señal que indica un fallo en dicho rotor.

Una ventaja del método descrito anteriormente es que el rotor ya no debe hacerse girar a una velocidad constante o con pasos fijos e iguales, tal como se requería en la técnica anterior. Debido a que la simetría de los segundos datos de medición ya no tiene que ser comparada como en la técnica anterior, no se requiere una rotación continua, simplificando de esta manera el método de la invención. En el método de la invención, sólo deben determinarse los valores de pico de los segundos datos de medición para indicar un fallo en el rotor durante la comprobación.

Además, se ha eliminado o reducido la fuente de error que se producía en la técnica anterior, debido a la asimetría causada por una rotación no continua del rotor, lo cual resulta en un resultado más fiable de la comprobación.

Además, cuando se usa el método de la invención, es posible identificar que, cuando se produce una dispersión de al menos una parte de dichos segundos valores de pico, el fallo está en el rotor. Por lo tanto, no deben realizarse comprobaciones adicionales para aclarar si el fallo está presente en el estator o en el rotor. De esta manera, el método de la invención requiere menos tiempo y es más preciso que las soluciones de la técnica anterior.

La cantidad física puede ser una inductancia (L) del devanado del estator. Una ventaja de la medición de la inductancia del devanado del estator es que los fallos comunes del estator y del rotor resultan en un cambio de la inductancia para ese bobinado específico. Por lo tanto, la inductancia del devanado del estator puede ser usada para indicar un fallo del estator/rotor. Midiendo la inductancia del devanado del estator, no tiene que tenerse en cuenta la resistencia interna de los devanados del estator.

La cantidad física puede ser una impedancia (Z) del devanado del estator. Una ventaja de medir la impedancia del devanado del estator es que los fallos comunes del estator y del rotor resultan en un cambio de la impedancia para ese bobinado específico. Por lo tanto, la impedancia del devanado del estator puede ser usada para indicar un fallo del estator/rotor. Normalmente es muy simple medir la impedancia de los devanados del estator, lo cual es ventajoso cuando la resistencia interna de los devanados es conocida.

El motor eléctrico puede ser un motor asíncrono trifásico.

Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método de comprobación fuera de línea de un motor eléctrico, cuyo motor comprende un estator con al menos dos devanados de estator, y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación. El método comprende:

aplicar una señal de comprobación periódica a los al menos dos devanados del estator,
recopilar los primeros datos de medición, relacionados con una cantidad física de los al menos dos devanados del estator, mientras el rotor se hace girar alrededor del eje de rotación, a partir de uno o más períodos de forma de onda de la señal de comprobación,

detectar los primeros valores de pico de los primeros datos de medición para cada uno de dichos devanados del estator,
 formar los segundos datos de medición en base a dichos primeros valores de pico detectados para cada uno de dichos devanados del estator,
 5 formar un valor medio de los segundos datos de medición para cada uno de dichos devanados del estator,
 proporcionar, si dichos valores medios difieren de un patrón predeterminado, una señal que indica un fallo en dicho estator.

Una ventaja del método descrito anteriormente es que el rotor ya no debe hacerse girar a una velocidad constante o con pasos fijos e iguales, tal como se requiere en la técnica anterior. Debido a que la simetría de los segundos datos de medición ya no tiene que ser comparada como en la técnica anterior, no se requiere ninguna rotación continua, simplificando de esta manera el método de la invención. En el método de la invención, sólo deben determinarse los valores medios de los segundos datos de medición para indicar un fallo en el estator durante la comprobación.

Además, se ha eliminado o reducido la fuente de error que se produce en la técnica anterior, debido a la asimetría causada por una rotación no continua del rotor, lo cual resulta en un resultado más fiable de la comprobación.

Además, es posible, cuando se usa el método de la invención, identificar que, cuando los valores medios difieren de un patrón predeterminado, el fallo está en el estator. Por lo tanto, no deben realizarse comprobaciones adicionales para aclarar si el fallo está presente en el estator o en el rotor. De esta manera, el método de la invención ahorra tiempo y es más preciso que las soluciones de la técnica anterior.

Según un tercer aspecto de la invención, se proporciona un aparato de comprobación fuera de línea de un motor eléctrico, en el que el motor comprende al menos un devanado del estator, y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación. El aparato comprende:

medios para aplicar una señal de comprobación periódica al por lo menos un devanado del estator,
 medios para recopilar los primeros datos de medición, relacionados con una cantidad física del al menos un devanado del estator mientras el rotor se hace girar alrededor del eje de rotación, a partir de uno o más períodos de forma de onda de la señal de comprobación,
 medios para detectar los primeros valores de pico de los primeros datos de medición,
 medios para formar los segundos datos de medición en base a dichos primeros valores de pico detectados,
 medios para detectar los segundos valores de pico de dichos segundos datos de medición para el al menos un devanado del estator,
 35 medios para determinar una dispersión de al menos una parte de dichos segundos valores de pico,
 medios para proporcionar, si dicha dispersión supera un umbral predeterminado, una señal que indica un fallo en dicho rotor.

Según un cuarto aspecto de la invención, se proporciona un aparato de comprobación fuera de línea de un motor eléctrico, cuyo motor comprende un estator con al menos dos devanados de estator, y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación. El aparato comprende:

medios para aplicar una señal de comprobación periódica a los al menos dos devanados del estator,
 medios para recopilar los primeros datos de medición, relacionados con una cantidad física de los al menos dos devanados del estator, mientras el rotor se hace girar alrededor del eje de rotación, a partir de uno o más períodos de forma de onda de la señal de comprobación,
 medios para detectar los primeros valores de pico de los primeros datos de medición para cada uno de dichos devanados del estator,
 50 medios para formar los segundos datos de medición en base a dichos primeros valores de pico detectados para cada uno de dichos devanados del estator,
 medios para formar un valor medio de los segundos datos de medición para cada uno de dichos devanados del estator,
 medios para proporcionar, si dichos valores medios difieren de un patrón predeterminado, una señal que indica un fallo en dicho estator.

Los dos aparatos incorporan todas las ventajas de los métodos, que se han descrito anteriormente. Por lo tanto, la descripción anterior es aplicable también al aparato de la invención, respectivamente.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá adicionalmente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, que muestran una realización de la invención como un ejemplo no limitativo.

La Figura 1 es un diagrama de bloques de una realización preferida de un dispositivo de medición según la presente invención.

La Figura 2 es un diagrama de flujo de un método de comprobación fuera de línea de un motor eléctrico según la presente invención.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de un método de comprobación fuera de línea de un motor eléctrico según la presente invención.

La Figura 4 es una representación esquemática de los segundos valores de pico detectados y los valores medios formados a partir de los mismos para tres devanados del estator.

Descripción detallada de la realización o las realizaciones preferidas

En primer lugar, se describirá un sistema en el que puede aplicarse la presente invención con referencia a la Figura 1.

Con referencia al diagrama de bloques en la Figura 1, se describirá una realización preferida de un dispositivo 13 de medición según la presente invención. El dispositivo 13 de medición comprende una unidad 1 de control, que comprende preferiblemente: una CPU 1a, una memoria 1b de programa, una memoria 1c de datos, un convertidor 1d A/D, una referencia 1e de tensión, un primer temporizador (A) 1f, un segundo temporizador (B) 1g y un multiplicador 1h hardware.

El dispositivo 13 de medición puede comprender una pantalla 2, que está conectada a la unidad 1 de control.

El dispositivo 13 de medición comprende un generador 3 de forma de onda conectado a la unidad de control, que comprende preferiblemente: un convertidor 3a D/A, un filtro 3b de reconstrucción y un amplificador 3c de potencia.

El dispositivo 13 de medición comprende amplificadores 4 de medición en dos canales, que comprenden preferiblemente: amplificadores 4a ajustables, rectificadores 4b, detectores 4c de paso por cero y convertidores 4d de nivel.

El dispositivo 13 de medición comprende una unidad 5 de conmutación para proporcionar entradas y salidas a un objeto 10 de comprobación. La unidad de conmutación, que está conectada a una entrada del amplificador 4 de medición, comprende preferiblemente relés 5a y multiplexores 5b analógicos.

Además, el dispositivo 13 de medición comprende una resistencia 6 de medición de referencia, que está conectada entre la unidad 5 de conmutación y una entrada del amplificador 4 de medición.

El dispositivo 13 de medición comprende un dispositivo 8 de fuente de alimentación, que comprende preferiblemente una o más baterías 8a, un dispositivo 8c de carga de batería, uno o más reguladores 8c de tensión y un generador de polarización LCD.

Además, el dispositivo de medición comprende preferiblemente una o más entradas 9a analógicas y entradas 9b digitales. La unidad 1 de control supervisa y controla la pantalla 2, el generador 3 de forma de onda, los amplificadores 4 de medición, la unidad 5 de conmutación, la resistencia 6 de medición de referencia, el generador 7 de alta tensión y el dispositivo 8 de fuente de alimentación, según las instrucciones del programa almacenado en la memoria 1b, y registra y calcula los datos de salida según las instrucciones del programa determinado, el resultado puede ser mostrado en la pantalla 2. Más específicamente, la unidad 1 de control controla el generador 3 de forma de onda para generar una señal sinusoidal, cuya frecuencia está comprendida preferiblemente en el intervalo de 25-800 Hz y cuya tensión es preferiblemente de 1 V rms (valor eficaz). La tensión generada es aplicada al objeto 10 de comprobación a través de los amplificadores 3c de potencia y la unidad 5 de conmutación. La corriente generada de esta manera provoca una tensión a través de la resistencia 6 de medición, en el que el amplificador 4 de medición es controlado para medir el voltaje a través de la resistencia 6 de medición y el objeto de comprobación, respectivamente.

Una primera entrada de un primer detector 4c de paso por cero está conectada a la salida del generador 3 de forma de onda. La salida representa el desplazamiento de fase de la tensión a través del objeto 10 de comprobación. Un segundo detector 4c de paso por cero está conectado a la salida del amplificador 4a que es ajustable para que coincida con la resistencia 6 de medición, y su señal de salida representa el desplazamiento de fase de la corriente a través del objeto 10 de comprobación, midiendo de esta manera un ángulo Φ_i de fase.

La conexión anterior permite el cálculo de la corriente (I) a través del objeto 10 de comprobación. También permite el cálculo de la impedancia (Z), la inductancia (L) y la resistencia (R). También se mide el ángulo Φ_i de fase. Las instrucciones del programa requeridas por la unidad 1 de control para llevar a cabo las mediciones/los cálculos

anteriores se almacenan en la memoria 1b.

En una comprobación de rotor según la presente invención, la posición del rotor influye en el valor medido de la corriente (I), la impedancia (Z), la inductancia (L) y el ángulo (Fi) de fase en los devanados del estator. Los valores medidos varían entre mínimo/máximo, dependiendo de la posición del rotor con relación al estator. Midiendo cualquiera de entre I, Z, L y Fi en al menos un devanado del estator durante la rotación del rotor, determinando los primeros valores de pico de la cantidad medida, formando los segundos datos de medición, a continuación, determinando los valores de pico de los segundos datos de medición y, finalmente, determinando una dispersión de al menos una parte de los segundos valores de pico, se detectará cualquier desequilibrio del rotor existente, es decir, si la dispersión de al menos una parte de los segundos valores de pico supera un umbral predeterminado, se proporcionará una indicación de que hay un fallo en el rotor. De manera alternativa, puede determinarse un patrón de la al menos una parte de los segundos valores de pico. Tal como se ha indicado anteriormente, los valores determinados de los segundos valores de pico dependen de la concentricidad del rotor y cualquier error de centrado proporcionará una envolvente en los valores de los segundos valores de pico. Por lo tanto, puede detectarse dicho patrón concéntrico que indica un fallo en el rotor.

En una comprobación de rotor, un sensor 11 de ángulo puede estar conectado al eje, en el que el valor medido puede ser conectado con la posición del rotor, siendo de esta manera la posición el factor de control cuando, por ejemplo, se presentan los resultados de la medición en la pantalla 2.

En una comprobación de estator según la presente invención, la posición del rotor influye en el valor medido de la corriente (I), la impedancia (Z), la inductancia (L) y el ángulo (Fi) de fase en los devanados del estator. Los valores medidos varían entre mínimo/máximo, dependiendo de la posición del rotor con relación al estator. Midiendo cualquiera de entre I, Z, L y Fi en al menos dos devanados del estator durante la rotación del rotor, determinando los primeros valores de pico de la cantidad medida para cada devanado del estator, formando los segundos datos de medición, a continuación, determinando los valores de pico de los segundos datos de medición para cada devanado del estator, a continuación, formando un valor medio en base a dichos segundos valores de pico detectados para cada uno de los devanados del estator medidos, se detectará cualquier desviación entre la cantidad medida en los devanados del estator. Las mediciones en un estator que funciona correctamente generarán valores medios de magnitudes sustancialmente iguales. Por consiguiente, si los valores medios difieren de un patrón predeterminado, hay presente una avería en el estator. De manera alternativa, puede detectarse una dispersión de los valores medios, en el que una dispersión que supera un umbral predeterminado, dependiendo por ejemplo de las condiciones ambientales cuando se realizan las mediciones, indicará un fallo en el estator. Tal como se describirá más adelante, el patrón puede diferir dependiendo del tipo de motor bajo comprobación.

Con referencia al diagrama de flujo en la Figura 2, se describirá un método de medición según la presente invención para indicar fallos de rotor.

En la etapa 200, se inicia el generador 3 de forma de onda, generando de esta manera una señal de comprobación periódica, preferiblemente en el intervalo de 25-800 Hz y 1 V rms, y es conectada a través del amplificador 3c de potencia y la unidad 5 de conmutación al objeto 10 de comprobación.

En la etapa 201, los primeros datos de medición, relacionados con una cantidad física, tal como la corriente I, la impedancia Z o la inductancia L, son recopilados mientras el rotor se hace girar alrededor del eje de rotación. Los primeros datos de medición recopilados forman uno o más períodos de forma de onda de la señal de comprobación aplicada. No se requiere una rotación continua uniforme del rotor para el método de la invención.

En la etapa 202, se detectan los primeros valores de pico de los primeros datos de medición recopilados en la etapa 201.

En la etapa 203, se forman los segundos datos de medición, en base a los primeros valores de pico detectados de los primeros datos de medición. Más específicamente, en esta etapa, los primeros valores de pico son extraídos para formar los segundos datos de medición.

En la etapa 204, se detectan los segundos valores de pico de los segundos datos de medición formados en la etapa 203.

En la etapa 205, se determina una dispersión o un patrón de al menos una parte de los valores de pico de los segundos datos de medición para el al menos un devanado del estator. La parte de los segundos valores de pico, usada para determinar la dispersión o el patrón, puede ser todos los valores positivos o todos los valores negativos, respectivamente. De manera alternativa, si se usan los valores absolutos de los segundos valores de pico, la parte puede ser seleccionada más libremente, tal como los diez primeros valores de pico determinados, los diez valores

de pico determinados detectados en la mitad del intervalo medido, cada tercer valor de pico determinado o cualquier otra parte de los segundos valores de pico determinados.

En la etapa 206, se proporciona una señal que indica un fallo en el rotor, si la dispersión supera el umbral predeterminado o si el patrón difiere de un patrón predeterminado. Tal como se ha indicado anteriormente, el umbral predeterminado se usa para eliminar cualquier perturbación no deseada, errores en la medición y cualquier otra varianza. La señal puede ser transmitida a una pantalla, y puede ser transformada en una representación visual, o la señal puede ser transformada en cualquier otra forma con el fin de ser comunicada a una persona, u ordenador, que realiza y/o supervisa la comprobación.

Con referencia al diagrama de flujo en la Figura 3, se describirá un método de medición según la presente invención para indicar fallos del estator.

En la etapa 300, se inicia el generador 3 de forma de onda, generando de esta manera una señal de comprobación periódica, preferiblemente en el intervalo de 25-800 Hz y 1 V rms, y es conectada a través del amplificador 3c de potencia y la unidad 5 de conmutación al objeto 10 de comprobación. La señal de comprobación periódica es aplicada a al menos dos devanados del estator en caso de comprobación del rotor, ya que más tarde se comparan los datos relacionados con los diferentes devanados del estator.

En la etapa 301, los primeros datos de medición de los al menos dos devanados del estator, relacionados con una cantidad física, tal como la corriente I, la impedancia Z o la inductancia L, son recopilados mientras el rotor se hace girar alrededor del eje de rotación. Los primeros datos de medición recopilados forman uno o más períodos de forma de onda de la señal de comprobación aplicada. No se requiere una rotación continua del rotor para el método de la invención.

En la etapa 302, se detectan los primeros valores de pico de los primeros datos de medición para cada devanado del estator, que se recopilan en la etapa 301.

En la etapa 303, se forman los segundos datos de medición, en base a los primeros valores de pico detectados para cada devanado del estator. Más específicamente, en esta etapa, los primeros valores de pico son extraídos para formar los segundos datos de medición.

En la etapa 304, se detectan los segundos valores de pico de los segundos datos de medición formados en la etapa 303.

En la etapa 305, se forma un valor medio de los segundos valores de pico de los segundos datos de medición para cada devanado del estator.

En la etapa 306, se determina una relación mutua entre dichos valores medios.

En la etapa 307, se proporciona una señal que indica un fallo en el estator si la relación mutua se desvía de una relación predeterminada o un patrón predeterminado. Para un estator con devanados de estator ordinarios, el patrón predeterminado puede ser una dispersión de los valores medios que supera un valor umbral predeterminado. Para un estator con devanados concéntricos, el patrón predeterminado puede ser una formación escalonada, en la que las diferencias de los valores medios son uniformes.

La señal puede ser transmitida a una pantalla, y puede ser transformada en una representación visual, o la señal puede ser transformada de cualquier otra forma para ser comunicada a una persona, u ordenador, que realiza y/o supervisa la comprobación.

Cuando la señal de comprobación se aplica al devanado del estator en la etapa 200 y 300, los primeros datos de medición en la etapa 201 y 301 pueden ser recopilados midiendo a través de las conexiones del devanado del estator mientras el rotor se hace girar alrededor del eje de rotación.

El motor eléctrico puede ser un motor asíncrono trifásico, u otro tipo de motor adecuado para ser comprobado según los métodos descritos.

Con referencia a las Figuras 4A y B, en las mismas se muestra una representación esquemática de los segundos valores 401a-n de pico detectados. Los segundos valores 401a-n de pico detectados del devanado AB del estator se representan gráficamente en un diagrama. De manera similar, los segundos valores de pico detectados para cada uno de los estatores BC y CA se representan también gráficamente en el diagrama. Tal como se muestra en la Figura 4A, los valores 401a-n de pico tienen una relación mutua en el sentido de que son de igual magnitud, lo

que indica que el rotor está funcionando apropiadamente, es decir, una relación predeterminada que indica un rotor que funciona apropiadamente puede ser que la magnitud de los valores de pico son iguales o que los valores de pico están dispuestos según un patrón predeterminado debido al diseño del rotor. En contraste con los valores de pico mostrados en la Figura 4A, los valores 404a-n de pico mostrados en la Figura 4B no son de igual magnitud sino que presentan una dispersión con relación a un valor esperado. La dispersión indica que el rotor no está funcionando apropiadamente, pero puede estar dispuesto descentrado en el motor. De manera alternativa, la dispersión puede ser debida a otros fallos de rotor, tales como las grietas indicadas anteriormente.

Con referencia a la Figura 4A, se forma un valor 402 medio de los segundos valores de pico detectados para cada devanado AB, BC y CA del estator y los valores medios de los tres devanados del estator se usan en el método de la invención para determinar una relación o patrón mutuo. En la Figura 4A, se indica la relación mutua en la que no se identifica ninguna desviación entre los valores medios de los devanados AB, BC y CA del estator, respectivamente (o no se identifica ninguna desviación superior a un umbral o patrón predeterminado). Por consiguiente, el estator está funcionando apropiadamente.

Por el contrario, si se detecta una desviación entre los valores medios de los devanados AB, BC y CA del estator, respectivamente, tal como se muestra en la Figura 4B, hay un fallo presente en el estator. La desviación puede ser una desviación de un patrón predeterminado o la desviación puede ser una dispersión de los valores medios entre los bobinados del estator.

A modo de ejemplo, ahora se describirá más detalladamente un método de medición para recopilar los primeros y segundos datos de medición indicados en las etapas 201-204 y 301-304 anteriormente.

Se inicia el generador 3 de forma de onda, generando de esta manera una señal de comprobación periódica, preferiblemente en el intervalo de 25-800 Hz y 1 V rms, y es conectada a través del amplificador 3c de potencia y la unidad 5 de conmutación al objeto 10 de comprobación y la resistencia 6 de medición opcionalmente a través de los terminales del conector (indicados mediante X en la Figura 1). Más específicamente, el generador 3 de forma de onda se inicia poniendo en marcha el temporizador (B) 1g y cargando un valor correspondiente a un tiempo t1 de muestreo. Cuando el temporizador llega a cero, se genera una interrupción que hace que la CPU 1a recupere/busque el valor de la muestra nº 1 en una tabla almacenada en la memoria 1b de programa, en el que el valor es suministrado al convertidor 3a D/A. Al mismo tiempo, el temporizador (B) 1g es reiniciado y cargado de nuevo con el valor de t1.

Este método se repite en conexión con/después de cada interrupción del temporizador (B) 1g recuperando la siguiente muestra en la memoria 1b de programa y suministrándola al convertidor 3a D/A, generando de esta manera una serie de niveles de tensión discretos que representan la forma de onda deseada más la frecuencia de muestreo 1/t1. A continuación, esta señal es enviada a un filtro 3b de pasa baja/reconstrucción, cuya función es filtrar la frecuencia de muestreo y cualquier componente de frecuencia no deseado, de manera que sólo permanezca la forma de onda deseada. Antes de que la forma de onda pueda ser aplicada al objeto 10 de comprobación, debe realizarse una adaptación de impedancia. Esto tiene lugar en el amplificador 3c de potencia desde el cual la forma de onda es reenviada al objeto 10 de comprobación a través de los relés en la unidad 5 de conmutación.

La tensión a través del objeto 10 de comprobación y la resistencia 6 de medición, respectivamente, se registra en el amplificador 4 de medición. Esto es realizado por la CPU 1a estableciendo los relés 5a y los multiplexores 5b en la unidad 5 de conmutación de manera que la tensión a través del objeto 10 de comprobación y la resistencia 6 de medición, respectivamente, que están conectados en serie, sea conmutado a un amplificador 4a, 4b ajustable respectivo. La CPU ajusta los amplificadores 4a, 4b al nivel más bajo de amplificación. A continuación, las señales son enviadas a los rectificadores 4c en los que se son sometidas a rectificación de onda completa, después de lo cual cada una de ellas es suministrada a un convertidor 4e de nivel, que adapta los niveles al convertidor 1d A/D. En esta etapa de amplificación y conmutación, la CPU 1a inicia el convertidor 1d A/D, el cual junto con la referencia 1e de tensión mediante un detector de valor de pico basado en software devuelve la tensión de pico de ambas señales. Usando estos valores de pico, la CPU 1a selecciona/calcula un nivel de amplificación óptimo para el amplificador ajustable de cada canal y los aplica. En estos nuevos estados de amplificación, la CPU 1a inicia de nuevo el convertidor 1d A/D, el cual junto con la referencia 1e de tensión mediante un primer detector de valor de pico basado en software devuelve la tensión de pico de ambas señales. Usando estos valores de pico, la CPU 1a verifica que se ha obtenido el estado de amplificación óptimo para el amplificador ajustable de cada canal. Si este no es el caso, es decir, si se excita excesivamente cualquier canal, la CPU 1a puede reducir el nivel de amplificación en un paso y aplicar el mismo. De manera alternativa, la señal a través de la resistencia de medición puede ser tan baja que la CPU interprete esto como si no hubiera conectado ningún objeto de comprobación. Preferiblemente, también se conoce la amplitud máxima del generador 3 de forma de onda.

La entrada del primer detector de paso por cero está conectada a la salida del generador 3 de forma de onda. Puede decirse que la señal de salida representa el desplazamiento de fase de la tensión a través del objeto 10 de comprobación. El segundo detector de paso por cero está conectado a la salida del amplificador ajustable adaptada para la resistencia 6 de medición y su señal de salida representa el desplazamiento de fase de la corriente a través del objeto 10 de comprobación.

A continuación se realiza una medición de I, Z o L. La medición comprende el uso del primer detector de valor de pico basado en software con el fin de recopilar los primeros valores de pico de los primeros datos de medición. Mientras se recopilan los primeros datos de medición y durante la rotación del rotor, los valores de pico pueden ser formados simultáneamente a partir de los primeros datos de medición. De manera alternativa, la formación de los valores de pico de los primeros datos de medición puede ser realizada una vez finalizada la recopilación de los primeros datos de medición.

A continuación, se realiza una inicialización del registro/memorización de los valores mínimos y máximos de I, Z y/o L.

A continuación, se lleva a cabo una segunda detección de valor de pico basada en software, con el fin de detectar un número de ciclos mínimo/máximo en la forma de onda resultante de la envolvente de la firma del rotor. La segunda detección de valor de pico puede estar basada esencialmente en el mismo algoritmo de software que la primera detección de valor de pico, pero difiere en términos de los datos de entrada y de la forma de onda procesada. Los datos de entrada para el segundo detector de valor de pico son el resultado de la medición de uno o más ciclos de medición, es decir, los datos de salida del primer detector de valor de pico. La forma de onda medida, en base a la cual se obtienen los valores mínimo/máximo, es la envolvente de la firma del rotor, que tiene forma sinusoidal u otra forma, que surge de la envolvente después de un número suficientemente grande de resultados de medición recopilados.

A continuación, el resultado de la segunda detección de pico puede ser usado en la subsiguiente determinación de la dispersión o el valor medio de los datos de medición según las etapas 205 ff y 305 ff.

Además, antes de realizar las mediciones anteriores, el aparato comienza preferiblemente realizando un intercambio automático de entradas de medición con el propósito de medir cualquier nivel de tensión de interferencia (U_{emi}) inducido posiblemente en el motor debido a campos de interferencia externos, si los hay. Si el nivel es demasiado alto, se muestra en la pantalla del aparato, permitiendo de esta manera que el usuario tome diferentes medidas en un intento de reducir el nivel de interferencia, por ejemplo, conectando a tierra el objeto de comprobación, etc. De esta manera, la capacidad del aparato para determinar niveles excesivos de tensión de interferencia (U_{emi}) es una característica muy ventajosa, ya que un nivel excesivo de tensión de interferencia excesiva provoca resultados de medición erróneos.

Si el nivel de interferencia es suficientemente bajo, el aparato continua midiendo y/o calculando las cantidades siguientes, preferiblemente de manera automática:

Resistencia (R), que se usa para detectar roturas en conectores o devanados, conexiones sueltas, resistencia de contacto y cortocircuitos directos.

Impedancia (Z) e inductancia (L), que se usan en combinación para detectar la presencia de diferentes impurezas en los devanados. Estas pueden ser, por ejemplo, en forma de polvo, humedad o aislamiento carbonizado (debido al sobrecalentamiento), todos los cuales causan pequeños cambios en la capacitancia del devanado que está siendo medido. En la mayoría de los casos, la capacitancia aumenta, lo cual provoca una reducción de la impedancia Z. Además, la reactancia capacitiva tendrá una mayor influencia sobre la impedancia (ley de Ohm), ya que la señal de comprobación aplicada tiene baja amplitud y, por lo tanto, el valor de la capacitancia es todavía más dominante.

En el caso de aislamiento carbonizado debido a un sobrecalentamiento, por el contrario, la capacitancia puede disminuir, provocando de esta manera que la impedancia aumente en una o más fases.

Tal como se ha indicado anteriormente, de entre todas las magnitudes de medición, la inductancia L es la que menos probabilidad tiene de cambiar debido a un fallo en el estator. Debido a esta "inercia", los resultados de medición para L pueden ser usados como una forma de referencia o línea de base para la comparación con los cambios en Z.

Sin embargo, dependiendo del tipo de motor, desafortunadamente, los valores de L y Z varían en diferentes grados entre las fases. La razón de esta variación es que el efecto de la posición del rotor en la inductancia relativa entre el

rotor y el estator puede ser diferente en cada fase.

Se contempla que existen numerosas modificaciones de las realizaciones descritas en la presente memoria, que también están dentro del alcance de la invención, tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método de comprobación fuera de línea de un motor eléctrico, cuyo motor comprende al menos un devanado del estator, y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación, cuyo método comprende:

5 aplicar una señal de comprobación periódica al por lo menos un devanado del estator,
recopilar los primeros datos de medición, relacionados con una cantidad física del al menos un devanado del
estator mientras el rotor se hace girar alrededor del eje de rotación, a partir de uno o más períodos de forma
de onda de la señal de comprobación,
10 detectar los primeros valores de pico de los primeros datos de medición,
formar los segundos datos de medición en base a dichos primeros valores de pico detectados,
detectar los segundos valores de pico de dichos segundos datos de medición para el al menos un devanado
del estator,
determinar una relación mutua entre la al menos una parte de dichos segundos valores de pico,
15 proporcionar, si dicha relación mutua se desvía de una relación predeterminada, una señal que indica un
fallo en dicho rotor.

2. Método según la reivindicación 1, en el que dicha relación mutua corresponde a una dispersión de la al menos
una parte de los segundos valores de pico, y la desviación de dicha relación corresponde a cuando dicha dispersión
20 supera un umbral predeterminado.

3. Método según la reivindicación 1, en el que dicha relación mutua corresponde a un patrón de la al menos una
parte de los segundos valores de pico, y la desviación de dicha relación corresponde a cuando dicho patrón se
desvía de un patrón predeterminado de dichos valores de al menos una parte de los segundos valores de pico.

4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que la cantidad física es una inductancia (L) o
una impedancia (Z) del al menos un devanado del estator.

5. Método de comprobación fuera de línea de un motor eléctrico, cuyo motor comprende un estator con al menos
dos devanados de estator, y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación, cuyo método comprende:

35 aplicar una señal de comprobación periódica a los al menos dos devanados del estator,
recopilar los primeros datos de medición, relacionados con una cantidad física de los al menos dos
devanados del estator, mientras el rotor se hace girar alrededor del eje de rotación, a partir de uno o más
períodos de forma de onda de la señal de comprobación,
detectar los primeros valores de pico de los primeros datos de medición para cada uno de dichos devanados
del estator,
formar los segundos datos de medición en base a dichos primeros valores de pico detectados para cada uno
de dichos devanados del estator,
40 formar un valor medio de los segundos datos de medición para cada uno de dichos devanados del estator,
determinar una relación mutua entre dichos valores medios,
proporcionar, si dicha relación mutua se desvía de una relación predeterminada, una señal que indica un
fallo en dicho estator.

6. Método según la reivindicación 5, en el que dicha relación mutua corresponde a una dispersión de los valores
medios y la desviación de dicha relación corresponde a cuando dicha dispersión supera un umbral predeterminado.

7. Método según la reivindicación 5, en el que dicha relación mutua corresponde a un patrón de los valores medios
y la desviación de dicha relación corresponde a cuando dicho patrón se desvía de un patrón predeterminado de
dichos valores medios.

8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 5-7, en el que la cantidad física es una inductancia (L) o
una impedancia (Z) de los al menos dos devanados del estator.

9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 5-8, en el que el motor eléctrico es un motor asíncrono
trifásico.

10. Aparato de comprobación fuera de línea de un motor eléctrico, cuyo motor comprende al menos un devanado
del estator, y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación, cuyo aparato comprende
60 medios para aplicar una señal de comprobación periódica al por lo menos un devanado del estator,
medios para recopilar los primeros datos de medición, relacionados con una cantidad física del al menos un
devanado del estator, mientras el rotor se hace girar alrededor del eje de rotación, a partir de uno o más períodos

- de forma de onda de la señal de comprobación,
medios para detectar los primeros valores de pico de los primeros datos de medición,
medios para formar los segundos datos de medición en base a dichos primeros valores de pico detectados,
medios para detectar los segundos valores de pico de dichos segundos datos de medición para el al menos un
5 devanado del estator,
medios para determinar una relación mutua entre la al menos una parte de dichos segundos valores de pico,
medios para proporcionar, si dicha relación mutua se desvía de una relación predeterminada, una señal que indica un fallo en dicho rotor.
- 10 11. Aparato según la reivindicación 10, en el que dicha relación mutua corresponde a una dispersión de la al menos una parte de los segundos valores de pico, y la desviación de dicha relación corresponde a cuando dicha dispersión supera un umbral predeterminado.
- 15 12. Aparato según la reivindicación 10, en el que dicha relación mutua corresponde a un patrón de la al menos una parte de los segundos valores de pico, y la desviación de dicha relación corresponde a cuando dicho patrón se desvía de un patrón predeterminado de dichos valores de al menos una parte de los segundos valores de pico.
- 20 13. Aparato de comprobación fuera de línea de un motor eléctrico, cuyo motor comprende un estator de motor con al menos dos devanados de estator, y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación, cuyo aparato comprende
medios para aplicar una señal de comprobación periódica a los al menos dos devanados del estator,
medios para recopilar los primeros datos de medición, relacionados con una cantidad física de los al menos dos devanados del estator, mientras el rotor se hace girar alrededor del eje de rotación, a partir de uno o más períodos de forma de onda de la señal de comprobación,
25 medios para detectar los primeros valores de pico de los primeros datos de medición para cada uno de dichos devanados del estator,
medios para formar los segundos datos de medición en base a dichos primeros valores de pico detectados para cada uno de dichos devanados del estator,
medios para formar un valor medio de los segundos datos de medición para cada uno de dichos devanados del
30 estator,
medios para determinar una relación mutua entre dichos valores medios,
medios para proporcionar, si dicha relación mutua se desvía de una relación predeterminada, una señal que indica un fallo en dicho estator.
- 35 14. Aparato según la reivindicación 13, en el que dicha relación mutua corresponde a una dispersión de los valores medios y la desviación de dicha relación corresponde a cuando dicha dispersión supera un umbral predeterminado.
- 40 15. Aparato según la reivindicación 13, en el que dicha relación mutua corresponde a un patrón de los valores medios y la desviación de dicha relación corresponde a cuando dicho patrón se desvía de un patrón predeterminado de dichos valores medios.
16. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 10-15, en el que la cantidad física es una inductancia (L) o una impedancia (Z) de los al menos dos devanados del estator.

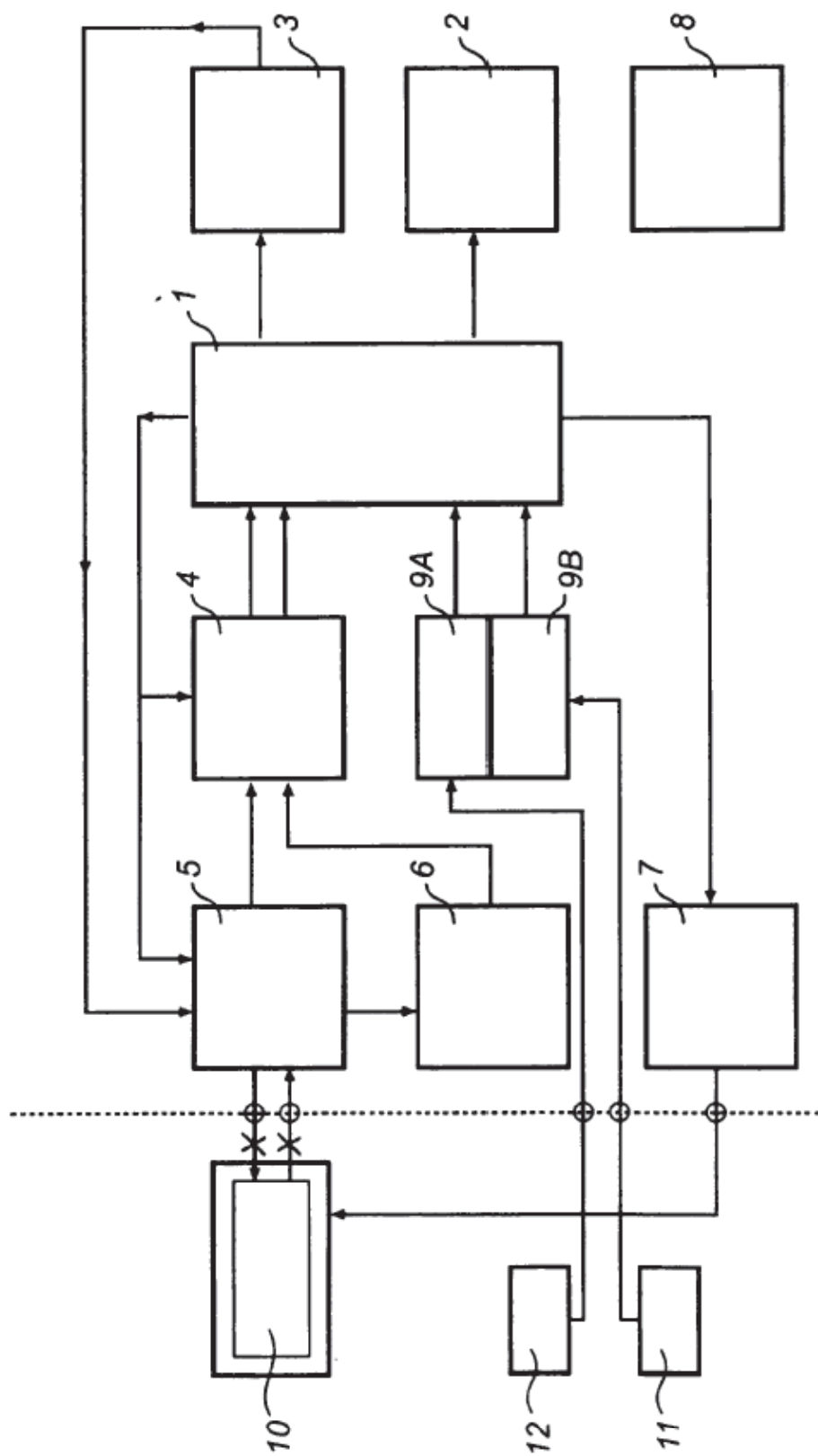


Fig. 1

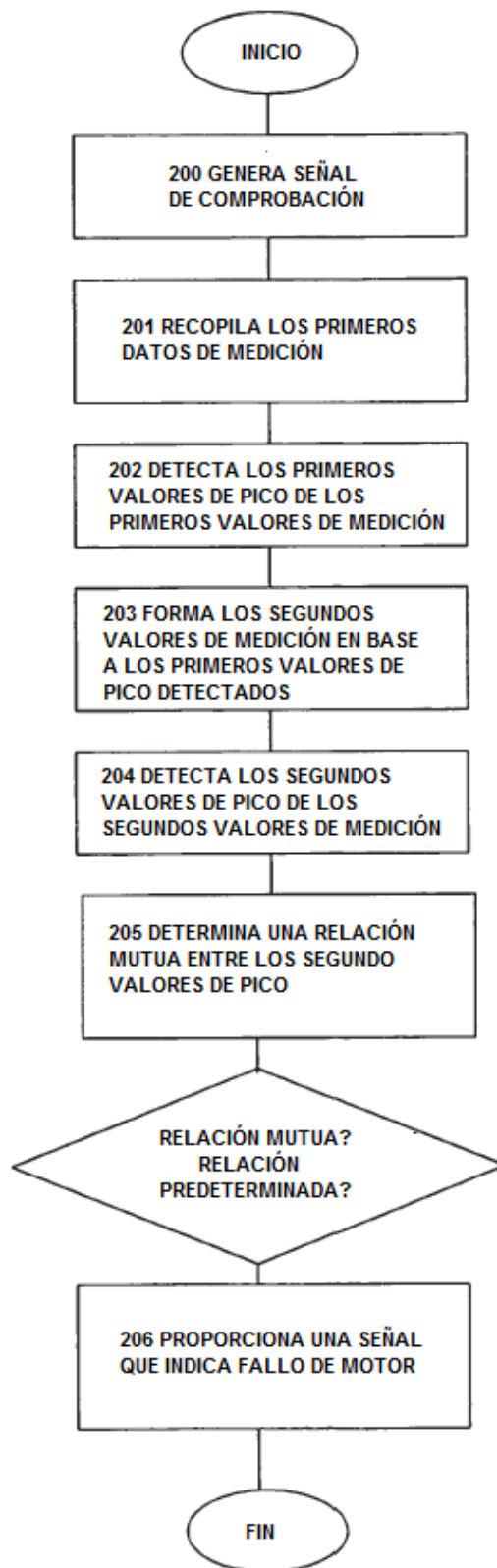


Fig. 2

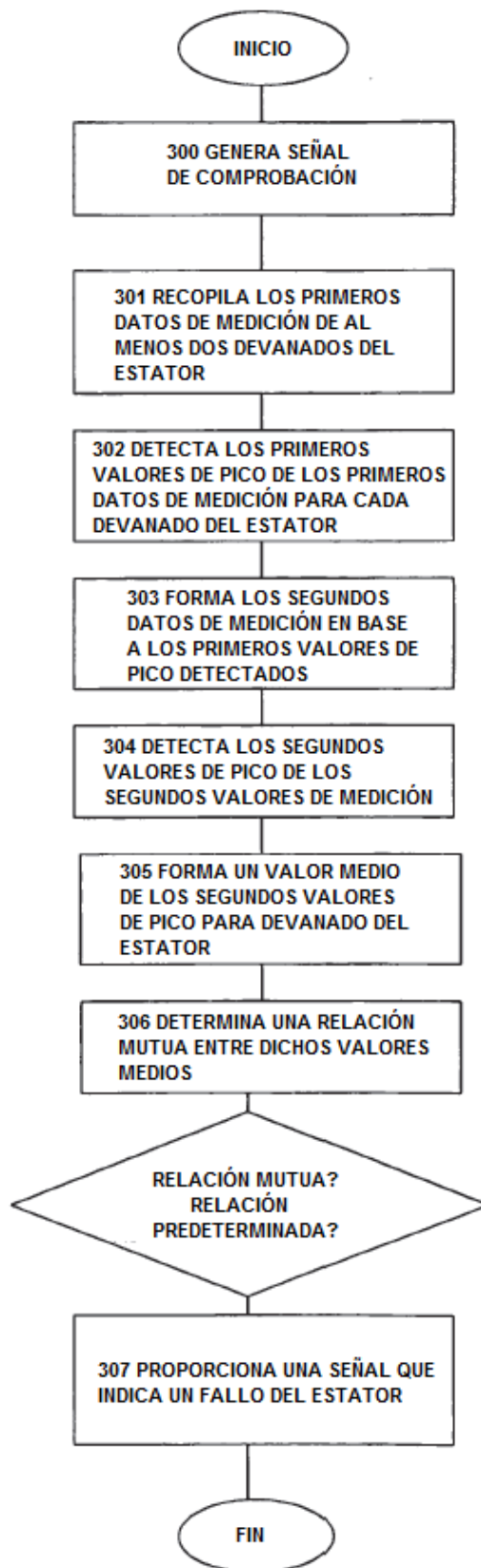


Fig. 3

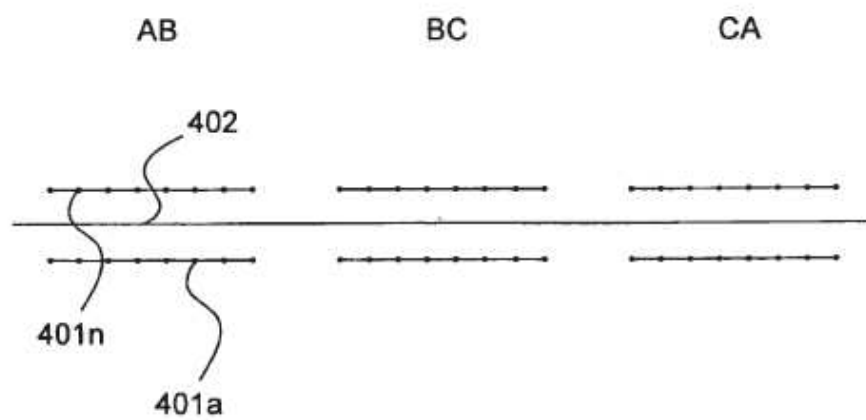


Fig. 4a

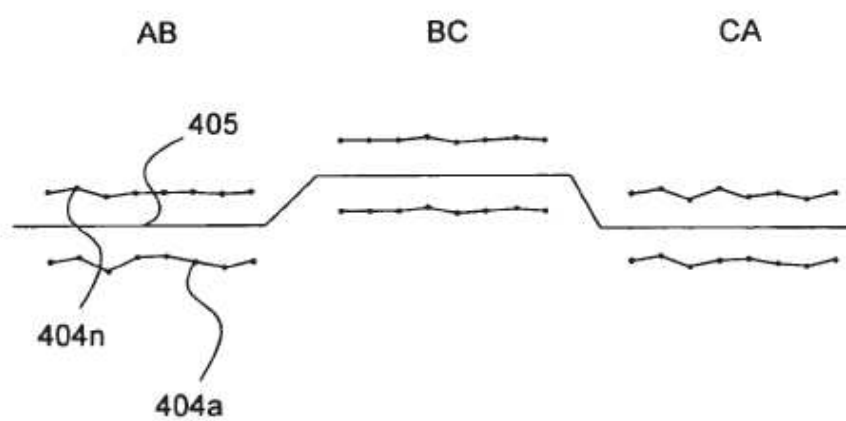


Fig. 4b