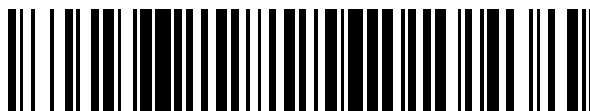


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 209**

51 Int. Cl.:

G01R 31/34

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.11.2009 PCT/SE2009/051296**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.05.2010 WO10056197**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2009 E 09826376 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2019 EP 2366112**

54 Título: **Método y aparato para prueba fuera de línea de máquina de corriente alterna multifase**

30 Prioridad:

13.11.2008 SE 0802394
13.11.2008 US 114173 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
27.05.2019

73 Titular/es:

SUBSEE RÅÅ AB (100.0%)
Skonaregatan 27
252 70 RÅÅ, SE

72 Inventor/es:

COP, BORIS

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 714 209 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 aparato para prueba fuera de línea de máquina de corriente alterna multifase

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a la prueba de máquinas de corriente alterna multifase. Más específicamente, la presente invención se refiere a un método y aparato para pruebas fuera de línea de máquinas de corriente alterna multifase.

10 Técnica anterior

Los motores eléctricos tienen un amplio campo de aplicación. En la producción industrial, por ejemplo, los motores eléctricos se utilizan para accionar bombas, cintas transportadoras, grúas elevadoras, ventiladores, etc. Un motor eléctrico, adaptado para su uso en una aplicación específica, ofrece al usuario muchas ventajas, principalmente debido a su larga vida útil y su limitada necesidad de mantenimiento. Un requisito básico para una larga vida útil del motor eléctrico es que el rotor o el estator del motor eléctrico no tenga fallas ni defectos. Los tipos comunes de fallas en el rotor son, por ejemplo, roturas o grietas/fracturas en una barra del rotor, resistencia excesivamente alta en juntas soldadas o soldadas en el rotor, cavidades de aire excesivamente grandes (como resultado de la fundición del rotor) y desviación del rotor en espacios de aire relativos al estator. Los tipos comunes de fallas del estator son, por ejemplo, fallas de aislamiento entre los giros de un bobinado, fallas de aislamiento entre bobinas en la misma fase, fallas de aislamiento entre bobinas en diferentes fases, fallas de aislamiento entre bobinas y carcasa de tierra/motor, bobinas contaminadas (es decir, impurezas como humedad, polvo o aislamiento carbonizado debido al sobrecalentamiento), un giro abierto de un bobinado en un motor conectado en delta, así como problemas de contacto entre los extremos del bobinado y las conexiones externas.

Al probar motores eléctricos trifásicos, es común medir los componentes fundamentales de la corriente durante la operación y comparar los datos de medición de las tres fases. Por lo general, se utilizan sensores especiales en estas mediciones para obtener datos de medición.

Se sabe que es posible realizar mediciones tanto en línea como fuera de línea. Los métodos de medición realizados durante la operación (mediciones en línea) son sensibles a las perturbaciones en la red eléctrica, es decir, los fundamentos generados por otras máquinas (por ejemplo, unidades de alimentación eléctrica conmutadas, accesorios de tubos fluorescentes, etc.) que están conectados a la misma red eléctrica. Estas perturbaciones causan resultados de medición erróneos e incluso pueden hacer que las mediciones en el motor eléctrico sean imposibles.

Al probar los estatores fuera de línea de acuerdo con la técnica anterior, se suministra al motor una potente sobrecarga con alto contenido de energía, después de lo cual se analiza la respuesta de descomposición exponencial obtenida para identificar posibles fallas en el estator. Este método de medición tiene muchas desventajas, ya que puede iniciar o acelerar/llevar a término fallas de aislamiento incipientes; requiere cálculos y análisis complejos y que requieren mucho tiempo; causa problemas de propagación del pulso en el bobinado debido a los efectos L y C; requiere equipo voluminoso y pesado asociado con problemas de transporte/instalación; y es un método caro.

El documento WO 2005/106514 divulga un método para la verificación segura de motores eléctricos. Este método divulga la medición de una cantidad física, como la corriente (I), la inductancia (L) o la impedancia (Z), del bobinado del estator mientras el rotor gira alrededor de un eje de rotación. De este modo, se obtienen datos de medición periódicos relacionados con la cantidad física, y se recopilan datos de medición relacionados con al menos dos periodos de los datos de medición periódicos. Para la mayoría de los motores asíncronos trifásicos, existe una relación sinusoidal entre la posición del rotor y la cantidad física (I, L o Z), siendo simétrica respecto al eje X en cada fase. De acuerdo con el método, se compara la simetría entre al menos los fundamentos de dos o más semiciclos de los datos de medición recopilados. La asimetría en los datos de medición indica una falla del rotor y/o del estator.

Al realizar el método divulgado en el documento WO 2005/106514, el rotor debe girarse en pasos fijos de igual tamaño o mediante rotación continua a una velocidad constante. Si el rotor no se gira en pasos fijos o a una velocidad constante, se produce asimetría en los datos de medición. Normalmente, esta asimetría indicaría una falla del rotor/estator, pero también podría deberse a una rotación no continua. Por lo tanto, es importante que el rotor se gire en pasos fijos o por rotación continua para obtener un resultado confiable. Debido a que puede ser difícil en algunas circunstancias obtener una rotación perfecta del rotor, ya sea por rotación continua o en pasos fijos, especialmente al girar el rotor con la mano, este requisito puede ser difícil de cumplir para la técnica descrita anteriormente en estas circunstancias. En algunas circunstancias, incluso puede ser difícil o imposible rotar el rotor durante las pruebas fuera de línea.

Resumen de la invención

65 Por lo tanto, es un objeto de la presente invención proporcionar una mejora de las técnicas anteriores y de la técnica anterior.

Un objeto particular es proporcionar un método conveniente, confiable y eficiente en el tiempo para probar una máquina de corriente alterna multifase.

5 Según un primer aspecto, se proporciona un método para la prueba fuera de línea de una máquina de corriente alterna multifase, cuya máquina comprende al menos dos bobinados de estator y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación. El método comprende determinar, en una primera posición del rotor, una cantidad de estator físico de cada bobinado de estator aplicando una señal de prueba a cada bobinado de estator, y determinar una primera cantidad de estator físico de articulación sumando las cantidades de estator físicas determinadas de los bobinados de estator.

10 Mediante el método de la invención, la máquina se puede probar de forma rápida y fiable. La suma de las cantidades del estator físico, es decir, la primera cantidad del estator físico conjunta forma un parámetro específico de la máquina que se puede usar para indicar un cambio en la condición de la máquina. El método, por lo tanto, se relaciona con la caracterización de la máquina y la primera cantidad de estator físico conjunta puede usarse como un valor de referencia para esa máquina específica. Ventajosamente, el valor de referencia se puede usar para detectar condiciones de falla en la máquina como se describirá con más detalle a continuación.

15 El método no requiere cálculos complejos ni lentos, ya que solo se necesita determinar la suma de las cantidades del estator físico.

20 Al sumar las cantidades de estator físico de cada fase, se puede determinar una primera cantidad de estator físico conjunta que sea independiente de la posición del rotor. Además, no es necesario realizar ninguna rotación del rotor durante la prueba, incluso si se permite la rotación del rotor durante la prueba. Esto simplifica las pruebas y reduce el tiempo requerido para probar la máquina y también elimina cualquier problema de asimetría en los datos de medición debido a la rotación no continua del rotor.

25 La cantidad del estator físico de cada bobinado del estator comprende la impedancia, Z . La impedancia puede comprender una inductancia, L , y una resistencia, R . La cantidad del estator físico también puede comprender la relación de una inductancia, L , y una resistencia, R , de un bobinado de estator. La cantidad de estator físico también puede comprender un ángulo Φ de fase de un bobinado de estator. En todo momento, el ángulo de fase de un bobinado de estator se refiere al argumento de la impedancia de un bobinado de estator, es decir, la diferencia de fase entre voltaje y corriente.

30 Para una máquina de corriente alterna simétrica, la posición del rotor influye de manera diferente en la inductancia L de cada estator, ya que la posición del rotor influye en el acoplamiento de las inductancias L entre los bobinados del estator y los bobinados del rotor (si los hay). Sin embargo, debido a la simetría de la máquina, la suma de las inductancias L de los bobinados del estator es independiente de la posición del rotor. En general, la posición R del rotor no influye en la resistencia R de los bobinados del estator. Además, la suma de las impedancias de bobinado del estator Z o los ángulos Φ de fase es independiente de la posición del rotor.

40 De acuerdo con una realización, la primera cantidad de estator físico conjunta puede determinarse ponderando las cantidades de estator físico de cada cantidad de estator y sumando las cantidades ponderadas de manera que la primera cantidad de estator físico conjunta forme un valor medio de las cantidades de estator físico de los bobinados del estator.

45 Según una realización, la primera posición del rotor se fija durante la determinación de las cantidades del estator físico.

Según un segundo aspecto, se proporciona un método para la prueba fuera de línea de una máquina de corriente alterna multifase, cuya máquina comprende al menos dos bobinados de estator y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación. El método comprende determinar, en una segunda posición del rotor, una cantidad de estator físico de cada bobinado de estator mediante la aplicación de una señal de prueba a cada bobinado de estator, determinar una segunda cantidad de estator físico de articulación sumando las cantidades de estator físicas determinadas de los bobinados de estator, comparando la segunda cantidad del estator físico conjunta con una primera cantidad del estator físico conjunta previamente determinada, y la determinación de una condición de falla de dicha máquina de corriente alterna multifase si la primera cantidad del estator físico conjunta difiere de la segunda cantidad del estator físico conjunta.

50 Mediante el método de prueba fuera de línea de la invención, una condición cambiada o de falla en la máquina se puede determinar de manera rápida y confiable. El método no requiere cálculos complejos o que requieran mucho tiempo, pero una condición de falla en la máquina simplemente se puede determinar si la segunda cantidad del estator físico conjunta es diferente de la primera cantidad del estator físico conjunta.

60 Como se discutió anteriormente, al sumar las cantidades del estator físico de cada fase, se puede determinar una segunda cantidad del estator físico conjunta que es independiente de la posición del rotor. Específicamente, el rotor no necesita girarse a la posición del rotor para la cual se estableció la primera cantidad de estator físico de la junta. Además, no es necesario realizar ninguna rotación del rotor durante la prueba, incluso si se permite la rotación del

rotor durante la prueba. Esto simplifica las pruebas y reduce el tiempo requerido para probar la máquina y también elimina cualquier problema de asimetría en los datos de medición debido a la rotación no continua del rotor.

El método puede usarse ventajosamente para el rastreo de fallos. Mediante el método de prueba de la invención, el personal de servicio que llega a una ubicación de la máquina puede determinar con rapidez si está funcionando correctamente o no. En caso de que se determine una condición de falla, se puede iniciar un análisis más detallado de la máquina. Si se encuentra que la máquina está funcionando correctamente, el personal puede pasar a probar otras piezas y componentes en el lugar.

La cantidad del estator físico de cada bobinado del estator puede comprender la impedancia, Z . La impedancia puede comprender una inductancia, L , y una resistencia, R . Alternativamente, la cantidad del estator físico puede comprender la relación de una inductancia, L , y una resistencia, R , de un bobinado de estator. La cantidad de estator físico puede comprender un ángulo Φ de fase de un bobinado de estator.

En caso de que exista una falla en la máquina, el acoplamiento de inductancias L discutido anteriormente entre los bobinados del estator y los bobinados del rotor (si existe) puede cambiar. Especialmente, todos los tipos comunes de fallas en el rotor y los bobinados del estator rompen la simetría de la máquina. Como resultado, la suma de las inductancias L , las impedancias Z o los ángulos Φ de fase cambiarán y ya no serán independientes de la posición del rotor. En consecuencia, la segunda cantidad del estator físico conjunta ya no será igual a la primera cantidad del estator físico conjunta.

También la resistencia R de los bobinados del estator puede cambiar con el tiempo. Por ejemplo, la resistencia R de los bobinados del estator puede cambiar debido a la degradación, como carbonización u oxidación en los terminales de conexión de la máquina, cortocircuitos en los bobinados o entre ellos, fallas de aislamiento, etc.

Por lo tanto, una primera y una segunda cantidad de estator físico conjunta determinada como la suma de las inductancias L , las impedancias Z o los ángulos Φ de fase se pueden usar para determinar fallas como fallas de simetría en la máquina. Una primera y una segunda cantidad de estator físico conjunta determinada como la suma de las resistencias R se pueden usar para determinar fallas como la degradación del bobinado del estator. Una primera y una segunda cantidad de estator físico conjunta determinada como la suma de las impedancias Z , los ángulos Φ de fase, las inductancias L o las relaciones de la inductancia L y la resistencia R se pueden usar para determinar cualquiera de las fallas anteriores.

De acuerdo con una realización, la primera cantidad de estator físico conjunta puede determinarse ponderando las cantidades de estator físico de cada cantidad de estator y sumando las cantidades ponderadas de manera que la primera cantidad de estator físico conjunta forme un valor medio de las cantidades de estator físico de los bobinados del estator.

De acuerdo con una realización, la primera cantidad de estator físico conjunta corresponde a una cantidad de estator físico conjunta establecida para la máquina de corriente alterna multifase en un estado de funcionamiento. En esta descripción, una máquina en un estado de funcionamiento se refiere a una máquina que se sabe que está libre de fallos, es decir, sin defectos. Este conocimiento puede haberse obtenido de pruebas elaboradas anteriores de la máquina, inspección óptica, etc., por ejemplo, durante la producción y el montaje de la máquina, es decir, en un momento en el que era factible realizar pruebas exhaustivas de la máquina. Esta realización proporciona la ventaja de que se sabe que la primera cantidad de estator físico conjunta es una referencia confiable. Como se mencionó anteriormente, para una máquina en un estado de funcionamiento, la primera cantidad de estator físico conjunta puede ser independiente de la posición del rotor.

De acuerdo con una realización, la segunda posición del rotor se fija durante la determinación de las cantidades del estator físico.

De acuerdo con una realización, la condición de falla se determina si la primera cantidad del estator físico conjunta difiere de la segunda cantidad del estator físico conjunta en más de un valor de umbral.

De acuerdo con una realización, la primera cantidad del estator físico conjunta se determina para una primera posición del rotor, diferente de la segunda posición del rotor. O para decirlo de otra manera, el rotor no necesita girarse a la posición del rotor para la cual se estableció la primera cantidad de estator físico conjunta para que la prueba funcione. Esto se debe a la independencia de la posición del rotor de la primera y la segunda cantidades del estator físico conjuntas.

Según un tercer aspecto, se proporciona un aparato para la prueba fuera de línea de una máquina de corriente alterna multifase, cuya máquina comprende al menos dos bobinados de estator y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación. El aparato comprende circuitos electrónicos dispuestos para determinar, en una primera posición del rotor, una cantidad de estator físico de cada bobinado de estator mediante la aplicación de una señal de prueba a cada bobinado de estator, y circuitos electrónicos dispuestos para determinar una primera cantidad de estator físico de articulación mediante la suma de las cantidades del estator físico determinadas de los bobinados del estator.

Según un cuarto aspecto, se proporciona un aparato para la prueba fuera de línea de una máquina de corriente alterna multifase, cuya máquina comprende al menos dos bobinados de estator y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación. El aparato comprende circuitos electrónicos dispuestos para determinar, en una segunda posición del rotor, una cantidad de estator físico de cada bobinado de estator mediante la aplicación de una señal de prueba a cada bobinado de estator, circuitos electrónicos dispuestos para determinar una segunda cantidad de estator físico conjunta mediante la suma de las cantidades del estator físico determinadas de los bobinados del estator, circuitos electrónicos dispuestos para comparar la cantidad del segundo estator físico conjunta con una primera cantidad de estator físico conjunta previamente determinada, y circuitos electrónicos dispuestos para determinar una condición de falla de dicha máquina de corriente alterna multifase si la primera cantidad de estator físico conjunta difiere de la segunda cantidad de estator físico conjunta.

Los detalles y ventajas discutidos en relación con el primer y segundo aspecto se aplican de manera correspondiente al tercer y cuarto aspecto, por lo que se hace referencia a la discusión anterior.

De acuerdo con un quinto aspecto, se proporciona un método para pruebas fuera de línea de una máquina de corriente alterna multifase, cuya máquina comprende al menos dos bobinados de estator y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación, método que comprende: determinar, en una primera posición del rotor, una cantidad física del estator de cada bobinado del estator aplicando una señal de prueba a cada bobinado del estator, determinando una primera cantidad de estator físico conjunta sumando las cantidades físicas del estator de los bobinados del estator determinadas en la primera posición del rotor, determinando, en una segunda posición del rotor, una cantidad del estator físico de cada bobinado del estator aplicando una señal de prueba a cada bobinado del estator, determinando una segunda cantidad del estator físico conjunta sumando las cantidades del estator físico de los bobinados del estator determinadas en la segunda posición del rotor, y determinando una tendencia de la cantidad del estator físico conjunta basada en la primera cantidad del estator físico conjunta y la segunda cantidad del estator físico conjunta.

De acuerdo con una realización, la primera posición del rotor y la segunda posición del rotor pueden ser diferentes.

De acuerdo con la invención, la cantidad de estator físico de cada bobinado del estator puede comprender cualquiera o un grupo de: una impedancia, Z , una inductancia, L , un ángulo Φ , de fase, una resistencia, R y una relación de una inductancia, L , y una resistencia, R , de cada bobinado del estator.

Según una realización, el método comprende, además, basándose en la tendencia, estimar una tercera cantidad de estator físico conjunta.

De acuerdo con una realización, el método comprende además predecir una condición de falla de la máquina de corriente alterna multifase si la tercera cantidad del estator físico conjunta cae fuera de un rango predeterminado.

Según una realización, el método comprende, además, basándose en la tendencia, predecir un punto en el tiempo en el que una tercera cantidad de estator físico conjunta alcanza un valor predeterminado.

De acuerdo con una realización, el método comprende además determinar una condición de falla de la máquina de corriente alterna multifase si la tendencia se desvía de una tendencia predeterminada. Especialmente, la tendencia predeterminada puede corresponder a una cantidad constante de estator físico conjunta.

De acuerdo con un sexto aspecto, se proporciona un aparato para pruebas fuera de línea de una máquina de corriente alterna multifase, cuya máquina comprende al menos dos bobinados de estator y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación, cuyo aparato comprende: circuitos electrónicos dispuestos para determinar, en una primera posición del rotor, una cantidad de estator físico de cada bobinado de estator mediante la aplicación de una señal de prueba a cada bobinado de estator, circuitos electrónicos dispuestos para determinar una primera cantidad de estator físico conjunta sumando las cantidades de estator físico de los bobinados del estator determinados en la primera posición del rotor, circuitos electrónicos dispuestos para determinar, en una segunda posición del rotor, una cantidad de estator físico de cada bobinado de estator mediante la aplicación de una señal de prueba a cada bobinado de estator, circuitos electrónicos dispuestos para determinar una segunda cantidad de estator físico conjunta mediante la suma de las cantidades del estator físico de los bobinados del estator determinadas en la segunda posición del rotor y circuitos electrónicos dispuestos para determinar una tendencia de la cantidad de estator físico conjunta basada en la primera cantidad de estator físico conjunta y la segunda cantidad de estator físico conjunta.

Los detalles discutidos en relación con el quinto aspecto se aplican de manera correspondiente al sexto aspecto mediante el cual se hace referencia a la discusión anterior.

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

La fig. 2 ilustra esquemáticamente las cantidades del estator y la suma de las mismas para una máquina de corriente alterna trifásica en función de la posición del rotor.

La fig. 3 es un diagrama de flujo de un método para la prueba fuera de línea de un motor eléctrico según la presente invención.

La fig. 4 es un diagrama de flujo de un método para la prueba fuera de línea de un motor eléctrico según la presente invención.

La fig. 5 es un diagrama de flujo de un método para la prueba fuera de línea de un motor eléctrico según la presente invención.

La fig. 6 ilustra esquemáticamente las tendencias basadas en las cantidades del estator físico conjuntas.

Descripción detallada de realización(s) preferida(s)

Un sistema en el que se puede aplicar la presente invención se describirá primero con referencia a la FIG. 1.

Refiriéndose al diagrama de bloques en la FIG. 1, se describirá una realización preferida de un dispositivo 1 de medición de acuerdo con la presente invención. El dispositivo 1 de medición comprende una unidad 2 de control, que comprende preferiblemente: una CPU 2a, una memoria 2b de programa, una memoria 2c de datos y un convertidor A/D 2d. El dispositivo de medición comprende además un circuito 6 de medición. El dispositivo 1 de medición puede comprender adicionalmente una pantalla, que está conectada a la unidad 2 de control.

El dispositivo 1 de medición comprende un generador 3 de forma de onda conectado a la unidad 2 de control, que comprende preferiblemente: un convertidor 3a D/A, un filtro 3b de reconstrucción y un amplificador 3c de potencia.

El dispositivo 1 de medición comprende entradas para la conexión a un objeto 4 de prueba.

El objeto 4 de prueba es una máquina de corriente alterna multifase. La máquina puede ser una máquina de dos fases, una máquina de tres fases, una de seis fases o cualquier otra máquina multifase. La máquina puede ser una máquina de inducción o asíncrona, una máquina síncrona de alimentación simple o doble, una máquina de rotor de imán permanente o cualquier otro tipo de máquina adecuada para pruebas de acuerdo con la presente invención. La máquina puede ser un motor o un generador. En la Fig. 1, el objeto 4 de prueba es una máquina de corriente alterna trifásica. El objeto 4 de prueba comprende tres bobinados 4-1, 4-2, 4-3 de estator y un rotor 5 dispuesto a lo largo de un eje de rotación. La presente invención es aplicable a máquinas trifásicas conectadas en y y en delta.

La unidad 2 de control supervisa y controla el generador 3 de formas de onda y el circuito 6 de medición de acuerdo con las instrucciones de programa almacenadas en la memoria 2b de programa, y registra y calcula los datos de salida de acuerdo con las instrucciones de programa dadas, el resultado se puede ilustrar en una pantalla. Más específicamente, la unidad 2 de control puede controlar el generador 3 de forma de onda para generar una señal de prueba sinusoidal, cuya frecuencia está preferiblemente en el rango de 25-800 Hz para determinar las cantidades del estator físico del objeto 4 de prueba. Una ventaja del método de prueba de la invención es que, como no es necesario realizar una rotación del rotor, es decir, la prueba es una prueba fuera de línea, la tensión de la señal de prueba puede ser mucho menor que la tensión de operación del objeto 4 de prueba, reduciendo así los requisitos de potencia del dispositivo 1 de medición. Específicamente, el dispositivo 1 de medición puede realizarse como un dispositivo portátil alimentado por batería. El voltaje de señal puede ser, por ejemplo, 1 V rms. La unidad 2 de control también puede controlar el generador 3 de formas de onda para generar una señal de CC para determinar la resistencia de los bobinados del estator del objeto 4 de prueba.

El dispositivo 1 de medición puede determinar la corriente (I) a través del objeto 4 de prueba, la impedancia (Z), la inductancia (L), el ángulo (Fi) de fase y/o la resistencia (R) de los bobinados 4-1, 4-2, 4-3 del estator en formas conocidas en la técnica. Por ejemplo, el circuito 6 de medición puede comprender una resistencia de medición que está conectada en serie a los bobinados 4-1, 4-2, 4-3 del estator. La señal de prueba se aplica y la amplitud de voltaje y la fase causada a través de la resistencia de medición, correspondiente a la corriente que fluye a través del objeto de prueba, está determinada por la unidad 2 de control. El circuito 6 de medición puede comprender además detectores para determinar la amplitud y fase de voltaje a través del objeto 4 de prueba. Especialmente, el ángulo Fi de fase, puede determinarse como la diferencia entre la fase del voltaje aplicado y la fase de la corriente a través de la resistencia de medición del circuito 6 de medición. Al aplicar una señal de CC y una señal sinusoidal, se puede determinar la impedancia Z (es decir, tanto la resistencia R como la inductancia L) de los bobinados 4-1, 4-2, 4-3 del estator del objeto 4 de prueba. Las instrucciones del programa requeridas por la unidad 2 de control para determinar las cantidades se almacenan en la memoria 2b del programa.

En una prueba de acuerdo con la presente invención, la posición del rotor, es decir, el ángulo de rotación del rotor 5 sobre su eje de rotación, influye en la impedancia (Z), el ángulo (Fi) de fase y la inductancia (L) en los bobinados 4-1, 4-2, 4-3 del estator. Como la posición relativa del rotor difiere para cada fase, el rotor 5 influye en cada bobinado 4-1, 4-2, 4-3 del estator de manera diferente. Esto da como resultado diferentes cantidades de estator físico efectivas para diferentes posiciones del rotor. En la Fig. 2, las inductancias L efectivas, los ángulos Fi de fase o las impedancias Z para cada fase 4-1, 4-2, 4-3 de un objeto 4 de prueba sin fallas se ilustran en función de la posición del rotor. Como puede verse fácilmente en la FIG. 2, las formas de onda sinusoidales para las fases son sustancialmente idénticas pero la fase se desplaza 120° entre sí. Esto se debe a la disposición simétrica de los bobinados 4-1, 4-2, 4-3 del estator con respecto al eje de rotación del rotor 5. En general, el desplazamiento de fase depende del número de fases. El método de la invención es igualmente aplicable incluso si las formas de onda exhiben formas distintas a las sinusoidales, que dependen por ejemplo de la disposición de los bobinados del estator y el rotor.

Debido a la disposición simétrica de los bobinados 4-1, 4-2, 4-3 del estator, la suma de los valores de impedancia, ángulo de fase o inductancia en una primera posición del rotor es igual a la suma de los valores de impedancia, ángulo de fase o inductancia en cualquier otra posición del rotor, como se ilustra en la FIG. 2. Por lo tanto, una cantidad del estator físico de la junta independiente de la posición del rotor se puede determinar como la suma de la impedancia, el ángulo de fase o los valores de inductancia.

En la práctica, la suma puede verse ligeramente influenciada por la posición del rotor, como se ilustra en la FIG. 2, debido a imprecisiones durante el montaje del motor, imprecisiones de medición, pequeñas diferencias entre los bobinados del estator, etc. Sin embargo, la variación de la suma en general será muy pequeña (menos del 1%) para un objeto 4 de prueba sin fallas.

Para compensar esta pequeña variación, un valor de referencia se puede determinar opcionalmente como un valor medio de cualquier número de valores de referencia tal como se definió anteriormente y se determina para una pluralidad de posiciones del rotor. Esto puede aumentar la fiabilidad y precisión del valor de referencia.

Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, se puede determinar un primer valor de cantidad de estator físico conjunta (o un "valor de referencia" más corto) para un objeto 4 de prueba sin fallas. Se supone que los valores de referencia se determinan en el tiempo $t=0$. Cualquiera o una combinación de: los valores de resistencia (R), inductancia (L), ángulo (Fi) de fase o impedancia (Z) se pueden determinar para cada bobinado del estator. Cualquiera o una combinación de los siguientes valores de referencia pueden determinarse de acuerdo con lo siguiente:

$$L_{ref} = L_1(t=0) + L_2(t=0) + L_3(t=0)$$

$$R_{ref} = R_1(t=0) + R_2(t=0) + R_3(t=0)$$

$$Z_{ref} = Z_1(t=0) + Z_2(t=0) + Z_3(t=0)$$

$$(L/R)_{ref} = (L/R)_1(t=0) + (L/R)_2(t=0) + (L/R)_3(t=0)$$

$$(R/L)_{ref} = (R/L)_1(t=0) + (R/L)_2(t=0) + (R/L)_3(t=0)$$

$$F_{iref} = F_{i1}(t=0) + F_{i2}(t=0) + F_{i3}(t=0)$$

donde los subíndices 1, 2, 3 denotan el bobinado del estator para el cual se determina el valor. Se enfatiza que los valores L_{1-3} de inductancia deben determinarse para una primera posición común del rotor, ya que están influenciados por la posición del rotor. Esto también es cierto para los valores Z_{1-3} de impedancia y los ángulos F_{i1-3} de fase. Sin embargo, esto no es esencial para los valores de resistencia, ya que en general no están influenciados por la posición del rotor. Además, si se determinan más de un valor de referencia, no es esencial determinarlos para la misma posición del rotor.

Al determinar la suma de la impedancia de cada bobinado 4-1, 4-2, 4-3 del estator se pueden determinar simultáneamente los cambios tanto en la resistencia como en la inductancia. Esto también es cierto para la suma de los ángulos de fase, ya que el ángulo de fase de cada bobinado del estator depende tanto de la resistencia como de la inductancia.

La magnitud de los valores de referencia depende de las características específicas del objeto 4 de prueba. Por lo tanto, los valores de referencia son únicos y característicos para cada objeto 4 de prueba.

Cualquiera de los valores de referencia se puede usar posteriormente para determinar convenientemente si la condición del objeto 4 de prueba se ha deteriorado en un momento posterior $t=T > 0$. Al determinar cualquiera o una combinación de la resistencia (R), la inductancia (L), el ángulo (Fi) de fase o la impedancia (Z) para cada bobinado del estator del objeto 4 de prueba en una segunda posición del rotor, una segunda cantidad de estator físico conjunta (o se puede determinar un "valor de prueba" más corto. La segunda posición del rotor puede ser cualquier posición del rotor, es decir, puede ser la misma que la primera posición del rotor para la cual se establecieron los valores de

referencia, o puede ser diferente de la primera posición del rotor. Cualquiera o una combinación de los siguientes valores de prueba pueden determinarse de acuerdo con lo siguiente:

$$L_{\text{prueba}} = L_1(t=T) + L_2(t=T) + L_3(t=T)$$

$$R_{\text{prueba}} = R_1(t=T) + R_2(t=T) + R_3(t=T)$$

$$Z_{\text{prueba}} = Z_1(t=T) + Z_2(t=T) + Z_3(t=T)$$

$$(L/R)_{\text{prueba}} = (L/R)_1(t=T) + (L/R)_2(t=T) + (L/R)_3(t=T)$$

$$(R/L)_{\text{prueba}} = (R/L)_1(t=T) + (R/L)_2(t=T) + (R/L)_3(t=T)$$

$$F_{i\text{prueba}} = F_{i1}(t=T) + F_{i2}(t=T) + F_{i3}(t=T)$$

donde los subíndices 1, 2, 3 denotan el bobinado del estator para el cual se determina el valor. Se enfatiza que los valores de inductancia L_{1-3} deben determinarse para una segunda posición común del rotor, ya que están influenciados por la posición del rotor. Esto también es cierto para los valores de impedancia Z_{1-3} y los ángulos F_{i1-3} de fase. Sin embargo, esto no es esencial para los valores de resistencia, ya que en general no están influenciados por la posición del rotor.

Si el correspondiente valor de referencia previamente determinado del objeto de prueba, establecido en la primera posición del rotor, difiere del valor de prueba, establecido en la segunda posición del rotor (por ejemplo, si Z_{prueba} difiere de Z_{ref}), esto es indicativo de una condición de falla en la prueba objeto.

Aunque en lo anterior, los valores de referencia y de prueba se determinaron como sumas de las cantidades del estator, los valores de referencia y de prueba se pueden determinar alternativamente como valores medios de las cantidades de estator correspondientes. Por ejemplo, un valor de referencia de impedancia y el valor de prueba de impedancia correspondiente se pueden determinar como:

$$Z_{\text{ref}} = (1/3) Z_1(t=0) + (1/3) Z_2(t=0) + (1/3) Z_3(t=0)$$

$$Z_{\text{prueba}} = (1/3) Z_1(t=T) + (1/3) Z_2(t=T) + (1/3) Z_3(t=T)$$

La expresión $t=0$ y $t=T$ en las ecuaciones anteriores no se debe interpretar de manera restringida, de manera que las cantidades del estator físico deben determinarse simultáneamente. Dependiendo de las condiciones de prueba y las características específicas del dispositivo de medición, las cantidades del estator físico pueden determinarse de manera simultánea o individual y secuencialmente (es decir, un tiempo que pasa entre cada determinación de la cantidad del estator físico de un bobinado del estator). Sin embargo, las cantidades del estator físico para todos los bobinados del estator deben determinarse para una posición común del rotor, es decir, para la misma posición del rotor.

Las cantidades del estator físico pueden determinarse mientras el rotor está fijo, es decir, no gira. Las cantidades del estator físico también pueden determinarse mientras el rotor está girando. En ese caso, las cantidades del estator físico de todos los bobinados del estator pueden determinarse simultáneamente en una posición del rotor instantáneo. Alternativamente, al usar un sensor de ángulo, las cantidades del estator físico pueden determinarse secuencialmente al determinar una cantidad de estator físico de un primer bobinado de estator en una posición del rotor pesante, esperando hasta que el rotor haya hecho una revolución completa, y luego determinar una cantidad de estator físico de un segundo bobinado del estator. Este procedimiento puede repetirse hasta que se hayan determinado las cantidades físicas del estator de todos los bobinados del estator.

Refiriéndose al diagrama de flujo en la FIG. 3, se describirá un método de ensayo de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención. Preferiblemente, se sabe que el objeto de prueba está libre de fallos.

En el paso 300, se inicia el generador 3 de forma de onda, generando así una señal de prueba periódica, en el rango de 25-800 Hz y 1 V rms, que se aplica al objeto 4 de prueba. Preferiblemente, tanto una señal de prueba periódica como una señal de CC se generan y, a su vez, se aplican al objeto 4 de prueba. Sin embargo, es igualmente posible aplicar una primera y una segunda señal de prueba que tengan una frecuencia diferente de cero (es decir, no CC), o aplicar una única señal de prueba de CA.

En la etapa 301, la cantidad de estator físico para cada bobinado de estator del objeto 4 de prueba se determina en una primera posición del rotor. Más específicamente, las cantidades del estator físico pueden determinarse mientras el rotor está fijo, es decir, no gira. Las cantidades del estator físico también se pueden determinar mientras el rotor está girando como se ha divulgado anteriormente. En ese caso, las cantidades del estator físico de todos los bobinados del estator pueden determinarse simultáneamente en una posición del rotor presente, es decir, todos los valores L_{1-3}

de inductancia, los ángulos Φ_{1-3} de fase y/o todos los valores Z_{1-3} de impedancia se determinan en la misma posición del rotor.

En la etapa 302, el valor de referencia, es decir, la primera cantidad de estator físico conjunta, se determina sumando las cantidades de estator físico determinadas como se describió anteriormente.

En la etapa 303, el valor de referencia se almacena para su uso posterior. El valor de referencia puede almacenarse en la memoria 2c de datos del dispositivo 1 de medición, almacenado en una base de datos en un servidor para su posterior recuperación a través de una red como Internet. Alternativamente, o además de esto, el valor de referencia puede imprimirse en una hoja de datos o en el objeto 4 de prueba permitiendo un acceso rápido y conveniente.

Las instrucciones requeridas por la unidad 2 de control para realizar el método divulgado anteriormente pueden almacenarse como instrucciones de ordenador en la memoria 2b de programa.

Refiriéndose al diagrama de flujo en la FIG. 4, se describirá un método de prueba según un segundo aspecto de la presente invención en el que se puede determinar un objeto de prueba cuya condición es desconocida.

En el paso 400, se inicia el generador 3 de forma de onda, generando así una señal de prueba periódica, preferiblemente en el rango de 25-800 Hz y 1 V rms, que se aplica al objeto 4 de prueba. Preferiblemente, tanto una señal de prueba periódica como una señal de CC se generan y, a su vez, se aplican al objeto 4 de prueba. Sin embargo, es igualmente posible aplicar una primera y una segunda señal de prueba que tengan una frecuencia diferente de cero (es decir, no CC), o aplicar una única señal de prueba de CA.

En el paso 401, las cantidades del estator físico se determinan para cada bobinado del estator del objeto 4 de prueba en una segunda posición del rotor. Más específicamente, las cantidades del estator físico pueden determinarse mientras el rotor está fijo, es decir, no gira. Las cantidades del estator físico también se pueden determinar mientras el rotor está girando como se ha divulgado anteriormente. En ese caso, las cantidades del estator físico de todos los bobinados del estator pueden determinarse simultáneamente en una posición del rotor presente, es decir, todos los valores L_{1-3} de inductancia, los ángulos Φ_{1-3} de fase y/o todos los valores Z_{1-3} de impedancia se determinan en la misma posición.

En la etapa 402, el valor de prueba, es decir, la segunda cantidad de estator físico conjunta, se determina sumando las cantidades de estator físico determinadas como se describió anteriormente.

En la etapa 403, el valor de prueba se compara con una primera cantidad de estator físico conjunta previamente determinada, es decir, una referencia.

Si el valor de prueba difiere del valor de referencia correspondiente, se determina una condición de falla del objeto 4 de prueba. En ese caso, la unidad 2 de control genera una señal. La señal puede transmitirse a la pantalla y transformarse en una representación visual. Alternativamente, la señal se puede transformar de cualquier otra manera para ser comunicada a una persona u ordenador, realizando y/o monitorizando las pruebas. Alternativamente, el valor de prueba puede comunicarse a una persona a través de la pantalla y la persona puede determinar manualmente una condición de falla en el objeto de prueba comparando el valor de prueba con el valor de referencia. Como se describió anteriormente, el valor de referencia puede almacenarse en la memoria 2c de datos o en el servidor en una red, o imprimirse en una hoja de datos o en el objeto 4 de prueba.

Las instrucciones requeridas por la unidad 2 de control para realizar el método divulgado anteriormente pueden almacenarse como instrucciones de ordenador en la memoria 2b de programa.

Preferiblemente, la primera cantidad de estator físico conjunta es una cantidad de estator físico conjunta determinada previamente determinada como una suma de las mismas cantidades de estator físico que la segunda cantidad de estator físico conjunta y para el mismo objeto 4 de prueba. La primera cantidad de estator físico conjunta puede haber sido determinada para una primera posición del rotor, diferente o igual a la segunda posición del rotor.

Para aumentar la confiabilidad de la prueba, se puede determinar una condición de falla si el valor de prueba difiere del valor de referencia correspondiente en más de un valor de umbral. Esto reduce las determinaciones erróneas de fallas debido a imprecisiones en la medición, errores de medición o la ligera influencia de la posición del rotor en las sumas de inductancia o impedancia, como se describió anteriormente.

Alternativamente, o además de los métodos de prueba divulgados anteriormente, los datos de medición en forma de una pluralidad de valores de prueba pueden determinarse en varias posiciones del rotor y/o en varios momentos diferentes de tiempo. Como ejemplo, los valores de prueba se pueden determinar en intervalos de prueba regulares en el tiempo. Entonces se puede determinar la tendencia en los datos de medición a lo largo del tiempo. Esto puede ser útil durante el diagnóstico de un objeto de prueba para evaluar cuándo o por qué apareció una falla en el objeto de prueba. Esto también puede ser útil en aplicaciones de mantenimiento predictivo para ayudar a predecir y/o detectar fallas antes de que surjan. Si los datos de medición presentan una tendencia creciente o decreciente en un intervalo

de tiempo suficiente (por ejemplo, al menos dos ocasiones de prueba subsiguientes), se puede predecir una falla del objeto de prueba. El dispositivo de medición puede, al determinar tal tendencia, predecir una condición de falla del objeto de prueba.

- 5 De acuerdo con esta realización, no es necesario determinar un valor de referencia, es decir, el método de prueba predictiva se puede usar en combinación con los métodos de prueba divulgados anteriormente o como un método de prueba separado.

- 10 Refiriéndose al diagrama de flujo en la FIG. 5, se describirá un método para probar un objeto 4 de prueba de acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención. Preferiblemente, se sabe que el objeto 4 de prueba está libre de fallos.

- 15 En el paso 500, se inicia el generador 3 de forma de onda, generando así una señal de prueba periódica, en el rango de 25-800 Hz y 1 V rms, que se aplica al objeto 4 de prueba. Preferiblemente, tanto una señal de prueba periódica como una señal de CC se generan y, a su vez, se aplican al objeto 4 de prueba. Sin embargo, es igualmente posible aplicar una primera y una segunda señal de prueba que tengan una frecuencia diferente de cero (es decir, no CC), o aplicar una única señal de prueba de CA.

- 20 En la etapa 501, la cantidad del estator físico para cada bobinado del estator del objeto 4 de prueba se determina en una primera posición del rotor. Más específicamente, las cantidades del estator físico pueden determinarse mientras el rotor está fijo, es decir, no gira. Las cantidades del estator físico también se pueden determinar mientras el rotor está girando como se ha divulgado anteriormente. En ese caso, las cantidades del estator físico de todos los bobinados del estator pueden determinarse simultáneamente en una posición del rotor presente, es decir, todos los valores L_{1-3} de inductancia, los ángulos Φ_{1-3} de fase y/o todos los valores Z_{1-3} de impedancia se determinan en el mismo rotor posición.

En la etapa 502, se determina un primer valor de prueba, es decir, una primera cantidad de estator físico conjunta, sumando las cantidades de estator físico determinadas como se describió anteriormente.

- 30 En la etapa 503, el primer valor de prueba se almacena para su uso posterior. El primer valor de prueba puede almacenarse en la memoria 2c de datos del dispositivo 1 de medición, o almacenarse en una base de datos en un servidor para su posterior recuperación a través de una red como Internet.

- 35 En el paso 504, se repiten los pasos 501 a 503, por lo que se obtiene un segundo valor de prueba, por ejemplo, se determina y almacena una segunda cantidad de estator físico conjunta para una segunda posición del rotor. El primer y el segundo valor de prueba se relacionan con las mismas cantidades físicas. Preferiblemente, la etapa 504 se realiza en una ocasión posterior de prueba y/o servicio separada por algún intervalo de tiempo desde la primera ocasión.

- 40 En la etapa 505, se determina una tendencia de la cantidad de estator físico conjunta en función de los valores de prueba primero y segundo. Aunque, en esta realización de ejemplo, la tendencia se basa en los valores de prueba primero y segundo, preferiblemente, la tendencia se puede basar en una pluralidad de valores de prueba determinados en varias ocasiones diferentes de prueba y/o servicio. Esto puede dar lugar a una determinación de tendencia más precisa. La tendencia se puede determinar mediante la interpolación entre los valores de prueba.

- 45 La figura 6 ilustra un resultado de prueba de ejemplo, que comprende una pluralidad de valores de prueba, X, así como curvas de tendencia. Como se indicó, la tendencia puede ser lineal (curva de tendencia 6-1) o polinomial de cualquier orden (curva de tendencia 6-3). Otras técnicas de ajuste de curvas, como exponencial o logarítmica, son igualmente posibles.

- 50 En la etapa 506, la condición del objeto 4 de prueba se analiza en función de la tendencia de la cantidad del estator físico conjunta, como se divulgará en detalle a continuación.

- Opcionalmente, el dispositivo 1 de medición puede estimar una tercera cantidad de estator físico conjunta, basándose en los valores de prueba. La estimación puede determinarse por extrapolación en función de los valores de prueba.
- 55 La tercera cantidad conjunta de estator físico forma así una predicción de la condición futura del objeto 4 de prueba. Especialmente, se puede predecir una condición de falla del objeto 4 de prueba si la cantidad del tercer estator físico conjunta cae fuera de un rango predeterminado (rango R en la Figura 6a). Alternativamente, un punto en el tiempo (tiempo P en la Figura 6a) en el que una cantidad estimada de la tercera cantidad de estator físico conjunta alcanza un valor predeterminado (valor V en la Figura 6a) puede predecirse basándose en la tendencia. Se pueden usar diferentes magnitudes de los valores predeterminados para predecir diferentes severidades de la condición del objeto 4 de prueba. Por ejemplo, dependiendo de la elección del valor predeterminado, el punto en el tiempo puede indicar un tiempo predicho para una falla fatal del objeto 4 de prueba o un tiempo predicho para una condición de falla menos severa en el objeto 4 de prueba.

- 65 Opcionalmente, se puede determinar una condición de falla del objeto 4 de prueba si la tendencia basada en los valores de prueba (curva de tendencia 6-3 en la figura 6b) se desvía de una tendencia predeterminada (curva de

tendencia predeterminada 6-5 en la figura 6b). La confiabilidad de las pruebas puede aumentarse al permitir alguna diferencia entre la tendencia y la tendencia predeterminada sin determinar una condición de falla. La tendencia predeterminada puede ser una tendencia positiva en las cantidades del estator físico conjuntas o una tendencia negativa en las cantidades del estator físico conjunta. Alternativamente, la tendencia predeterminada puede corresponder a una cantidad constante de estator físico conjunta. De manera más general, la tendencia predeterminada se puede basar en una pluralidad de valores de prueba, determinados durante toda la vida útil de una pluralidad de objetos de prueba, y por lo tanto puede incluir intervalos de tendencia positiva, tendencia negativa e intervalos correspondientes a cantidades constantes de estator físico conjuntas (como en la curva de tendencia predeterminada 6-5 en la figura 6b).

Las instrucciones requeridas por la unidad 2 de control para realizar el método divulgado anteriormente pueden almacenarse como instrucciones de ordenador en la memoria 2b de programa.

Se contempla que existen numerosas modificaciones de las realizaciones descritas en el presente documento, que todavía están dentro del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la prueba fuera de línea de una máquina de corriente alterna multifase, cuya máquina comprende al menos dos bobinados (4-1, 4-2, 4-3) de estator y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación, cuyo método comprende:
5
determinar (301), en una primera posición del rotor, una cantidad física del estator de cada bobinado del estator aplicando una señal (300) de prueba a cada bobinado del estator y midiendo una señal de respuesta para cada bobinado del estator causado por la aplicación de la señal de prueba, y
10
determinar (302) una primera cantidad de estator físico conjunta sumando las cantidades de estator físico determinadas de los bobinados de estator.
2. Método según la reivindicación 1, en el que la primera posición del rotor se fija durante la determinación de las cantidades del estator físico.
15
3. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, que comprende, además:
determinar (401), en una segunda posición del rotor, una cantidad de estator físico de cada bobinado de estator aplicando (400) una señal de prueba a cada bobinado de estator y midiendo una señal de respuesta para cada bobinado de estator causado por la aplicación de la señal de prueba,
20
determinar (402) una segunda cantidad de estator físico conjunta sumando las cantidades de estator físico determinadas de los bobinados de estator,
25
comparar (403) la segunda cantidad del estator físico conjunta con la primera cantidad del estator físico conjunta, y determinar una condición de falla de dicha máquina de corriente alterna multifase si la primera cantidad del estator físico conjunta difiere de la segunda cantidad del estator físico conjunta.
4. Método según la reivindicación 3, en el que la segunda posición del rotor se fija durante la determinación de las cantidades del estator físico.
30
5. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 3-4, en el que la condición de falla se determina si la primera cantidad del estator físico conjunta difiere de la segunda cantidad del estator físico conjunta en más de un valor de umbral.
35
6. El método según cualquiera de las reivindicaciones 3-5, en el que la primera posición del rotor es diferente de la segunda posición del rotor.
7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, que comprende, además:
determinar (401), en una segunda posición del rotor, una cantidad física del estator de cada bobinado del estator aplicando una señal de prueba a cada bobinado del estator,
40
determinar (402) una segunda cantidad de estator físico conjunta sumando las cantidades de estator físico de los bobinados de estator determinadas en la segunda posición del rotor, y
45
determinar una tendencia de la cantidad de estator físico conjunta basada en la primera cantidad de estator físico conjunta y la segunda cantidad de estator físico conjunta.
50
8. El método según la reivindicación 7, que comprende, además, basándose en dicha tendencia, estimar una tercera cantidad de estator físico conjunta.
9. El método según la reivindicación 8, que comprende además predecir una condición de falla de dicha máquina de corriente alterna multifase si la tercera cantidad del estator físico conjunta cae fuera de un rango predeterminado.
55
10. El método según la reivindicación 7, que comprende, además, basándose en dicha tendencia, predecir un punto en el tiempo en el que una tercera cantidad de estator físico conjunta alcanza un valor predeterminado.
11. El método según la reivindicación 7, que comprende además determinar una condición de falla de dicha máquina de corriente alterna multifase si dicha tendencia se desvía de una tendencia predeterminada.
60
12. El método según la reivindicación 11, en el que la tendencia predeterminada corresponde a una cantidad constante de estator físico conjunta.
65

13. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 7-12, en el que la primera posición del rotor y la segunda posición del rotor son diferentes.

5 14. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la cantidad de estator físico de cada bobinado del estator comprende cualquiera o un grupo de: una impedancia, Z , una inductancia, L , un ángulo de fase, Φ , una resistencia, R , y una relación de una inductancia, L , y una resistencia, R , de cada bobinado del estator.

10 15. Un aparato para pruebas fuera de línea de una máquina de corriente alterna multifase, cuya máquina comprende al menos dos bobinados de estator (4-1, 4-2, 4-3), y un rotor dispuesto a lo largo de un eje de rotación, cuyo aparato comprende:

15 circuitos (1) electrónicos dispuestos para determinar (301), en una primera posición del rotor, una cantidad física del estator de cada bobinado del estator aplicando (300) una señal de prueba a cada bobinado del estator y midiendo una señal de respuesta para cada bobinado del estator causado por la aplicación de la señal de prueba, y

los circuitos electrónicos dispuestos para determinar (302) una primera cantidad de estator físico conjunta sumando las cantidades de estator físicas determinadas de los bobinados de estator.

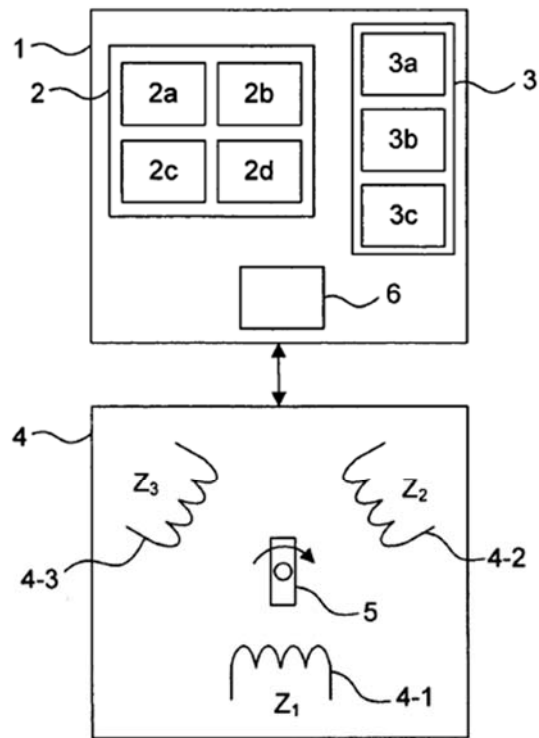


Figura 1

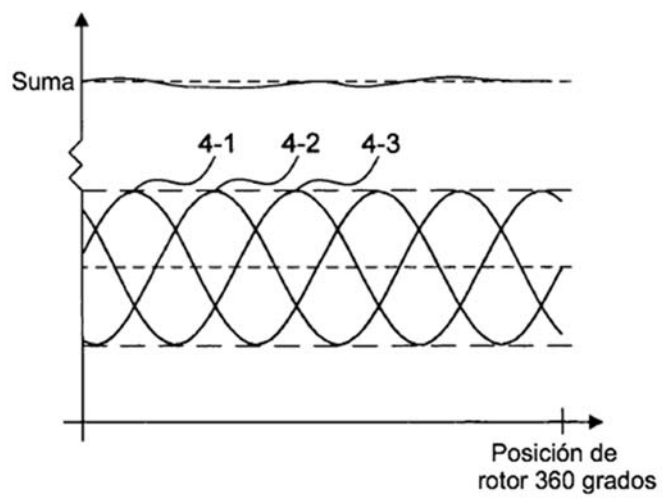


Figura 2

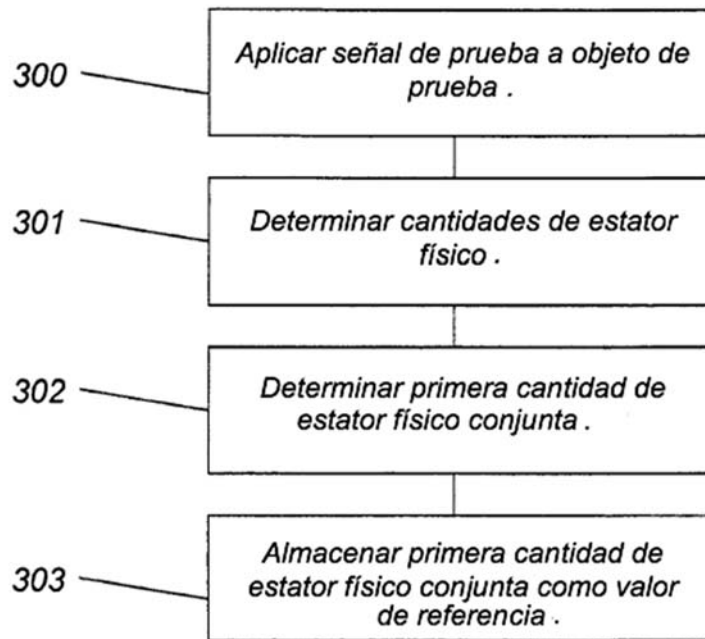


Fig. 3

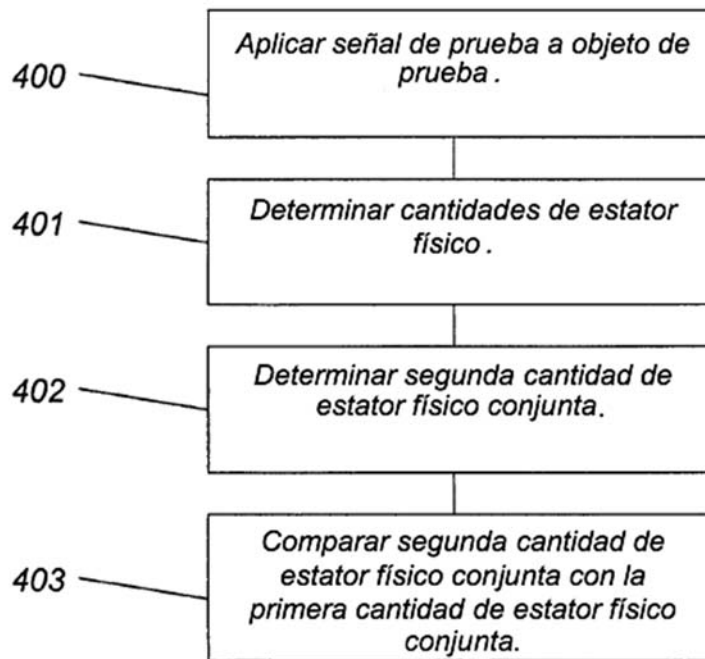


Fig. 4

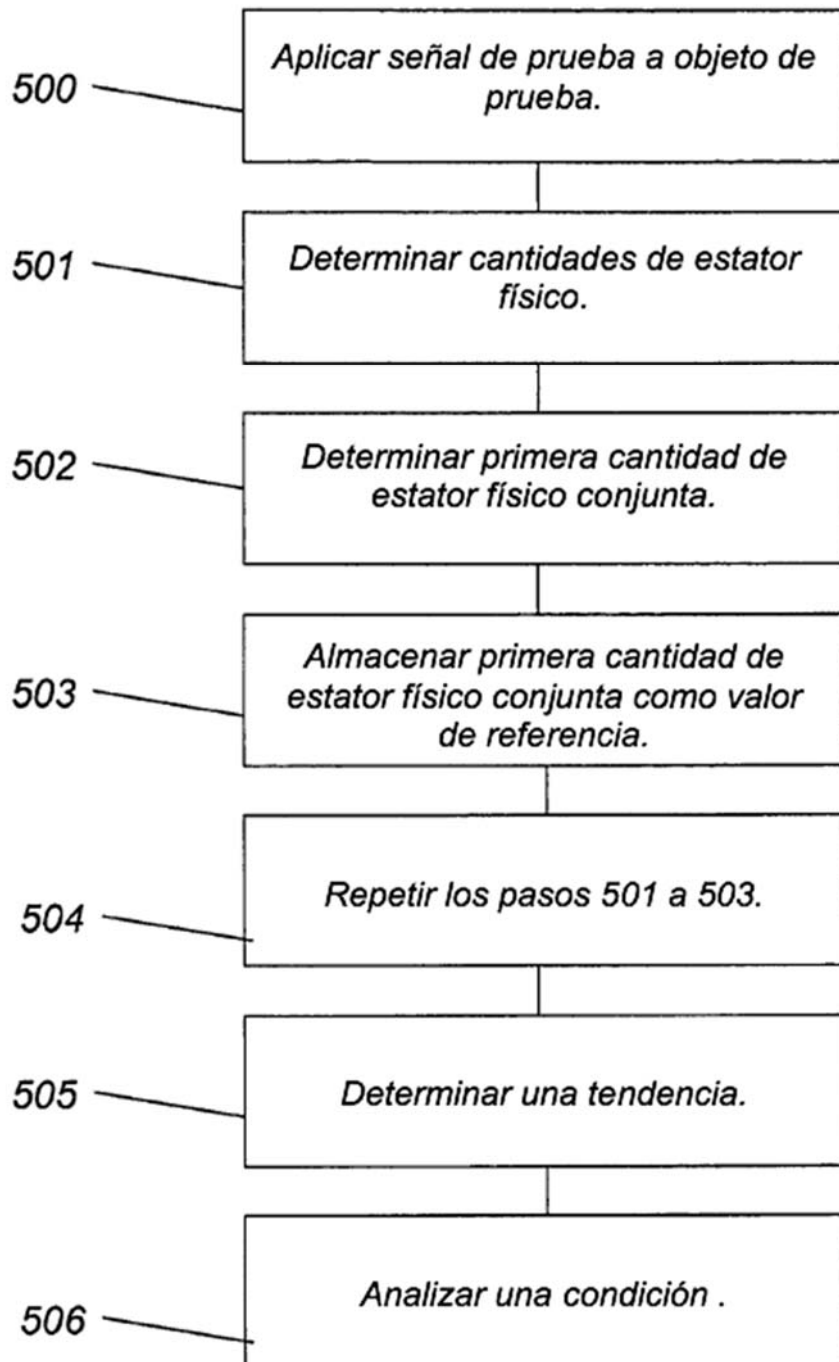


Fig. 5

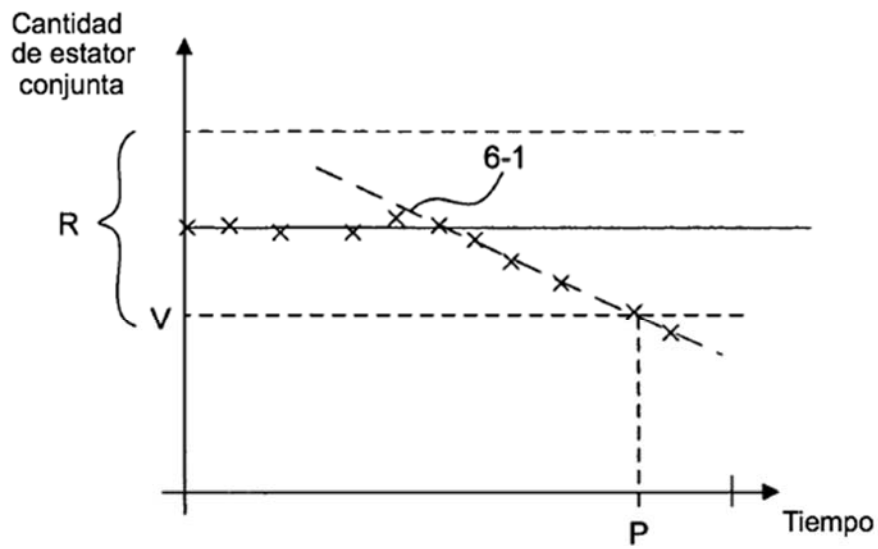


Figura 6a

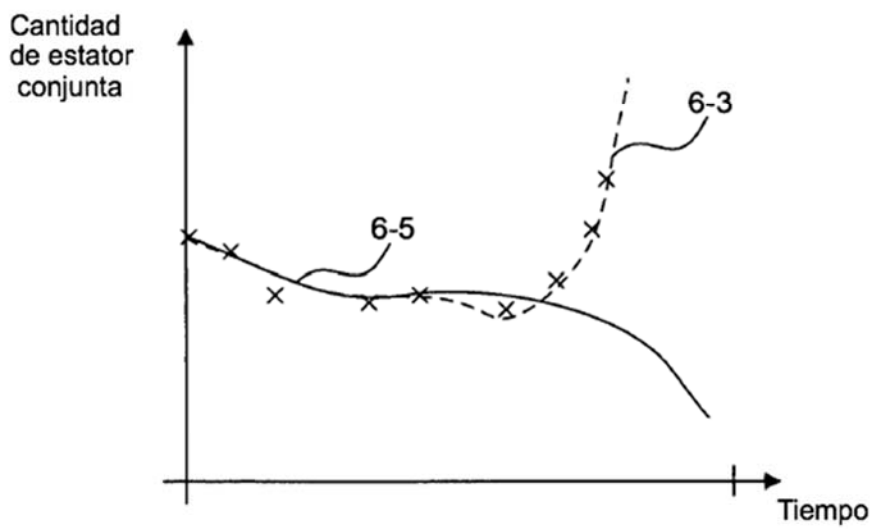


Figura 6b