

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 372**

21 Número de solicitud: 201130332

51 Int. Cl.:

H02P 29/00

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

10.03.2011

43 Fecha de publicación de la solicitud:

12.02.2013

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
(100.0%)**

**Jordi Girona, 31
08034 Barcelona ES**

72 Inventor/es:

**URRESTY BETANCOURT, Julio Cesar ;
RIBA RUIZ, Jordi Roger y
ROMERAL MARTÍNEZ, José Luis**

54 Título: **EQUIPO DE DIAGNÓSTICO DE FALLOS DE DESMAGNETIZACIÓN PARA MOTORES
SÍNCRONOS DE IMANES PERMANENTES Y MÉTODO DE UTILIZACIÓN DE ESTE**

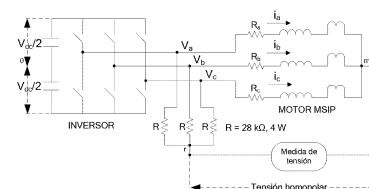
57 Resumen:

Equipo de diagnóstico de fallos de desmagnetización para motores síncronos de imanes permanentes y método de utilización de éste.

La presente invención se refiere a un sistema de detección de fallos incipientes de desmagnetización aplicado a motores síncronos de imanes permanentes (MSIP) polifásicos de corriente alterna alimentados mediante un inversor electrónico. Concretamente la desmagnetización se genera en los imanes del rotor debida principalmente a problemas térmicos o estructurales (golpes, roturas, etc.).

La técnica utilizada para detectar desmagnetizaciones incipientes se basa en la medida de la tensión homopolar.

Figura 1



DESCRIPCIÓN

EQUIPO DE DIAGNÓSTICO DE FALLOS DE DESMAGNETIZACIÓN PARA
MOTORES SÍNCRONOS DE IMANES PERMANENTES Y MÉTODO DE
UTILIZACIÓN DE ESTE

5

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los motores MSIP van alimentados a través de un convertidor electrónico, también llamado inversor, que permite regular la velocidad y el par del motor de manera controlada. El inversor se alimenta directamente de la toma trifásica de potencia y genera un sistema de tensiones trifásicas de frecuencia variable. Dicho inversor incorpora sensores de corriente, de tensión y de posición/velocidad del motor así como de un microprocesador electrónico que procesa las señales de dichos sensores para así generar en cada momento un sistema trifásico de tensiones adecuado para el régimen de operación del motor.

Los fallos de desmagnetización reducen significativamente el par efectivo del motor. Cuando una desmagnetización ocurre, para mantener el par de salida a un valor determinado, aumentan las corrientes del estator, aumentando las pérdidas en el cobre del bobinado y por lo tanto su temperatura. Estos cambios en el funcionamiento del motor pueden generar una desmagnetización mayor ó otros tipos de fallo, como son los cortocircuitos entre espiras, cortos entre fase etc. de modo que si no se detectan a tiempo acaban deteriorando irreversiblemente el motor, pudiendo acabar este fuera de servicio.

Los motores MSIP se utilizan para accionar maquinaria industrial, robots industriales, ascensores, sistemas de centrifugación y también se utilizan en el sector aeronáutico (motores para accionar alerones de los aviones, etc.) así como

en el sector automovilístico (especialmente como motor de tracción para vehículos eléctricos entre otras aplicaciones). La presente invención tiene por objeto la detección de fallos incipientes de desmagnetización, de modo que se pueda actuar 5 antes de que el motor MSIP sufra problemas irreversibles o que se pueda llegar a una situación catastrófica. La técnica utilizada para detectar desmagnetizaciones se basa en la medida de la amplitud de la tensión homopolar.

Se conocen diferentes tipos de procedimientos, equipos 10 y sistemas para determinar desmagnetizaciones en los imanes del rotor, varios de estos métodos se basan en el análisis del contenido armónico de las corrientes de estator, nunca mediante el uso de la tensión homopolar, tal como se presenta en documento W. le Roux, R. G. Harley, T. G. Habetler, 15 "Detecting Rotor Faults in Low Power Permanent Magnet Synchronous Machines," IEEE Trans. Power Electronics. vol. 22, no. 1, pp. 322-328, Jan. 2007. Dichos procedimientos, equipos y sistemas generalmente se basan en la búsqueda de múltiples fraccionarios de la frecuencia fundamental de las corrientes 20 de estator. La presencia de dichos armónicos depende del tipo de máquina, la configuración del bobinado de estator y la severidad del fallo. Además, las frecuencias fraccionarias también aparecen en fallos mecánicos, como es el caso de excentricidades del rotor. Ello hace que con el análisis de 25 corrientes no se pueda diferenciar el tipo de fallo. Contrariamente, el método basado en la medida de la tensión homopolar permite realizar el diagnóstico en cualquier tipo de motor síncrono de imanes permanentes sin importar la configuración de su bobinado. Otro de los métodos existentes 30 para la detección de la desmagnetización consiste en la inyección de señales de alta frecuencia tal como se describe en el documento US 2004/6.822.418 B2. No se conocen métodos de diagnóstico de desmagnetizaciones incipientes de los imanes

del rotor de motores MSIP mediante el uso de la amplitud de la tensión homopolar.

La presente invención tiene por objeto la monitorización y el análisis de la amplitud de la tensión homopolar para detectar desmagnetizaciones en los imanes del rotor de motores MSIP en su estado incipiente. Es decir, la predicción y el análisis de los defectos antes de que ocurran de manera catastrófica. Ello se hace de modo on-line, es decir, en tiempo real.

10

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El sistema y procedimiento de diagnóstico de motores MSIP según la presente invención se basa en la medida, monitorización y análisis de la tensión homopolar. Es una realización particularmente ventajosa ya que permite un diagnóstico en tiempo real minimizando el número de componentes necesarios adicionales. Además ofrece un diagnóstico simple y robusto de desmagnetizaciones incipientes en los imanes del rotor de dichos motores.

La presente invención integra un sensor de tensión para la medida de la tensión homopolar, un sensor de velocidad opcional, una red de tres resistencias idénticas o equilibradas para formar un neutro artificial así como de un sistema de adquisición y procesado de señal.

El sistema de diagnóstico propuesto se puede aplicar a motores que accionen maquinaria industrial (por ejemplo en las máquinas de fabricación de papel), robots industriales, ascensores, sistemas de centrifugación, sector aeronáutico (motores para accionar alerones de los aviones, etc.) así como el sector automovilístico (especialmente como motor e tracción para vehículos eléctricos entre otras aplicaciones).

Se ha desarrollado un equipo que en base a la

adquisición de dos señales del motor MSIP, la tensión homopolar y la velocidad de giro del motor, es capaz de detectar desmagnetizaciones incipientes en los imanes del rotor de dicho motor.

5 El sistema propuesto consiste en medir la tensión homopolar de un motor del modo indicado en la Figura 1. En caso de incorporar un sensor de velocidad también mide la velocidad del motor ó en caso contrario, la calcula. A partir de estas dos medidas compara la amplitud de la tensión
10 homopolar con una amplitud de referencia obtenida con el motor sano a la misma velocidad. La reducción de dicha amplitud indica la existencia de desmagnetizaciones en los imanes del rotor del motor MSIP analizado.

Procedimiento de prueba motores comprende los
15 siguientes pasos básicos:

- Adquisición de datos de tensión homopolar.
- Estimación o adquisición de la velocidad del motor.
- Medida de la amplitud de la tensión homopolar.
- Comparación de la amplitud de la tensión homopolar
20 con la obtenida al calibrar el motor sano a la misma velocidad.

-Cálculo de la relación entre la amplitud obtenida y la amplitud de calibración del motor sano. Esta relación numérica puede entenderse como un factor indicador del nivel o
25 gravedad del fallo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para mejor comprensión de cuanto se ha expuesto se acompañan unos dibujos en los que se representa:

30

Figura 1. Motor MSIP alimentado a través de un inversor electrónico. Se muestra el inversor, las conexiones de los bobinados del estator y la red de tres resistencias

equilibradas usadas para generar el neutro artificial.

Figura 2. Motor MSIP alimentado por el inversor electrónico con los sensores de tensión y de velocidad.

5

Figura 3. Formas de onda de la tensión homopolar obtenida con un motor MSIP sano y con un motor MSIP con dos polos parcialmente desmagnetizados (con una magnetización equivalente al 75% de su estado original) funcionando a 6000 rpm.

DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERIDA

15 El desarrollo consiste en un dispositivo de detección de desmagnetizaciones incipientes aplicado a motores polifásicos de imanes permanentes de corriente alterna. Se caracteriza por el hecho de realizar la detección mediante el análisis de la tensión homopolar, la evaluación de la amplitud de la misma y
20 finalmente la extracción de un factor de fallo.

El dispositivo de diagnóstico de desmagnetización en motores eléctricos de corriente alterna, se caracteriza por el hecho de que comprende un conjunto de tres resistencias idénticas dispuestas en estrella formando un neutro flotante, un sensor
25 de tensión que mide la tensión homopolar y un sistema electrónico que permite realizar un procesado de las amplitudes de dicha señal teniendo en cuenta la velocidad de giro del motor.

El dispositivo se desarrolla en un sistema embebido, que se
30 caracteriza porque comprende:

- una red de tres resistencias idénticas o equilibradas para formar un neutro artificial donde se mide la tensión homopolar. El conjunto de tres resistencias idénticas son

de valores 28 kOhms y 4 vatios.

- un sensor de tensión para la medida de la tensión homopolar. En concreto se utiliza un sensor AV 100-50 del fabricante LEM, con un rango de tensiones de medida de $\pm$ 75 V alimentado mediante una fuente de alimentación de $\pm$ 12 V.
- un sistema de procesamiento de señal en base a DSP, en concreto un DSP de 32 bits coma flotante, como ADSP-21369 Analog Devices.
- sobre el sistema DSP se aplica el método de detección de defectos.
- la frecuencia de adquisición es de por lo menos 10 khz.

El método de detección de desmagnetizaciones comprende los siguientes pasos:

15

a) Calibración de la amplitud de la tensión homopolar con motor sano.

- Para ello se realiza una adquisición de la tensión homopolar realizando un barrido de velocidad (600 rpm a 20 6000rpm) con pasos de 500 rpm.

- Si no se tiene la información de velocidad, se calcula el espectro de Fourier de la tensión homopolar, se encuentra el armónico de mayor amplitud (corresponde al tercer armónico de la tensión de alimentación) y a partir de la 25 frecuencia del tercer armónico se determina la velocidad del motor.

-Determinar por interpolación la amplitud de la tensión homopolar entre los pasos de la prueba para tener una referencia a cualquier velocidad.

b) el sistema de adquisición y test implementado realiza las siguientes operaciones:

- Adquisición de datos de tensión homopolar.
- Si no se tiene la información de velocidad, se
5 calcula el espectro de Fourier y se encuentra el armónico de mayor amplitud (es el tercero) y a partir de la frecuencia del tercer armónico se determina la velocidad del motor.
- Se comparan los datos de amplitud de tensión homopolar con los resultados de calibración de motor sano a la
10 misma velocidad.
- El motor se encuentra desmagnetizado si existe una reducción entre la amplitud obtenida y la de motor sano. La extracción de factor de fallo para el diagnóstico se basa por tanto en la evaluación de la reducción de la relación entre
15 las amplitudes de la tensión homopolar del motor bajo análisis y la del motor sano para la misma velocidad de prueba. Valores menores que uno indican la desmagnetización de los imanes del rotor.

El factor de fallo que cuantifica la severidad del
20 fallo se basa en la reducción de la relación entre amplitudes de la tensión homopolar del motor bajo análisis y motor sano. Valores menores a la unidad indican una desmagnetización parcial de los imanes del rotor.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de diagnóstico de desmagnetización en
motores eléctricos de corriente alterna, **caracterizado por el**
5 **hecho de que** comprende un conjunto de tres resistencias
idénticas dispuestas en estrella formando un neutro flotante,
un sensor de tensión que mide la tensión homopolar y un
sistema electrónico que permite realizar un procesado de las
amplitudes de dicha señal teniendo en cuenta la velocidad de
10 giro del motor.

2. Dispositivo de diagnóstico según la reivindicación
anterior, en el que la tensión homopolar se obtiene mediante
una red de tres resistencias idénticas o equilibradas para
15 formar un neutro artificial.

3. Dispositivo de diagnóstico según la reivindicación
1, en el que la tensión homopolar se mide mediante una sonda
de tensión conectada entre el centro de la red de tres
20 resistencias idénticas y el centro del bobinado del motor.

4. Dispositivo de diagnóstico según la reivindicación
1, en la que se evalúa la amplitud de la tensión homopolar.

25 5. Dispositivo de diagnóstico según reivindicación 4
en que la extracción de factor de fallo para el diagnóstico se
basa en la evaluación de la reducción de la relación entre las
amplitudes de la tensión homopolar del motor bajo análisis y
la del motor sano para la misma velocidad de prueba. Valores
30 menores que uno indican la desmagnetización de los imanes del
rotor.

6. Dispositivo de diagnóstico según reivindicación 1
caracterizado por comprender los siguientes elementos:

- un conjunto de tres resistencias idénticas de entre 1 Ohm
i 220 kOhms y entre 0.5 W y 5 kW dispuestas en estrella
5 formando un neutro flotante.

- un sensor de tensión, con un rango de tensiones de medida
de entre ± 750 V y ± 0.02 V.

- un sistema de procesamiento de señal analógica o
digital.

10

7. Dispositivo de diagnóstico según reivindicación 6
caracterizado por comprender los siguientes elementos:

- un conjunto de tres resistencias idénticas de 28 Ohms y 4
vatios dispuestas en estrella formando un neutro flotante.

15 - un sensor de tensión AV 100-50 del fabricante LEM, con un
rango de tensiones de medida de ± 75 V y alimentado
mediante una fuente de alimentación de ± 12 V.

- un sistema de procesamiento de señal en base a DSP.

8. Procedimiento de diagnóstico según cualquiera de
20 las reivindicaciones anteriores, que comprende los pasos de:

- Adquisición de datos de tensión homopolar.

- Estimación de la velocidad del motor.

- Se determina la amplitud de la tensión homopolar.

- Se comparan los datos de amplitud con los resultados
25 de calibración de motor sano.

-Cálculo de la relación de amplitudes entre el motor
bajo prueba y motor sano como factor indicador de fallo.
Valores menores a la unidad indican una desmagnetización
parcial de los imanes del rotor.

Figura 1

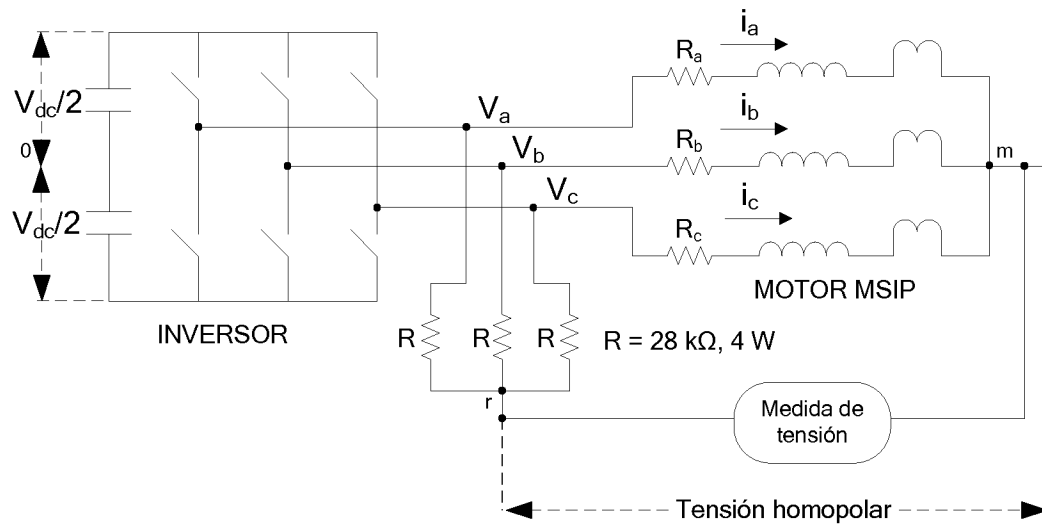


Figura 2

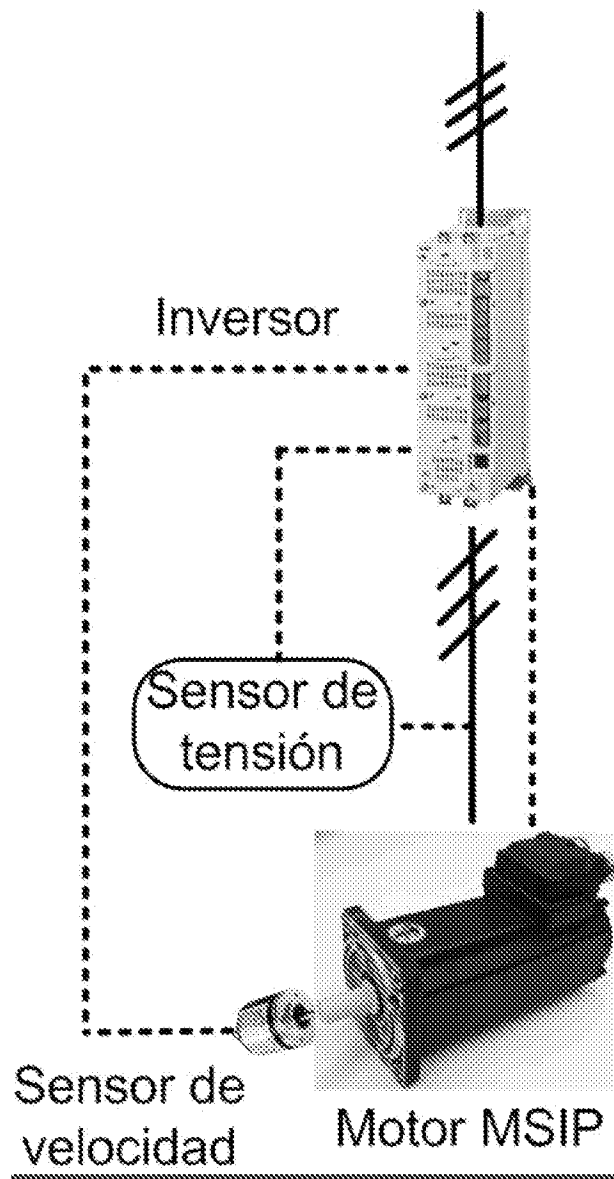


Figura 3

