(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 340 123**

(21) Número de solicitud: 200802045

(51) Int. Cl.:
G01M 13/04 (2006.01)
G01R 15/18 (2006.01)
G01M 15/00 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación: **04.07.2008**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **28.05.2010**

(43) Fecha de publicación del folleto de la solicitud: **28.05.2010**

(71) Solicitante/s: **Universitat Politècnica de Catalunya**
c/ Jordi Girona, 31
08034 Barcelona, ES

(72) Inventor/es: **Poncelas López, Óscar;**
Romeral Martínez, José Luis;
Ortega Redondo, Juan Antonio;
Cusidó Roura, Jordi;
García Espinosa, Antoni y
Delgado Prieto, Miguel

(74) Agente: **No consta**

(54) Título: **Sistema de medida con sonda Rogowski sin integrador.**

(57) Resumen:
Sistema de medida con sonda Rogowski sin integrador.
La presente invención consiste en un nuevo de sistema de medida para la detección de fallos en motores eléctricos de corriente alterna basado en la medida de corrientes mediante sonda Rogowki sin integrador.
El uso de la bobina Rogowski y circuito integrador como se ha usado tradicionalmente para la medida de corrientes de baja frecuencia presenta problemas. Para el análisis de los harmónicos de baja frecuencia de corriente utilizados en el diagnóstico de motores eléctricos es válida la señal que proporciona la sonda Rogowski sin integrador.

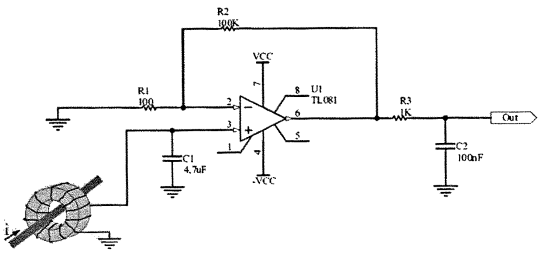


Fig. 2

ES 2 340 123 A1

DESCRIPCIÓN

Sistema de medida con sonda Rogowski sin integrador.

Ámbito de la invención

La presente invención está relacionada, de forma general con la medida de corrientes, y más específicamente con el diagnóstico de motores para detección preventiva de fallos mediante métodos no invasivos que permitan hacer el diagnóstico durante el funcionamiento normal del motor.

Descripción del estado actual del arte

El motor de inducción es la máquina eléctrica más utilizada. Actualmente, el 70% de las aplicaciones industriales utilizan motores de inducción, y más del 50% de la energía consumida en los países industrializados es debida a este tipo de motores.

Un buen mantenimiento preventivo para detectar fallos a tiempo es de especial importancia en el sector industrial.

Existen diferentes técnicas para el diagnóstico de fallos. Entre ellas destacan:

- Análisis espectral de las vibraciones y el ruido acústico.
- Monitorización del campo electromagnético y medición flujo axial.
- Medición de temperatura, reconocimiento infrarrojo.
- Análisis espectral de la corriente del motor (MCSA).

El método MCSA se basa en el análisis espectral de las corrientes de estator del motor. Se utiliza con éxito para el diagnostico de fallos como barras rotas, excentricidad, espiras cortocircuitadas, daños en cojinetes, etc.

Analizando la evolución temporal de la amplitud de los harmónicos correspondientes al fallo, se pude realizar una prognosis del tiempo de vida útil antes de alcanzar el fallo catastrófico.

Las bases de este método se han desarrollado sobre el motor de inducción pero es perfectamente aplicable a otro tipo de motores eléctricos de corriente alterna como pueden ser los motores de imanes permanentes.

Para el uso el método de diagnóstico MCSA, es necesario la medida de la corriente que circula por el estator del motor. Para ello existen diferentes alternativas. Entre los métodos que destacan están los siguientes:

- Resistencia shunt
- Sensores de efecto Hall
- Transformadores de corriente

Otra alternativa como sensor de medida es el uso de bobinas Rogowski que consiste en un toroide con núcleo de aire o de material no magnético. La simplicidad del diseño y la ausencia de núcleo magnético hacen que el coste de la bobina Rogowski sea inferior al de los otros tipos de sensores para la medida de corriente.

Para la medida de corrientes, ésta se coloca alrededor de un cable conductor. Cuando por este conductor circula una corriente variable, se produce un campo magnético que induce una fuerza electromotriz en la bobina proporcional a la derivada de la corriente.

Para obtener una seftal proporcional a la corriente que circula por el motor se utilizan circuitos integradores. La tensión final de salida de la sonda, depende del núcleo y de la ganancia del circuito integrador.

Sin embargo, los circuitos integradores presentan problemas de saturación debido a la no idealidad de los componentes y debido al tipo de corrientes con sobrepicos asimétricos que circulan por los motores.

Generalmente los motores son alimentados mediante circuitos inversores de potencia, estos generan pulsos de tensión superpuestos al harmónico fundamental con una cierta asimetría, es decir, la parte positiva de la onda puede tener área diferente de la negativa. Esto provoca que el condensador de retroalimentación del circuito integrador se cargue hasta que el circuito se satura, especialmente en las medidas de baja frecuencia donde es difícil filtrar esta componente previamente al proceso de integración. En general los circuitos integradores son difíciles de ajustar para evitar estos problemas.

Sumario de la invención

La tensión que proporciona la sonda Rogowski es proporcional a los cambios di/dt en la corriente que circula por el motor.

$$V_o = \frac{\mu_0 nA}{2\pi r}\frac{di}{dt} = M\frac{di}{dt}$$

El diagnóstico de motores mediante el método MCSA se basa en el análisis espectral de la corriente de estator, por lo tanto, no es necesario tener una señal proporcional a la corriente del motor, con la derivada es suficiente. Podemos evitar utilizar el circuito integrador, y por lo tanto desaparece el problema de la saturación y por lo tanto el problema del ajuste, lo que permite utilizar la sonda Rogowski en producción en serie.

La corriente que circula por el estator de un motor eléctrico de alterna con avería se puede modelar por la siguiente expresión.

$$x(t) = \sum_{i=0}^{\infty}\left(A_i sen\omega_i t\right)$$

Donde $2\pi\omega_i$ se corresponde con las frecuencias de los harmónicos y A_i con la amplitud de éstos.

Las señal que obtenemos mediante la sonda Rogowski sin integrador es la derivada.

$$\frac{dx(t)}{dt} = \sum_{i=0}^{\infty}\left(\omega_i A_i \cos\omega_i t\right)$$

Se obtiene una señal con la misma cantidad de harmónicos y situados en las mismas frecuencias, únicamente cambia la amplitud con un factor conocido *a priori*.

Sorprendentemente los harmónicos que obtenemos tienen mayor amplitud, ya que están multiplicados por su respectiva ω, esto ayuda a su posterior tratamiento ya que se discriminan mejor entre el ruido.

En resumen, las ventajas de utilizar la sonda propuesta son:

- Menor coste.
- No presenta problemas de ajuste debido a la saturación del integrador.
- Facilita el diagnóstico por el incremento de amplitud de los harmónicos.

Debido a que haciendo el análisis espectral, la amplitud de cada harmónico queda multiplicada por su respectiva frecuencia, a alta frecuencia los harmónicos presentan mayor amplitud que en el caso de usar circuito integrador, esto se traduce en un mejor aprovechamiento margen dinámico del convertidor AD utilizado para el tratamiento de la señal. Esto es especialmente útil para diagnóstico de motores mediante MCSA en caso de baja carga mecánica en el eje del motor, cuando las amplitudes de los harmónicos por encima de la fundamental resultan ser muy pequeñas. Usando la sonda Rogowski sin integrador, la amplitud de éstos harmónicos queda multiplicada por su respectiva frecuencia y resultan ser más fácilmente detectables.

Configuración preferida

Para el propósito de diagnóstico de motores de tamaño 90 se ha diseñado una bobina Rogowski en un núcleo de polietileno con n=500, A= 56.25 mm^2, y r= 3,75 mm. Con estos valores la inductancia mutua es de M= 500 nH.

El equipo de medida y diagnóstico de máquinas comprende una bobina Rogowski sin el circuito de integración Figura nº 1.

La electrónica analógica está detallada en la figura nº 2 y comprende una etapa de amplificación de la señal igual a 1k, en una configuración de amplificación no inversora, más una segunda etapa de filtrado, formando un filtro RC para evitar el efecto de aliasing con una frecuencia de corte de aproximadamente 1,5 kHz, con unos valores de resistencia de 1 k Ohm y capacidad de 100 nF.

La figura nº 2 muestra el espectro obtenido de un motor con 8 barras rotas y alimentado a 53 Hz, el espectro superior muestra la medida con una sonda Rogowski sin integrador, el inferior, con integrador.

La figura nº 3 muestra la misma información que la figura nº 2 pero en un intervalo de frecuencia hasta los 350 Hz.

En las figuras nº 2 y nº 3 se muestra la eficacia del equipo de medida propuesto.

REIVINDICACIONES

1. Equipo de medida de corrientes **caracterizado** por el uso de medios para la captación de corriente por métodos inductivos y una electrónica de acondicionamiento compuesta por al menos una etapa de amplificación y al menos una etapa de filtrado con exclusión de uso de circuito integrador.

2. De acuerdo con la reivindicación número 1, equipo de diagnóstico **caracterizado** porque los medios para la captación de corriente son una sonda Rogowski.

3. De acuerdo con la reivindicación número 1, equipo de medida de corrientes **caracterizado** porque los medios para la captación de corriente son una sonda con núcleo ferromagnético.

4. De acuerdo con la reivindicación número 2, equipo de medida de corrientes **caracterizado** porque la sonda Rogowski está desarrollada sobre un núcleo de polietileno con 500 espiras de cobre, un área sobre los 56.25 mm^2, y un radio sobre 3,75 mm.

5. De acuerdo con la reivindicación número 1, equipo de medida de corrientes **caracterizado** porque el circuito amplificador está formado en una etapa no inversora (figura 2) y un filtro RC pasa-bajos con una frecuencia de corte de aproximadamente 1,5 kHz, con unos valores de resistencia de 1 k Ohm y capacidad de 100 nF (figura 2).

6. Uso del equipo de medida de corrientes para el diagnóstico de equipos eléctricos.

7. De acuerdo con la reivindicación número 6, uso del equipo de medida de corrientes para el diagnóstico de máquinas eléctricas.

8. De acuerdo con la reivindicación número 7, uso del equipo de medida de corrientes para el diagnóstico de máquinas eléctricas de corriente alterna.

9. De acuerdo con la reivindicación número 8, uso del equipo de medida de corrientes para el diagnóstico de motores de inducción.

10. De acuerdo con la reivindicación número 8, uso del equipo de medida de corrientes para el diagnóstico de motores PMSM.

11. De acuerdo con la reivindicación número 8, uso del equipo de medida de corrientes para el diagnóstico de motores SRM.

12. Uso del equipo de medida de corrientes para la prognosis de equipos eléctricos.

13. De acuerdo con la reivindicación número 12, uso del equipo de medida de corrientes para la prognosis de máquinas eléctricas.

14. De acuerdo con la reivindicación número 13, uso del equipo de medida de corrientes para la prognosis de máquinas eléctricas de corriente alterna.

15. De acuerdo con la reivindicación número 14, uso del equipo de medida de corrientes para la prognosis de motores de inducción.

16. De acuerdo con la reivindicación número 14, uso del equipo de medida de corrientes para la prognosis de motores PMSM.

17. De acuerdo con la reivindicación número 14, uso del equipo de medida de comentes para la prognosis de motores SRM.

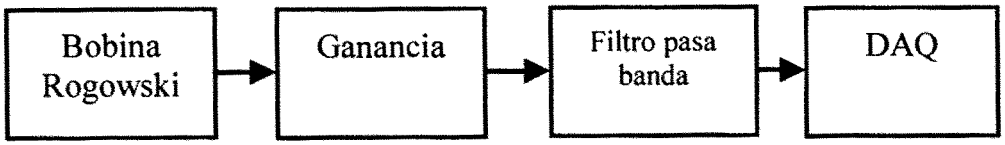


Fig. 1

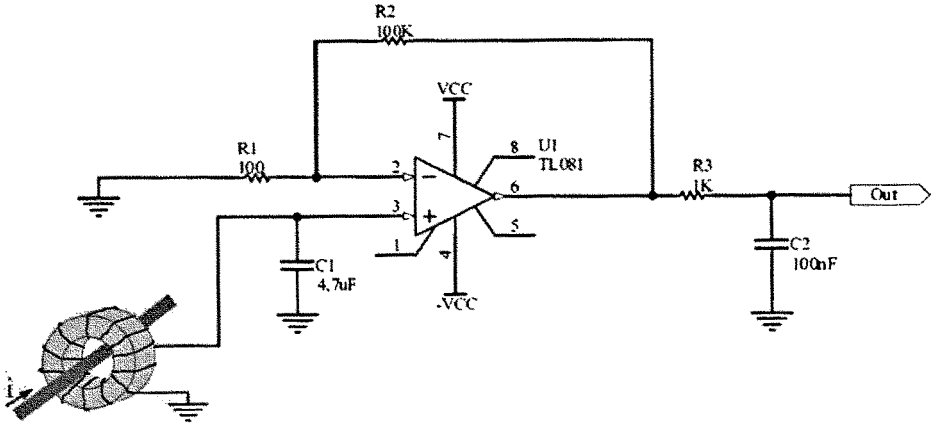


Fig. 2

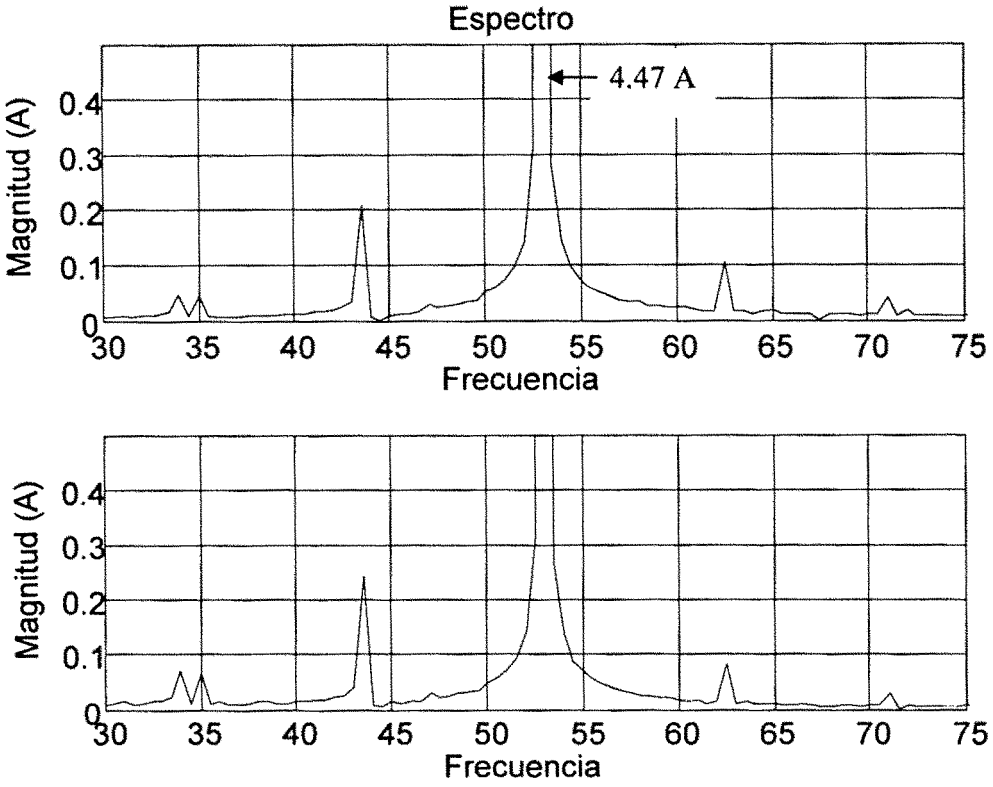


Fig. 3

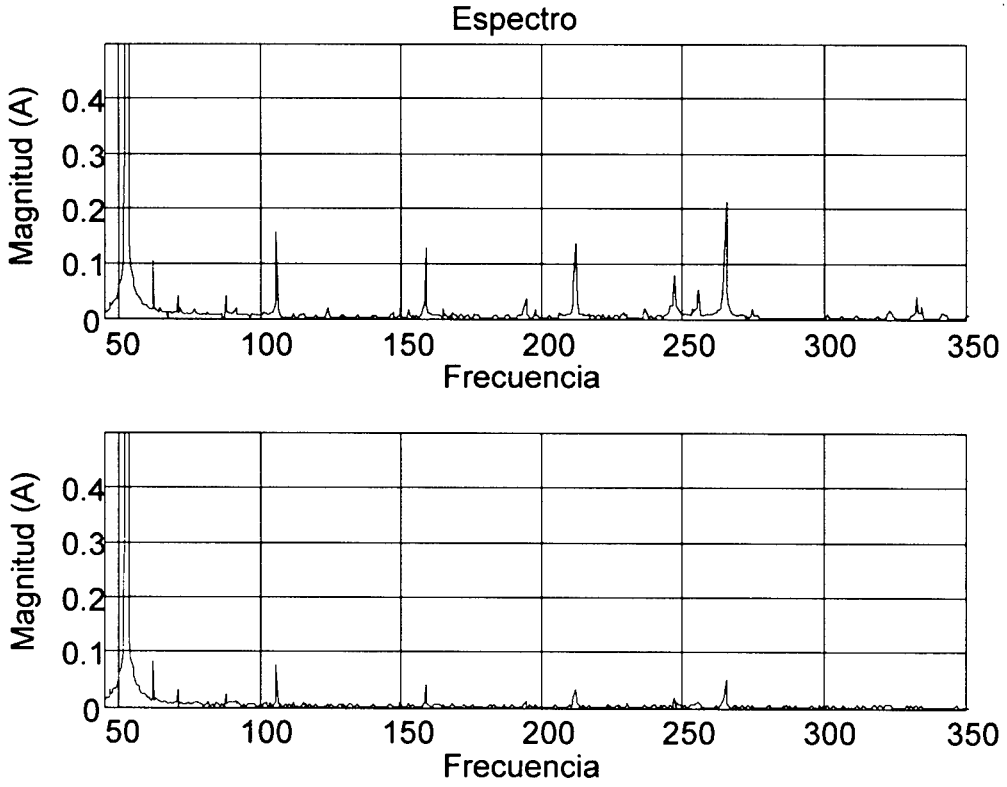

Espectro
Magnitud (A)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
50
100
150
200
250
300
350
Frecuencia
Magnitud (A)
0.4
0.3
0.2
0.1
0
50
100
150
200
250
300
350
Frecuencia

Fig. 4

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) ES 2 340 123

(21) Nº de solicitud: 200802045

(22) Fecha de presentación de la solicitud: **04.07.2008**

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) **Int. Cl.:** Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2007236208 A1 (KOJOVIC et al.) 11.10.2007, párrafos [0062],[0080],[0083].	1-17
X	US 6414475 B1 (DAMES et al.) 02.07.2002, columna 3, líneas 24-58.	17
X	EP 1077380 A2 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 21.02.2001, párrafos [0002]-[0007].	1-17

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	Examinador	Página
13.05.2010	L. García Aparicio	1/4

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G01M 13/04 (2006.01)
G01R 15/18 (2006.01)
G01M 15/00 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01M, G01R

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

OPINIÓN ESCRITA

Nº de solicitud: 200802045

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 13.05.2010

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	3-17	**SÍ**
	Reivindicaciones	1-2	**NO**
Actividad inventiva	Reivindicaciones		**SÍ**
(Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-17	**NO**

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial.** Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión:

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

1. Documentos considerados:

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US2007236208 A1	11-10-2007
D02	US 6414475 B1	02-07-2002
D03	EP 1077380 A2	21-02-2001

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La reivindicación 1 no satisface los criterios de patentabilidad establecidos en el Art. 4.1 de la Ley 11/86, ya que no cuenta con novedad según lo establecido en el 6.1 de la Ley de patentes.

En el documento D01, se divulga un dispositivo para la medida de corriente que cuenta con unos medios inductivos (bobina Rogowski) que cuenta con una etapa de amplificación y una etapa de filtrado, donde dicho dispositivo está desprovisto de un circuito integrador (párrafos [0062][0080][0083] Reivindicación 1)

Por lo tanto todas las características reivindicadas en la reivindicación 11 se encuentran divulgadas en el documento D01, careciendo de novedad según lo establecido en el Art. 6.1 de la Ley 11/86.

También la reivindicación 16 carece de novedad al tratarse de manera específica de una bobina Rogowski.

La materia de las reivindicaciones 2 a 17 no cuenta con actividad inventiva al ser meras opciones de diseño o aplicaciones evidentes para un técnico en la materia.

En cuanto a la materia de las reivindicaciones 2 a 17 no contienen característica alguna que combinadas con las características de las reivindicaciones de las que dependen pudieran servir de base para la redacción de una nueva reivindicación independiente que reuniera los requisitos de novedad / actividad inventiva.

El documento D02 reconoce la posibilidad de utilizar bobinas Rogowski sin integradores y los efectos producidos, aunque no sea la alternativa elegida.

El documento D03, en los párrafos [006][007] pone de manifiesto el empleo de bobinas Rogowski sin integradores

Por lo tanto la materia de las reivindicaciones 1 y 2 carecen de novedad según lo establecido en el Art. 6.1 de la Ley 11/86, y las reivindicaciones 3-17 carecen de actividad inventiva según lo establecido en el artículo 8.1 de la Ley 11/86, por lo que no se satisfacen los requisitos de patentabilidad establecidos en el art. 4.1 de la Ley 11/86.