



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 003**

51 Int. Cl.:  
**H02P 6/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06405343 .2**

96 Fecha de presentación : **14.08.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1890377**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.02.2008**

54

Título: **Procedimiento para la determinación de la posición angular del rotor de una máquina eléctrica giratoria.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.06.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.06.2011**

73

Titular/es: **ABB Schweiz AG.**  
**Brown Boveri Strasse 6**  
**5400 Baden, CH**

72

Inventor/es: **Harder, Thorsten;**  
**Beiser, Dirk;**  
**Conticelli, Fabio y**  
**Bohren, Patrick**

74

Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 362 003 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la determinación de la posición angular del rotor de una máquina eléctrica giratoria

### Campo técnico

5 La invención se refiere al campo de los procedimientos de funcionamiento de máquinas eléctricas giratorias. Parte de un procedimiento para la determinación de la posición angular del rotor o bien para la determinación del ángulo de flujo magnético de una máquina eléctrica giratoria de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación independiente.

### Estado de la técnica

10 Una máquina eléctrica giratoria habitual actualmente presenta un conjunto de arrollamiento de estator y un conjunto de arrollamiento de rotor, siendo alimentado el conjunto de arrollamiento de estator típicamente por una unidad de conversión correspondiente. La posición angular del rotor de una máquina eléctrica giratoria de este tipo se determina hoy en día principalmente por el transmisor giratorio, que proporciona la posición angular deseada del rotor, es decir, el ángulo del rotor durante su rotación o bien el ángulo de flujo magnético. El conocimiento de la posición del rotor o bien de la posición del vector de flujo magnético se necesita típicamente para la regulación de la máquina como una de varias magnitudes de entrada más habituales. Pero los transmisores giratorios son muy sensibles frente a sollicitación mecánica y, por lo tanto, fallan con frecuencia o proporcionan valores erróneos de la posición angular del rotor. Además, el montaje es costoso, puesto que el transmisor giratorio propiamente dicho y, además, el cableado deben colocarse en la máquina, lo que es intensivo de trabajo y de costes. Además, un transmisor giratorio de este tipo debe mantenerse siempre, lo que significa un gasto adicional.

20 En el documento US 2002/0043953 A1 se indica un procedimiento para la determinación de la posición angular del rotor de una máquina eléctrica giratoria, cuya máquina presenta un conjunto de arrollamiento de estator y un conjunto de arrollamiento de rotor y en cuyo procedimiento el conjunto de arrollamiento de estator es alimentado por una unidad de conversión correspondiente. El conjunto de arrollamiento de estator es cortocircuitado una vez por medio de la unidad de conversión dentro de una rotación del rotor a una velocidad supuesta del rotor. En el instante del cortocircuito único, se calcula el ángulo de las fases de la corriente del estator y se añade un ángulo de corrección de las fases al ángulo de las fases calculado.

25 En el documento 6.281.656 B1 se muestra otro procedimiento para la determinación de la posición angular del rotor de una máquina eléctrica giratoria de acuerdo con el estado de la técnica.

### Representación de la invención

30 Por lo tanto, el cometido de la invención es indicar un procedimiento para la determinación de la posición angular del rotor de una máquina eléctrica giratoria, que se puede realizar muy fácilmente y es robusta y no requiere transmisor giratorio. Este cometido se soluciona por medio de las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se indican desarrollos ventajosos de la invención.

35 En el procedimiento de acuerdo con la invención para la determinación de la posición angular del rotor de una máquina eléctrica giratoria, la máquina presenta un conjunto de arrollamiento de estator y un conjunto de arrollamiento de rotor, en el que el conjunto de arrollamiento de estator es alimentado por una unidad de conversión correspondiente. De acuerdo con la invención, entonces el conjunto de arrollamiento del estator es cortocircuitado por medio de la unidad de conversión dentro de una rotación del rotor a una velocidad supuesta del rotor en al menos tres instantes de cortocircuito predeterminables. En cada instante de cortocircuito se calcula el ángulo de las fases de la corriente respectiva del estator. Además, a partir de los ángulos de las fases calculados, respectivamente, en dos instantes de cortocircuito más próximos en el tiempo entre sí, se forma un ángulo diferencial de las fases y el ángulo diferencial mínimo de las fases se calcula a partir de los ángulos diferenciales de las fases. En el caso de un ángulo diferencial mínimo negativo de las fases, se suma un ángulo de corrección de las fases al último ángulo calculado de las fases y en el caso de un ángulo diferencial mínimo positivo de las fases, se resta el ángulo de corrección de las fases del último ángulo calculado de las fases. El resultado después de la adición del ángulo de corrección de las fases o bien después de la sustracción del ángulo de corrección de las fases es entonces la posición angular del rotor buscada. La determinación de la posición del ángulo del rotor de una máquina eléctrica giratoria de acuerdo con el procedimiento según la invención es posible, por lo tanto, de manera ventajosa sin transmisor giratorio con todos sus inconvenientes, de manera que, en general, se consigue un procedimiento muy fácil de realizar y robusto para la determinación de la posición angular del rotor de una máquina eléctrica giratoria.

Éstos y otros cometidos, ventajas y características de la presente invención se publican a partir de la siguiente descripción detallada de formas de realización preferidas de la invención en combinación con el dibujo.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una curva de tiempo del ángulo de las fases de la corriente del estator de la máquina eléctrica giratoria en el procedimiento de acuerdo con la invención.

En principio, en la figura las partes iguales están provistas con los mismos signos de referencia.

### 5 Modos de realización de la invención

En la figura 1 se representa una curva del tiempo del ángulo de las fases de la corriente del estator de la máquina eléctrica giratoria, que aparece en el procedimiento de acuerdo con la invención. La curva del ángulo de las fases de la corriente del estator va según la figura 1 de 0 a  $2\pi$ , luego comienza de nuevo en 0 y marcha hasta  $2\pi$  y así sucesivamente. La máquina presenta un conjunto de arrollamiento del estator y un conjunto de arrollamiento del rotor, siendo alimentado el conjunto de arrollamiento del estator de acuerdo con el procedimiento por una unidad de conversión correspondiente. La máquina eléctrica giratoria está configurada típicamente como máquina síncrona o máquina asíncrona.

En el procedimiento de acuerdo con la invención se cortocircuita ahora el conjunto de arrollamiento del estator por medio de la unidad de conversión dentro de una revolución del rotor a una velocidad supuesta del rotor al menos en tres instantes de cortocircuito T0, T1, T2 predeterminables. En la figura 1 se representa a modo de ejemplo un intervalo de tiempo, que corresponde a una revolución del rotor a la velocidad supuesta del rotor. Dentro de esta revolución se cortocircuita entonces el conjunto de arrollamiento del estator por medio de la unidad de conversión en los al menos tres instantes de cortocircuito T0, T1, T2 predeterminables. En cada instante de cortocircuito T0, T1, T2 se calcula, como se indica en la figura 1, el ángulo de las fases  $\alpha_{T0}$ ,  $\alpha_{T1}$ ,  $\alpha_{T2}$  de la corriente respectiva del estator  $i_{ST0}$ ,  $i_{ST1}$ ,  $i_{ST2}$ . Con preferencia, se calcula la corriente respectiva del estator  $i_{ST0}$ ,  $i_{ST1}$ ,  $i_{ST2}$  especialmente a través de medición, por ejemplo a través de sensores de corriente, de manera que se calculan la amplitud  $\hat{i}_{ST0}$ ,  $\hat{i}_{ST1}$ ,  $\hat{i}_{ST2}$  de la corriente respectiva del estator  $i_{ST0}$ ,  $i_{ST1}$ ,  $i_{ST2}$  y el ángulo de las fases  $\alpha_{T0}$ ,  $\alpha_{T1}$ ,  $\alpha_{T2}$  de la corriente respectiva del estator  $i_{ST0}$ ,  $i_{ST1}$ ,  $i_{ST2}$ . A partir de los ángulos de las fases  $\alpha_{T0}$ ,  $\alpha_{T1}$ ,  $\alpha_{T2}$  calculados en dos instantes de cortocircuito T0, T1, T2 más próximos, respectivamente, en el tiempo entre sí, se forma un ángulo diferencial de las fases  $\Delta i_1$ ,  $\Delta i_2$ . Las fórmulas correspondientes, con los tres ángulos de las fases  $\alpha_{T0}$ ,  $\alpha_{T1}$ ,  $\alpha_{T2}$  supuestos dentro de una revolución del rotor se expresan de la siguiente manera:

$$\Delta i_1 = \alpha_{T1} - \alpha_{T0}$$

$$\Delta i_2 = \alpha_{T2} - \alpha_{T1}$$

A partir de los ángulos diferenciales de las fases  $\Delta i_1$ ,  $\Delta i_2$  se calcula entonces, además, el ángulo diferencial mínimo de las fases  $\Delta i_{\min}$ , en particular a través de simple comparación de valores. En el caso de un ángulo diferencial mínimo negativo de las fases  $\Delta i_{\min}$ , se suma un ángulo de corrección de las fases  $\Delta i_k$  al último ángulo calculado de las fases  $\alpha_{T2}$  y en el caso de un ángulo diferencial mínimo positivo de las fases  $\Delta i_{\min}$ , se resta el ángulo de corrección de las fases  $\Delta i_k$  del último ángulo calculado de las fases  $\alpha_{T2}$ . Con preferencia, se aprovecha que la corriente del estator de la máquina eléctrica giratoria sigue, en general, detrás del flujo magnético del estator de la máquina eléctrica giratoria en la medida de  $\pi/2$ , y que la dirección, es decir, el ángulo, del vector del flujo magnético del estator corresponde, en el caso de que no exista ninguna carga en la máquina eléctrica giratoria, a la posición angular del rotor (en el caso de una máquina síncrona) o a la posición del vector de flujo magnético (en el caso de una máquina asíncrona). El resultado después de la adición mencionada anteriormente del ángulo de corrección de las fases  $\Delta i_k$  al último ángulo calculado de las fases  $\alpha_{T2}$  o bien después de la sustracción del ángulo de corrección de las fases  $\Delta i_k$  del último ángulo calculado de las fases  $\alpha_{T2}$  es entonces la posición angular del rotor buscada. Depende del sentido de giro del rotor si resulta un ángulo diferencial mínimo negativo de las fases  $\Delta i_{\min}$ , y de acuerdo con ello se suma un ángulo de corrección de las fases  $\Delta i_k$ , o si resulta un ángulo diferencial mínimo positivo de las fases  $\Delta i_{\min}$  y de acuerdo con ello se resta un ángulo de corrección de las fases  $\Delta i_k$ . La determinación de la posición angular del rotor de la máquina eléctrica giratoria de acuerdo con el procedimiento de la invención es posible, por lo tanto, de manera ventajosa sin transmisor giratorio con todos sus inconvenientes, de manera que se consigue un procedimiento muy fácil de realizar y robusto para la determinación de la posición angular del rotor de una máquina eléctrica giratoria. Se ha revelado que es conveniente que los instantes de cortocircuito T0, T1, T2 estén equidistantes dentro de una revolución del rotor a la velocidad supuesta del rotor.

Como ya se ha mencionado anteriormente, en cada instante de cortocircuito T0, T1, T2 se calcula la amplitud  $\hat{i}_{ST0}$ ,  $\hat{i}_{ST1}$ ,  $\hat{i}_{ST2}$  de la corriente respectiva del estator  $i_{ST0}$ ,  $i_{ST1}$ ,  $i_{ST2}$ . Cada amplitud  $\hat{i}_{ST0}$ ,  $\hat{i}_{ST1}$ ,  $\hat{i}_{ST2}$  calculada se supervisa dentro de un periodo de tiempo de supervisión predeterminable con respecto a un valor umbral de la amplitud regulable. Además, a partir de los ángulos calculados de las fases  $\alpha_{T0}$ ,  $\alpha_{T1}$ ,  $\alpha_{T2}$  dentro de una revolución del rotor se forma un ángulo diferencial total de las fases  $\Delta i$ , en particular a través de la formación de la diferencia de los ángulos calculados de las fases  $\alpha_{T0}$ ,  $\alpha_{T1}$ ,  $\alpha_{T2}$ . El ángulo diferencial total de las fases  $\Delta i$  se supervisa entonces con respecto a un valor umbral del ángulo diferencial total calculado de las fases. Si la máquina gira realmente más lenta que la

- 5 velocidad supuesta, entonces esto se muestra porque no se alcanza el valor umbral de la amplitud ajustado o por que no se alcanza el valor umbral de ángulo diferencial total regulable de las fases. Por lo tanto, se reduce de manera ventajosa la velocidad supuesta del rotor en el caso de que no se alcance el valor umbral regulable de la amplitud o en el caso de que no se alcance el valor umbral del ángulo diferencial total regulable de las fases. Por medio de la reducción de la velocidad supuesta del rotor se puede determinar la posición angular del rotor entonces de nuevo de una manera correcta y unívoca de acuerdo con las etapas indicadas anteriormente.

## REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la determinación de la posición angular de rotor de una máquina eléctrica giratoria, cuya máquina presenta un conjunto de arrollamiento del estator y un conjunto de arrollamiento del rotor, en el que el conjunto de arrollamiento del estator es alimentado por una unidad de conversión correspondiente, y el conjunto de arrollamiento del rotor es cortocircuitado por medio de la unidad de conversión dentro de una revolución del rotor a una velocidad supuesta del rotor y en el instante del cortocircuito se calcula el ángulo de las fases de la corriente del estator, caracterizado porque el conjunto de arrollamiento del estator es cortocircuitado por medio de la unidad de conversión dentro de una revolución del rotor a una velocidad supuesta del rotor en al menos tres instantes de cortocircuito (T0, T1, T2) predeterminables, porque en cada instante de cortocircuito (T0, T1, T2), se calcula el ángulo de las fases (T0, T1, T2) de la corriente respectiva del estator ( $i_{ST0}$ ,  $i_{ST1}$ ,  $i_{ST2}$ ), porque a partir de los ángulos de las fases (T0, T1, T2) calculados en cada caso en dos instantes de cortocircuito más próximos en el tiempo entre sí, se forma un ángulo diferencial de las fases ( $i_1$ ,  $i_2$ ), porque el ángulo diferencial mínimo de las fases ( $i_{min}$ ) se calcula a partir de los ángulos diferenciales de las fases ( $i_1$ ,  $i_2$ ), y porque en el caso de un ángulo diferencial mínimo negativo de las fases ( $i_{m\grave{a}n}$ ), se suma un ángulo de corrección de las fases ( $i_K$ ) al último ángulo calculado de las fases y en el caso de un ángulo diferencial mínimo positivo de las fases ( $i_{min}$ ), se resta el ángulo de corrección de las fases ( $i_K$ ) del último ángulo calculado de las fases T2.
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el ángulo de corrección de las fases ( $\Delta i_k$ ) es  $\pi/2$ .
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque los instantes de cortocircuito (T0, T1, T2) dentro de una rotación del rotor a la velocidad supuesta del rotor están equidistantes.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque en cada instante de cortocircuito (T0, T1, T2) se calcula la amplitud ( $\hat{i}_{ST0}$ ,  $\hat{i}_{ST1}$ ,  $\hat{i}_{ST2}$ ) de la corriente respectiva del estator ( $i_{ST0}$ ,  $i_{ST1}$ ,  $i_{ST2}$ ), porque cada amplitud ( $\hat{i}_{ST0}$ ,  $\hat{i}_{ST1}$ ,  $\hat{i}_{ST2}$ ) calculada dentro de un instante de supervisión predeterminable es supervisada con respecto a un valor umbral regulable de la amplitud, porque a partir de los ángulos de las fases ( $\alpha_{T0}$ ,  $\alpha_{T1}$ ,  $\alpha_{T2}$ ) calculados dentro de una revolución del rotor, se forma un ángulo diferencial total de las fases ( $\Delta i$ ), porque el ángulo diferencial total de las fases ( $\Delta i$ ) es supervisado con respecto a un valor umbral del ángulo diferencial total de las fases regulable, porque en el caso de que no se alcance el valor umbral de la amplitud regulable o en el caso de que no se alcance el valor umbral del ángulo diferencial total de las fases regulable, se reduce la velocidad supuesta del rotor.

30

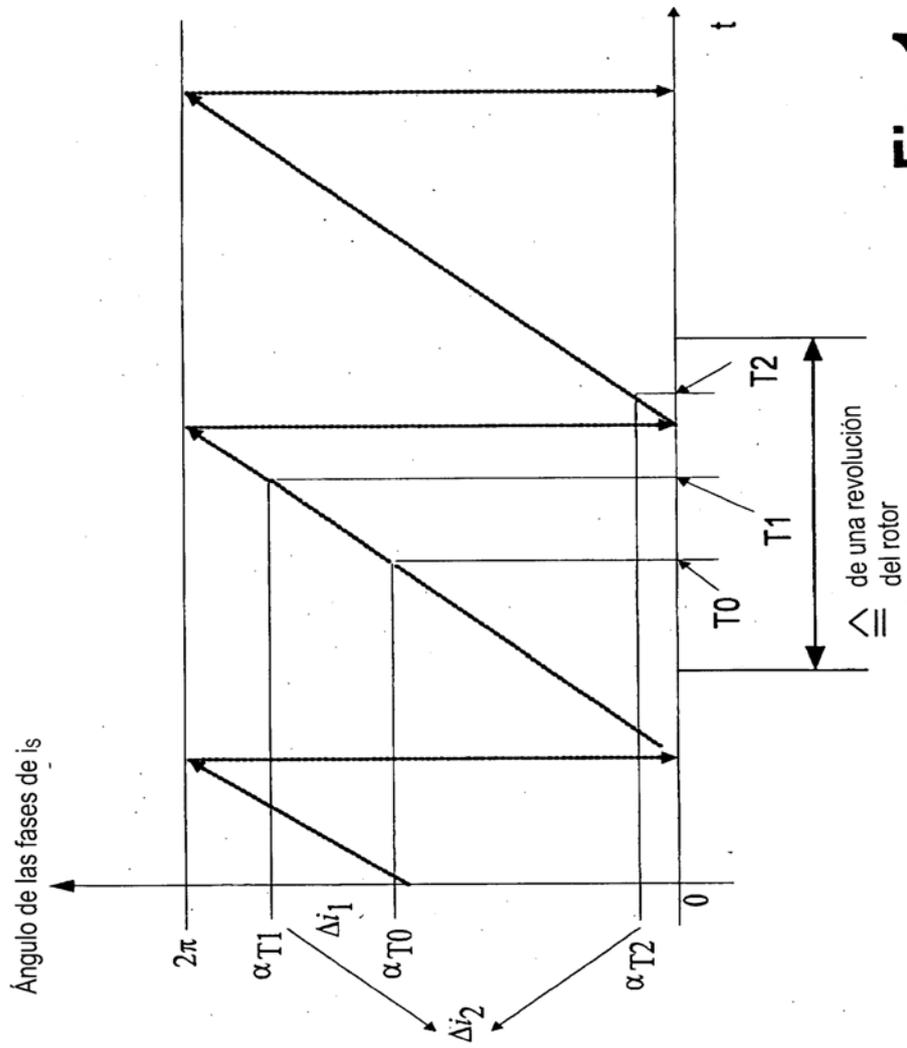


Fig. 1