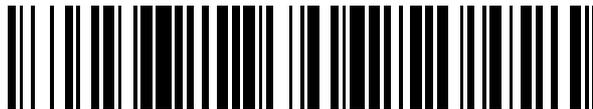


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 464**

51 Int. Cl.:
H02K 3/40 (2006.01)
H02K 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09170892 .5**
96 Fecha de presentación: **22.09.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2169808**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.03.2010**

54 Título: **BARRA ROEBEL PARA MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATORIAS.**

30 Prioridad:
29.09.2008 CH 15392008

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.12.2011

73 Titular/es:
**ALSTOM TECHNOLOGY LTD
BROWN BOVERI STRASSE 7
5400 BADEN, CH**

72 Inventor/es:
Baumann, Thomas

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 370 464 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

Barra Roebel para máquinas eléctricas rotatorias

Campo técnico

5 La presente invención se refiere al campo de las máquinas eléctricas. Se refiere a una máquina Roebel conforme al preámbulo de la reivindicación 1.

Estado de la técnica

10 Como conductores eléctricos de devanado de estator de máquinas eléctricas rotatorias, en especial turbogeneradores, se usan las llamadas barras Roebel como las que se conocen por ejemplo del documento EP-A1-0 778 648. En una barra Roebel de esta clase puede diferenciarse entre la parte de ranura, que está en contacto directo con la chapa de hierro de estator, y la parte de estribo curvada, que sobresale del estator y a través de la cual cada barra está unida a otras barras para formar un devanado (véase la figura 1 del documento antes citado). Las barras Roebel están dotadas de un aislamiento, para evitar un cortocircuito con la chapa de hierro de estator (parte de ranura) o con otras barras Roebel (parte de estribo).

15 Como protección contra efluvios, la superficie de este aislamiento está dotada normalmente en la parte de ranura (recta) de una capa conductora (conductividad superficial aproximada de 1.000 ohmios.cm/cm) y en la parte de estribo (curvada) de una capa semiconductor, la cual presentan de forma preferida una conductividad dependiente del campo (conductividad superficial $10^7 - 10^{12}$ ohmios.cm/cm). De forma correspondiente los dos revestimientos de protección contra efluvios reciben el nombre de protección contra efluvios de ranura (NGS) y protección contra efluvios de estribo (BGS).

20 Seguramente el punto más crítico del sistema de protección contra efluvios NGS/BGS es la transición entre NGS y BGS. Como consecuencia de la reducida resistencia de la NGS, ésta se encuentra hasta su extremo a potencial de tierra. Por el contrario, en el caso de la BGS de alta resistencia el acoplamiento capacitivo a través del aislamiento cobra importancia. Éste produce que el potencial superficial de la barra Roebel absorba el potencial del conductor eléctrico (U_L) conforme aumenta la distancia al extremo de la NGS. Por ello fluyen sobre la superficie corrientes compensadoras, las cuales son especialmente elevadas en la región de la transición NGS/BGS.

25 Esto puede explicarse fácilmente para el caso $R(BGS) = \infty$. En este caso el potencial superficial $U(x)$ en el punto x sobre el estribo viene dado por la relación entre la capacidad superficial (C_o) y la capacidad del aislamiento (C_{iso}). Así tenemos:

$$U(x) = U_L * f(C_o, C_{iso}) = U_L * C_o / (C_o + C_{iso})$$

30 en donde x designa la distancia al extremo de la NGS, el cual se da con $x = 0$. C_o es proporcional a $1/x$, mientras que C_{iso} es proporcional a ϵ/d (d = grosor de aislamiento) como en el condensador de placas habitual. Las figuras 1 y 2 muestran el desarrollo de $U(x)/U_L$ en unidades arbitrarias de x , en donde se ha elegido la relación de $C_o (x = 1)/C_{iso} = 0,1$ ("acoplamiento normal", curva b) ó $0,2$ ("acoplamiento fuerte", curva a). Las dos figuras se diferencian por una escala diferente del eje x .

35 En el caso de la resistencia dependiente del campo de la BGS la situación es similar, pero más complicada de describir (sobre esto véase J. Thienpont, T.H. Sie "Suppression of surface discharges in the stator windings of high voltage machines" en "conference internationale des grands réseaux électriques à haute tension", París, 1964).

40 El campo eléctrico $E = dU/dx$ tiene una intensidad máxima con $x = 0$. Sin embargo, esto significa también que allí aumenta la densidad de las corrientes de desplazamiento, j , y de este modo también las pérdidas de calor dieléctricas, que son proporcionales a $E*j$. Ésta es la causa de las mayores temperaturas en el extremo de NGS. Asimismo es desventajosa la propia intensidad de campo: ésta puede aumentar tanto que se produzcan descargas superficiales. Contra esto, aunque ayuda la protección contra efluvios, no lo hace hasta cualquier valor de tensión y acoplamiento capacitivo. El aumento de temperatura y las descargas pueden surgir en especial en las siguientes condiciones:

- 45
- Durante una prueba con U_{test} por encima de $2U_n$ para U_n por encima de 20 kV.
 - Durante una prueba con aislamientos con mayor acoplamiento dieléctrico (es decir, mayor C_{iso}). Un aislamiento de este tipo se presenta si por ejemplo se pretende conseguir un aislamiento con $E_n \geq 3,5$

ES 2 370 464 T3

kV/mm (el estándar es $E_n = 2,5 \text{ kV/mm} - 3,0 \text{ kV/mm}$). Un E_n en aumento significa, para $U_n = \text{constante}$, una reducción del grosor de aislamiento del 25-40% y un aumento correspondiente de C_{iso} . A esto hay que añadir un aumento de ϵ de aproximadamente el 50%, ya que la proporción de efluvios con $\epsilon = 9$ es mayor que en el aislamiento estándar.

5 Del documento US 3,975,653 se conoce una solución para impedir descargas de fuga y descargas parciales en los extremos de devanado de una máquina eléctrica rotatoria, en la que se prevén dos transiciones paralelas entre electrodo de masa (3) o electrodo de apantallamiento (6) y dos "electrical stress grading coated layers" (4, 7), para repartir las energías de pérdida que se producen en estas transiciones entre dos transiciones de este tipo en lugar de entre una. La estructura de capas necesaria para ello es relativamente complicada y de producción costosa.

10 Representación de la invención

La tarea de la invención consiste en crear una barra Roebel en la que se impidan con seguridad un calentamiento excesivo y la aparición de descargas en la región de la transición NGS/BGS.

15 La tarea es resuelta mediante la totalidad de las particularidades de la reivindicación 1. Para la invención es fundamental que para impedir un calentamiento excesivo y descargas en la región de transición entre la parte de ranura y la parte de estribo en esta región estén previstos medios para reducir el acoplamiento capacitivo, en donde por debajo y a ambos lados de la región de solape esté dispuesto un aislamiento suplementario que penetre en la parte de ranura y en la parte de estribo, el cual circunde exteriormente el aislamiento.

Conforme a una configuración de la invención, el aislamiento suplementario se diferencia del aislamiento en cuanto a los materiales usados y presenta por ejemplo una menor calidad de aislamiento.

20 Otra configuración de la invención está caracterizada porque el aislamiento contiene bandas de vidrio/mica impregnadas con resina y porque el aislamiento suplementario está estructurado con bandas de vidrio y/o tejidos de vidrio y/o géneros no tejidos de vidrio impregnados en resina.

25 Se obtienen resultados todavía más ventajosos si el aislamiento contiene bandas de vidrio/mica impregnadas con resina, y el aislamiento suplementario está estructurado con bandas y/o tejidos y/o géneros no tejidos impregnados con resina de fibras poliméricas.

Con ello es especialmente ventajoso si para impregnar las bandas y/o los tejidos y/o los géneros no tejidos se usa una resina con constante de dielectricidad en especial más baja, en especial un éster de cianato.

Sin embargo, también es concebible que el aislamiento suplementario se componga de polímeros poco polares con una constante de dielectricidad relativa de 2-4, es especial de la serie PTFE, PP, Kapton®, Mylar® y Nylon®.

30 En un caso así el material del aislamiento suplementario puede estar aplicado mediante zunchado, pulverización, inmersión, pegado, vulcanización o colada.

Explicación breve de las figuras

A continuación se explica con más detalle la invención con base en ejemplos de ejecución, con relación a los dibujos. Aquí muestran

35 la figura 1 la relación entre el potencial superficial y el potencial de conductor en la parte de estribo de una barra Roebel, en función de la distancia x al límite entre la protección contra efluvios de ranura (NGS) y la protección contra efluvios de estribo (BGS) para el caso de una resistencia infinita de la BGS y en el caso de acoplamiento "normal" o "fuerte";

la figura 2 la parte inicial de las curvas de la figura 1 con eje x extendido;

40 la figura 3 el corte longitudinal a través de la región de transición NGS/BGS de una barra Roebel, conforme a un ejemplo de ejecución de la invención; y

la figura 4 la sección transversal a través de la barra Roebel de la figura 3 en el límite entre NGS y BGS.

Formas de ejecución de la invención

45 Las figuras 3 y 4 muestran el corte longitudinal y la sección transversal a través de una barra Roebel 10 conforme a un ejemplo de ejecución de la invención, en la región de transición entre la parte de ranura (recta) NT y la parte de

5 estribo (curvada) BT. La barra Roebel 10 del ejemplo de ejecución comprende un conductor de Cu central 11 con sección transversal aproximadamente rectangular, que está circunda por un aislamiento 12 que se compone por ejemplo de bandas de vidrio/mica impregnadas con resina y arrolladas. En la parte de ranura NT el aislamiento 12 está cubierto por una capa conductora como protección contra efluvios de ranura 13. En la parte de estribo BT la superficie del aislamiento 12 está cubierta por una capa semiconductor como protección contra efluvios de estribo 14. En la región de transición la protección contra efluvios de estribo 14 se solapa con la protección contra efluvios de ranura 13 y forma una región de solape 16.

10 Por debajo y a ambos lados de la región de solape 16 o del límite 17 entre la NGS y la BGS está dispuesto un aislamiento suplementario 15, que penetra en la parte de ranura NT y en la parte de estribo BT, circunda exteriormente el aislamiento 12 y aumenta en grosor hacia los bordes.

El uso del aislamiento suplementario 15 es una medida preferida para lograr una reducción del acoplamiento capacitivo en la región BGS/NGS.

15 El aislamiento suplementario 15 forma localmente un engrosamiento del aislamiento 12 en la región de transición BGS/NGS. Este engrosamiento puede o bien implementarse en el proceso de producción de la barra Roebel o realizarse a posteriori. La calidad de este aislamiento suplementario 15 no tiene necesariamente que ser del mismo nivel que la del aislamiento en la parte de ranura NT, ya que ésta es capaz por sí misma de garantizar una protección suficiente contra la descarga disruptiva.

20 De forma preferida el aislamiento suplementario 15 o el engrosamiento no se compone de bandas de vidrio/mica impregnadas con resina, sino de bandas, tejidos o géneros de tejidos de vidrio impregnadas con resina, en donde como material base no se utiliza vidrio E sino vidrio de cuarzo. El vidrio de cuarzo tiene una permitividad $\epsilon = 3,9$, que es claramente inferior a la permitividad del vidrio E ($\epsilon = 6,2$) o de la mica ($\epsilon = 7-10$). Por medio de esto se reduce la permitividad total ϵ_{tot} del sistema aislamiento contra efluvios + aislamiento de vidrio.

25 Alternativamente al vidrio de cuarzo puede conseguirse una reducción ventajosa de ϵ_{tot} si las bandas/los tejidos/géneros no tejidos usados se componen de fibras poliméricas, por ejemplo PET, PEN, aramida, poliamida. Estos materiales presentan una $\epsilon = 3-4$.

Puede conseguirse una ϵ_{tot} todavía menor si para impregnar las bandas/los tejidos/géneros no tejidos del aislamiento suplementario 15, en lugar de las resinas de epóxido o poliéster habituales, se toma una resina con una ϵ especialmente reducida, por ejemplo éster de cianato con $\epsilon = 3$.

30 Puede obtenerse una ϵ_{tot} todavía inferior si el aislamiento suplementario 15, en lugar de bandas/tejidos/géneros no tejidos arrollados e impregnados, se compone por completo o mayoritariamente de polímeros poco polares con $\epsilon = 2-4$, por ejemplo PTFE, PP ($\epsilon = 2-2,2$), Kapton®, Mylar® y Nylon® ($\epsilon =$ aproximadamente 3). La elección de los materiales sintéticos no está limitada a estos ejemplos. En lugar de mediante arrollamiento e impregnación, los materiales de este tipo pueden aplicarse en parte también mediante otros procedimientos como zunchado, pulverización, inmersión, pegado, vulcanización, colada, etc., para crear el aislamiento suplementario 15.

35 A continuación se ofrece un ejemplo de la mejora que puede lograrse por medio de esto:

supongamos que la capacidad del aislamiento original viene dada por $\epsilon_{iso} = 6$, $d_{iso} = 4$ mm; y que la capacidad de la capa suplementaria tiene los valores correspondientes $\epsilon_{zu} = 3$, $d_{zu} = 4$ mm.

Entonces obtendríamos:

$$C_{iso} \sim 6/4 = 3/2 \quad C_{zu} \sim 3/4 \quad 1/C_{tot} \sim 2/3 + 4/3 = 2 \Rightarrow C_{tot} = 1/2.$$

40 Esto significa una reducción del acoplamiento capacitivo en un factor 3.

Lista de símbolos de referencia

10	Barra Roebel
11	Conductor de Cu
12	Aislamiento
13	Protección contra efluvios de ranura

14	Protección contra efluvios de estribo
15	Aislamiento suplementario
16	Región de solape
17	Limite NT/BT
$U(x)$	Potencial superficial
U_L	Potencial de conductor
C_o	Capacidad superficial
C_{iso}	Capacidad de aislamiento
NT	Parte de ranura
BT	Parte de estribo

REIVINDICACIONES

- 5 1. Barra Roebel (10) para máquinas eléctricas rotatorias, en especial para turbogeneradores, cuya barra Roebel comprende una parte de ranura (NT) que está insertada en la chapa de hierro de estator de la máquina, y una parte de estribo (BT) curvada que sobresale del estator y a través de la cual cada barra está unida a otras barras para formar un devanado, en donde la barra Roebel (10) presenta un conductor de Cu (11) circundado por un aislamiento (12), y la superficie del aislamiento (12) en la parte de ranura (NT) está dotada de una protección contra efluvios de ranura (13) en forma de una capa eléctricamente conductora y en la parte de estribo (BT) de una protección contra efluvios de estribo (14) en forma de una capa semiconductor, en donde para evitar un calentamiento excesivo y descargas en la región de transición entre la parte de ranura (NT) y la parte de estribo (BT), en la que la protección contra efluvios de estribo (14) se solapa con la protección contra efluvios de ranura (13) y configura una región de solape (16), están previstos medios (15) para reducir el acoplamiento capacitivo, caracterizada porque por debajo y a ambos lados de la región de solape (16) está dispuesto un aislamiento suplementario (15) que penetra en la parte de ranura (NT) y en la parte de estribo (BT), el cual circunda exteriormente el aislamiento (12) de forma directa y adyacente.
- 10
- 15 2. Barra Roebel según la reivindicación 1, caracterizada porque el aislamiento suplementario (15) se diferencia del aislamiento (12) en cuanto a los materiales usados, por ejemplo presenta una calidad de aislamiento diferente.
3. Barra Roebel según la reivindicación 2, caracterizada porque el aislamiento (12) contiene bandas de vidrio-mica impregnadas con resina, y porque el aislamiento suplementario (15) está estructurado con bandas y/o tejidos y/o géneros no tejidos de vidrio de cuarzo impregnados en resina.
- 20 4. Barra Roebel según la reivindicación 2, caracterizada porque el aislamiento (12) contiene bandas de vidrio-mica impregnadas con resina, y porque el aislamiento suplementario (15) está estructurado con bandas y/o tejidos y/o géneros no tejidos de fibras poliméricas impregnados en resina.
- 25 5. Barra Roebel según la reivindicación 3 ó 4, caracterizada porque para impregnar las bandas y/o los tejidos y/o los géneros no tejidos se usa una resina con constante de dielectricidad en especial más baja, en especial un éster de cianato.
6. Barra Roebel según la reivindicación 3, caracterizada porque el aislamiento suplementario (15) se compone de polímeros poco polares con una constante de dielectricidad relativa de 2-4, es especial de la serie PTFE, PP, Kapton®, Mylar® y Nylon®.
- 30 7. Barra Roebel según la reivindicación 6, caracterizada porque el material del aislamiento suplementario (15) está aplicado mediante zunchado, pulverización, inmersión, pegado, vulcanización o colada.

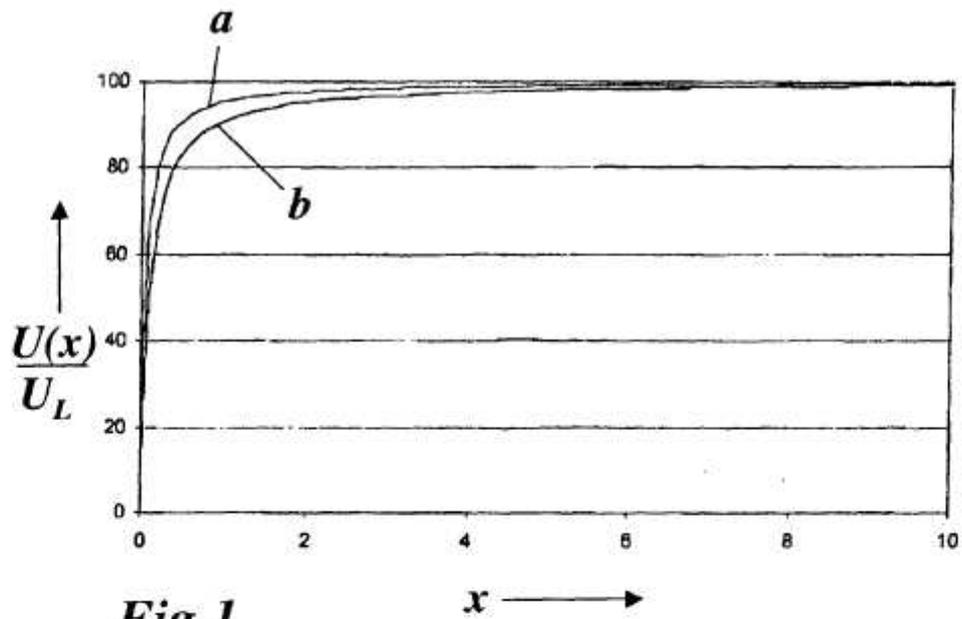


Fig.1

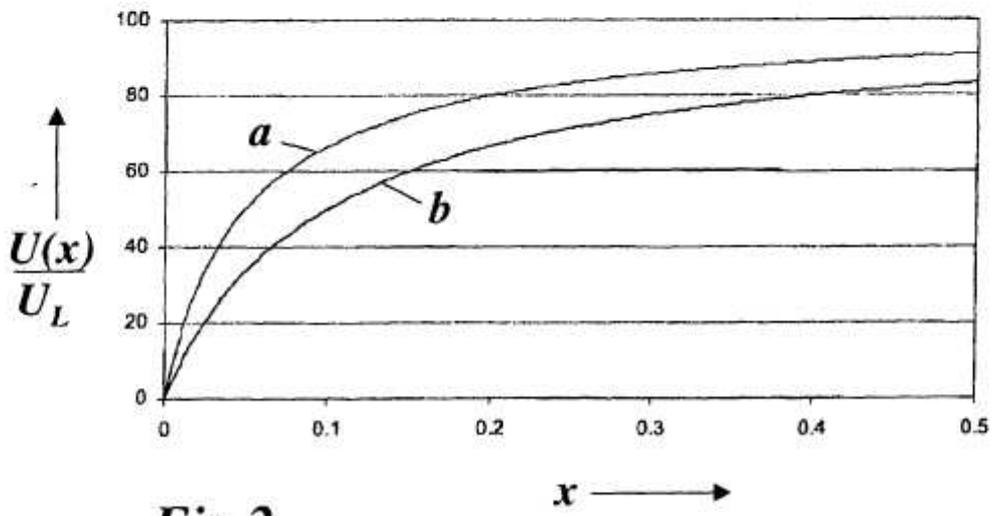


Fig.2

