



PATENTE DE INVENCION

Patente 140/74 E.

|                               |
|-------------------------------|
| Int. Cl. <sup>a</sup><br>H02K |
|-------------------------------|

## Memoria Descriptiva

sobre:

Perfeccionamientos en rotores de máquinas eléctricas.

-----

*Solicitante:* BBC AKTIENGESELLSCHAFT BROWN BOVERI & CIE, entidad suiza, residente en Baden, Suiza.

-----

La invención se refiere a un rotor de una máquina eléctrica, especialmente de construcción vertical, formando el cuerpo central y la corona polar del rotor dos anillos - concéntricos los cuales están unidos mediante una multiplicidad de radios dispuestos equidistantes en la periferia.

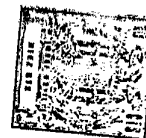
5.



Tales rotores se construyen especialmente para máquinas de marcha lenta con gran diámetro, por ejemplo accionamientos para molinos de cemento e generadores hidroeléctricos. La fijación de la corona polar en la estrella del rotor tiene que estar en situación de absorber tanto los momentos de giro surgidos durante el funcionamiento de la máquina eléctrica como también las fuerzas dirigidas radialmente que resultan del ensanchamiento de la corona a consecuencia de la sollicitud de la fuerza centrífuga por calentamiento. Se ha de pretender incluso que la corona no se levante de la estrella hasta por encima del número de revoluciones de servicio, a ser posible con el número de revoluciones de embalamiento.

Una primera fijación generalmente conocida es el ajuste por contracción y/o el enchavetado radial de la corona sobre la estrella dotada de brazos radiales. En esto pueden surgir fuerzas de contracción demasiado grandes entre ambos elementos, que bajo ciertas circunstancias exigen un refuerzo mecánico de ambos elementos; esto se da especialmente al tratarse de rotores de eje vertical en los cuales se solicita intensamente a compresión la estrella de la rueda debido a la contracción. Estos costosos métodos tienen además la desventaja de que las coronas polares no pueden desmontarse sin más de la estrella del rotor.

Otra conocida ejecución (CH-PS 537 656) prevé efectuar la fijación de la corona polar sobre la estrella de la rueda dotada de brazos radiales, con piezas de ajuste que por una parte están fijadas a los brazos y por otra parte entran sin holgura en ranuras de la corona. Estas piezas de ajuste transmiten las fuerzas dirigidas tangenciales procedentes del momento de giro. Con el fin de garantizar un contacto radial íntimo de



las piezas de ajuste, con todas las condiciones de funcionamiento, éstas presentan antes del desmontaje una sobremedida en dirección radial con el fin de lograr una pretensión que contrarreste la fuerza centrífuga. La corona dotada de las piezas de ajuste, se calienta, se encaja sobre la estrella y después del enfriamiento se sueldan las piezas de ajuste a los brazos. Una semejante disposición impide un levantamiento de la corona al ser excesivo el número de revoluciones, sin embargo debido al empleo de elementos elásticos, no se garantiza ni la forma circular ni la concentricidad del rotor, en especial al existir solicitud asimétrica.

A base de un rotor de molino de cemento se trata otro concepto de rotor. (US-PS 3.272.444). Los radios elásticos transcurren desde el cuerpo central a la corona polar, pero sin embargo pueden extenderse también radialmente, porque son elásticos. Como variación de esto los radios pueden sustituirse por arandelas, en tanto éstas sean suficientemente delgadas como para garantizar la necesaria elasticidad. Si el cuerpo soporte se ejecuta como arandela rígida, el cubo de la rueda debe ser de construcción elástica.

En todas las soluciones tratadas anteriormente las dilataciones relativas de los diferentes componentes se logran bien mediante elasticidad radial o mediante libertad de movimiento radial de los brazos. Especialmente al tratarse de máquinas grandes en la que los elementos de forma anular se conciben con alta elasticidad, los problemas se trasladan a la rigidez de los anillos y a la concentricidad, lo cual conduce a soluciones muy caras.

Debido a que los radios radiales del rotor se solicitan a flexión al transmitirse el momento de giro, el área de



sección transversal de los radios tiene que ser muy arqueada para poder absorber las fuerzas que surgen en las bornas del generador a un cortocircuito de choque.

5. La invención se fundamenta en el cometido de evitar las desventajas expuestas anteriormente y de crear una construcción rígida que pueda transmitir fuerzas axiales, radiales y tangenciales, posibilite una dilatación del anillo concéntrica tanto a solicitud simétrica como también a solicitud asimétrica, y en la que surgen sólo pequeñas fuerzas de dilatación.

10. El cometido se soluciona según la invención porque los radios son tangentes a la superficie lateral de un cilindro coaxial imaginario, cuyo diámetro es menor que el del anillo interior, porque los ejes imaginarios prolongados en línea recta más allá de ambos anillos, de dos radios contiguos en dirección periférica, solamente se cruzan dentro del anillo interior, y porque los radios son inelásticos en dirección longitudinal en toda la longitud eficaz, correspondientemente a la solicitud que actúa sobre ellos.

15. La ventaja de la invención ha de verse especialmente en que se posibilita una dilatación concéntrica completamente libre de todos los elementos, sin emplearse elementos elásticos radiales, como por ejemplo muelles. Esto condiciona construcciones constructivamente sencillas y más baratas, ya que además se elimina la fijación por contracción.

20. Si los radios están anclados articulados en al menos uno de los anillos, quedan eliminadas casi del todo las fuerzas de dilatación térmica y centrífugas que actúan de los radios a los anillos, con lo cual se ofrece una construcción más ligera de los últimos. Ya que los radios no se solicitan a flexión, puede dimensionarse también menor su sección transversal, lo



cual conduce a un considerable ahorro de material. Además una fijación articulada trae consigo considerables ventajas respecto a una fijación rígida en lo referente al montaje y desmontaje de los componentes.

5. Es conveniente que los radios sean regulables en longitud. Mediante ello pueden mantenerse pequeñas las excentricidades iniciales y puede ajustarse exactamente la forma circular de los elementos anulares.

10. Especialmente ventajosa es una disposición si uno de los anillos consta de una multiplicidad de segmentos unidos entre sí por articulaciones y que forma por consiguiente una especie de cadena. En especial al tratarse de máquinas de marcha muy lenta con gran número de polos, se tiene a mano con esto un medio de crear una zapata polar normalizada la cual es fabricable por consiguiente en serie y barata.

15. A continuación se aclara la invención en ejemplos de ejecución, a base de los dibujos adjuntos.

La figura 1, muestra una parte de una sección radial del cuerpo del rotor de una máquina eléctrica.

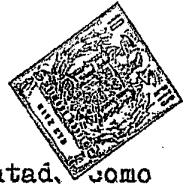
20. La figura 2, muestra una sección transversal parcial de la disposición de la figura 1,

La figura 3, muestra una representación esquemática de un rotor, para aclarar el funcionamiento de la invención,

25. La figura 4, muestra una parte de una sección radial del cuerpo del rotor de un accionamiento de molino de eje horizontal.

Los elementos iguales están dotados de las mismas cifras de referencia en las figuras.

30. El ejemplo de ejecución que se muestra en las figuras 1 y 2 es un rotor de corona en capas de una máquina de marcha



lenta de construcción vertical, el cual está ejecutada como construcción combinada de radios y arandelas. No están representados los elementos inesenciales para la invención, tales como las zapatas polares, los pernos de las capas, el árbol de la máquina y similares. El anillo interior concéntrico 1 se forma por un cuerpo de chapa que presenta preponderantemente a las arandelas 2 dispuestas en dos planos axialmente y están soldadas en cada caso en el contorno interior 6 al árbol de la máquina solamente indicado. El anillo exterior 3 se forma por la corona de capas la cual se estampa y se apila a partir de segmentos lo más largos posible que abarcan varias divisiones polares, tras lo cual se ensamblan los segmentos mediante pernos formando una corona completa. La corona y el cuerpo de chapa están unidos por medio de radios 4 los cuales constituyen tangentes a la superficie lateral de un cilindro 7 coaxial imaginario, cuyo diámetro es menor que el diámetro exterior del cuerpo de chapa. Los puntos de anclaje de los radios 4 en ambos anillos 1, 3 están ejecutados articulados, lo cual en el ejemplo mostrado está indicado por barras de articulación 5 empotradas en guías no mostradas. Los radios 4 mismos son placas que se extienden aproximadamente en toda la longitud axial del rotor, las cuales están soldadas con las varillas de articulación.

La manera de actuar de la invención se puede aclarar a base del esquema de la figura 3. Los dos anillos concéntricos y los radios están dotados de las mismas cifras de referencia que las partes correspondientes en las figuras 1 y 2. La prolongación de los radios 4 son tangentes del cilindro 7 indicado. Partiendo del centro del sistema 8,  $R_I$  es el radio del anillo 1,  $R_A$  el del anillo 3, ambos radios comprenden un ángulo



Se designa  $\alpha$  al ángulo comprendido entre  $R_A$  y el radio considerado, que presenta la longitud  $L$ . Para simplificar se introduce el ángulo  $\gamma$  el cual representa la suma aritmética de  $\alpha$  y  $\beta$ .

5. Considerese primeramente una dilatación  $\Delta L$  simétrica, condicionada por ejemplo por calor, de los radios 4. Este alargamiento se transforma en un giro relativo de ambos anillos 1, 3, lo cual puede expresarse del modo más ventajoso en una variación del ángulo  $\beta$ .

10.

$$\Delta \beta = \frac{\Delta L}{R_I \cdot \text{sen } \gamma}$$

Según el cometido se exige una dilatación del anillo lo más libre posible y concéntrica con todas las cargas. Al haber variaciones individuales o también combinadas de  $L$ ,  $R_I$  y  $R_A$  puede establecerse la siguiente relación válida en general:

15.

$$\Delta \beta = \frac{\Delta L}{R_I \cdot \text{sen } \gamma} + \frac{\Delta R_I}{R_I \cdot \text{tg } \gamma} - \frac{\Delta R_A \cdot \cos \alpha}{R_I \cdot \text{sen } \gamma}$$

20.

Esta relación es válida para cuando los radios 4, están anclados articulados en ambos lados. Al solicitarse simétricamente la figura es siempre concéntrica la dilatación o concentración de las partes anulares.

25.

Si los puntos de anclaje de ambos anillos se dotan de articulaciones, no pasan a los anillos 1, 3 ninguna de las fuerzas originadas por los radios 4. No obstante es posible una perfecta transmisión de los momentos de giro. Debido a que los radios se solicitan sólo a tracción y compresión, éstos necesitan dimensionarse solamente a estas fuerzas normales, las cuales se determinan del siguiente modo:

30.



$$F = \frac{M}{N \cdot \text{sen } \alpha \cdot R_A}$$

significando:

- 5. F = la fuerza normal que actúa sobre los distintos radios
- M = momento de giro a transmitir
- N = número de radios

$R_A$  y  $\text{sen } \alpha$  pueden extraerse de la figura 3.

- 10. La figura 4, muestra otro ejemplo de ejecución de la invención. Se trata del rotor de una máquina de rotor partido de eje horizontal, cuya construcción se da en especialmente en accionamientos de molinos de cemento. Durante el servicio tales rotores típicamente de marcha lenta están sometidos como es conocido menos a tensiones centrífugas que a fuerzas de dilatación térmica en parte asimétricas, más bien extremas. Estas
- 15. últimas pueden inducir en las coronas polares tensiones en medida tal que puede saltar la unión en el plano de corte. A causa del bajo número de revoluciones se alimentan por regla general a través de convertidores de frecuencia, con una corriente de frecuencia más baja ( $\sim 5$  hertzios) con el fin de mantener
- 20. en límites razonables el número de polos. En la figura 1 no se muestra el tambor; el anillo interior concéntrico 1' se forma por la brida del tambor que porta a la corona de capas mediante cuarenta radios 4' distribuidos en la periferia. Los
- 25. radios 4' están anclados tanto en la corona como también en la brida del tambor, en articulaciones 5', y sus prolongaciones constituyen tangentes a la superficie lateral de un cilindro 7 coaxial. Los radios 4 son barras redondas, no mostrándose que éstas son regulables en longitud, lo cual puede efectuarse por
- 30. ejemplo practicándose extremos roscados de paso a izquierdas y



- a derechas. Esta regulación en longitud posibilita reducir a un mínimo las excentricidades iniciales condicionadas por el montaje, y garantizar la exacta forma circular del rotor. La corona de capas dotada de veinte pares de polos, consta de cuarenta segmentos 10 unidos entre sí, mediante articulaciones 9, y forma según la invención el polígono exterior concéntrico 3. Una semejante disposición de la corona que puede designarse como rotor de cadena, forma en unión con la brida del tambor y los radios 4 anclados articulados al menos en la corona misma, una figura rígida; por una parte porque por las articulaciones no existe ninguna flexión en la corona y por otra parte porque las fuerzas y momentos que atacan en el rotor se descomponen en componentes que actúan en la dirección de los ejes de los radios y por consiguiente originan un giro relativo entre la corona y la brida del tambor. Esto es especialmente ventajoso para el fabricante del tambor que al dimensionarle no necesita ya tener en cuenta las fuerzas futuras que actúan desde el rotor sobre el tambor. Otra ventaja del rotor de cadena ha de verse en que a variaciones de geometría puede emplearse siempre el mismo tipo de polos, variando sólo el número de pares de polos y a través del convertidor se adapta con el número de revoluciones deseado la frecuencia necesaria a alimentar.

- Naturalmente la invención no está limitada a lo representado en el dibujo. Como variación de las uniones articuladas de los radios, éstas pueden ejecutarse también fijas, por ejemplo por atornillamiento o soldadura. A consecuencia del giro relativo de los anillos, los radios experimentan una ligera flexión y la variación angular  $\Delta \phi$  será algo menor que al tratarse de una disposición articulada. Ya que los radios a causa del peligro de pandeo presentan preferentemente una for-



ma de perfil con momento de inercia relativamente alto, los extremos pueden ejecutarse macizos, pero sin embargo tienen que presentar un momento de inercia lo menor posible en torno al eje de flexión. Así pues la flexión puede localizarse en los extremos de los radios. Una solución especialmente sencilla para estructurar flexibles estos extremos consiste en el empleo de perfiles huecos para los radios. En la longitud sustentadora eficaz los radios presentan una sección transversal de pared delgada con momento de inercia relativamente alto; en los puntos de anclaje se comprime el perfil hueco formándose un perfil plano, permaneciendo igual la sección transversal sustentadora y disminuyéndose sin embargo mucho el momento de inercia en torno al eje de flexión.

Los anillos según la indicación pueden ser de forma poligonal o circular, en tanto se hallan sobre un círculo los puntos de anclaje pertenecientes al anillo respectivo.

N O T A.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Suiza con fecha 19 de noviembre de 1.974, bajo el número 15352/74, accogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España sobre: PERFECCIONAMIENTOS EN ROTORES DE MAQUINAS ELECTRICAS; caracterizándose por lo siguiente:



- 1ª.- Perfeccionamientos en rotores de máquinas eléctricas, especialmente de construcción vertical, formando el cuerpo central y la corona polar del rotor dos anillos concéntricos los cuales están unidos mediante una multiplicidad de radios dispuestos equidistantes en la periferia, caracterizados porque los radios son tangentes de la superficie lateral de un cilindro coaxial imaginario, cuyo diámetro es menor que el del anillo interior concéntrico, porque los ejes imaginarios prolongados en línea recta más allá de ambos anillos, de dos radios contiguos en dirección periférica, solamente se cruzan dentro del anillo interior y porque los radios son inelásticos en dirección longitudinal sobre toda la longitud eficaz, correspondientemente a la sollicitud que actúa sobre ellos.
5. 2ª.- Perfeccionamientos, según la reivindicación 1, caracterizados porque los radios presentan puntos de anclaje articulados en al menos uno de los anillos.
10. 3ª.- Perfeccionamientos, según la reivindicación 1, caracterizados porque los radios son regulables en longitud.
15. 4ª.- Perfeccionamientos, según la reivindicación 1, caracterizados porque uno de los anillos consta de una multiplicidad de segmentos unidos entre sí mediante articulaciones.
20. 5ª.- Perfeccionamientos en rotores de máquinas eléctricas; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria y en los adjuntos dibujos.
- 25.



Esta Memoria, consta de doce hojas, escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

17 NOV. 1975

BBC AKTIENGESELLSCHAFT

BROWN BOVERI & CIE,

L. GOMEZ ACEBO Y MOUET

p. p. Firmado: L. Gomez Fernández

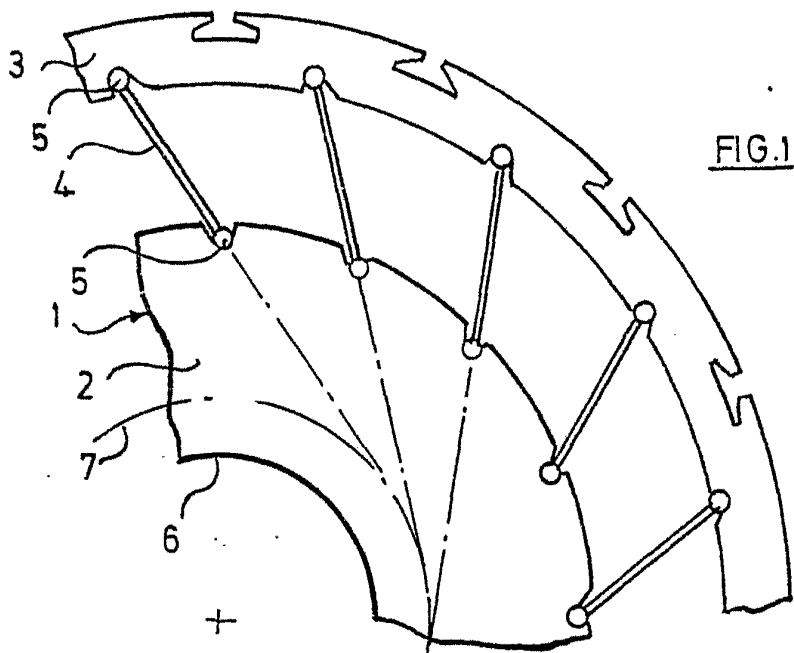


FIG. 1

ESCALA  
VARIABLE

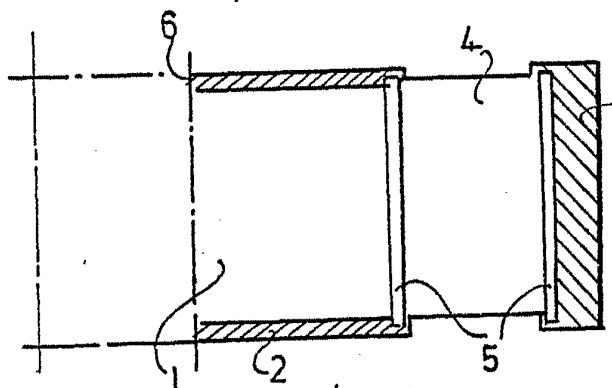


FIG. 2

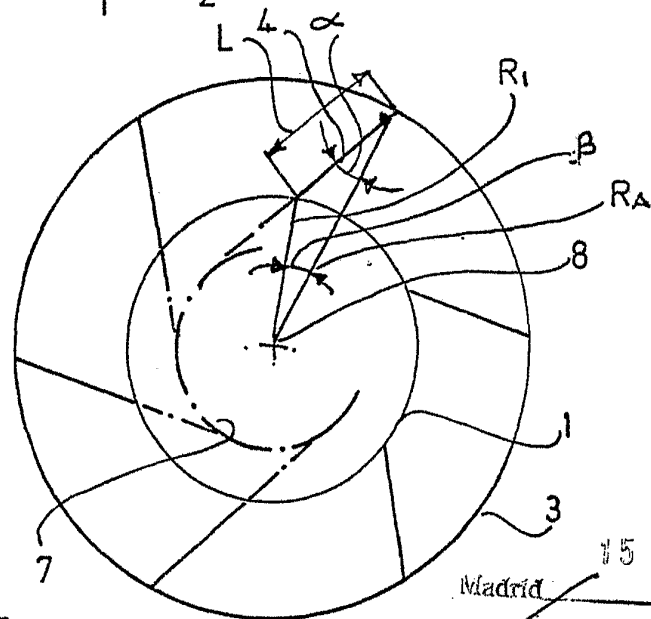


FIG. 3

ESCALA VARIABLE.

15 MAR. 1977

Madrid

QUINCY ARDRE & C<sup>IA</sup>

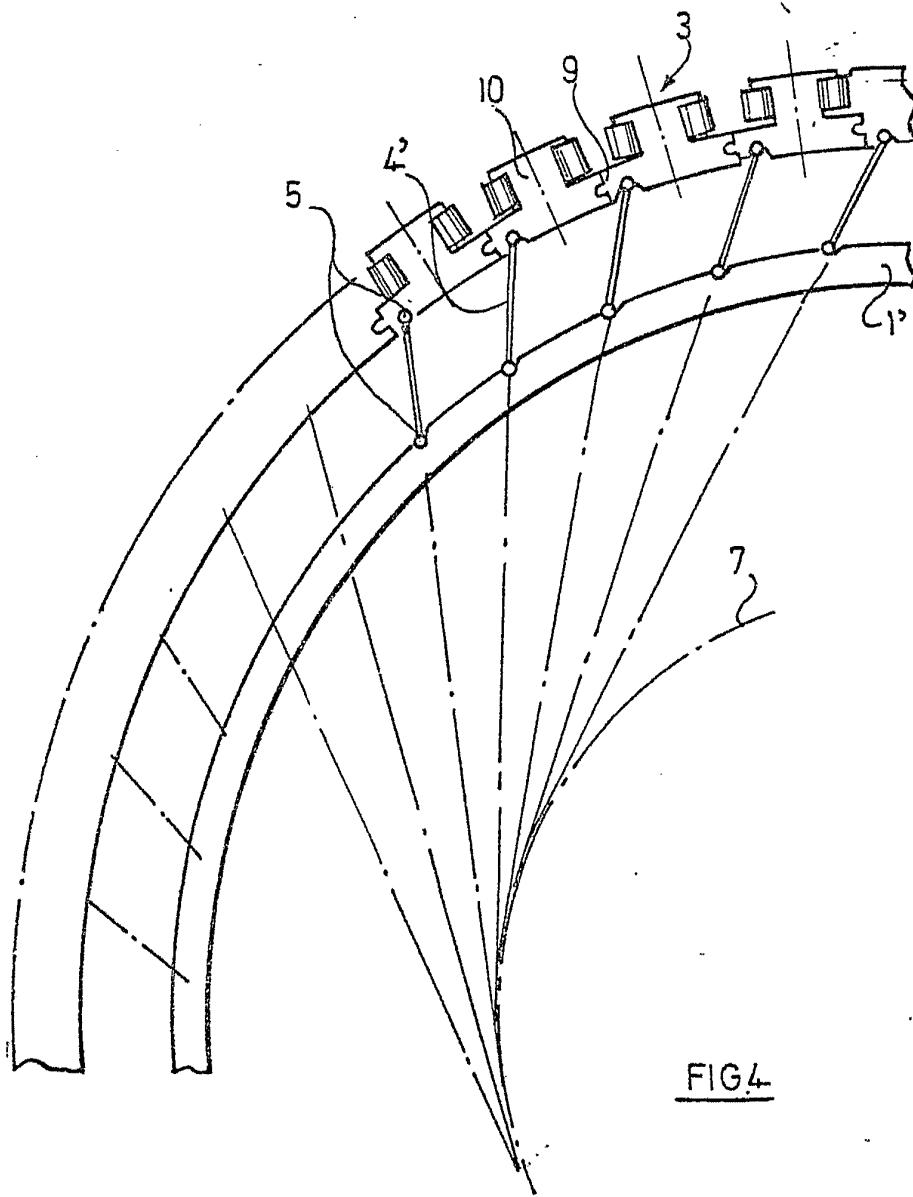


FIG. 4

ESCALA VARIABLE.

Madrid

1907  
BROWN BOVERI & CIE  
Ingenieros L. Guzmán y C.  
*[Signature]*