

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 582**

51 Int. Cl.:

H02M 7/02 (2006.01)

H02M 7/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2006 E 06793396 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.10.2014 EP 1929616**

54 Título: **Instalación de excitación para una máquina eléctrica**

30 Prioridad:

30.09.2005 DE 102005047551

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

27.11.2014

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

WEIGEL, JAN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 523 582 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

Instalación de excitación para una máquina eléctrica

La invención se refiere a una instalación de excitación para una máquina eléctrica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 de la patente. En particular, la máquina eléctrica es una máquina síncrona, que utiliza como arrollamiento de rueda polar con preferencia, por no exclusivamente, una inductividad supraconductor.

En máquinas eléctricas con parte secundaria (rotor) excitada y movida eléctricamente, como especialmente en máquinas síncronas (SM), se pueden reducir de manera más ventajosa a un mínimo las pérdidas del excitador a través de la realización del arrollamiento de excitador como arrollamiento supraconductor de alta temperatura (HTS = High Temperature Superconductor). Pero a tal fin es necesaria la refrigeración de los supraconductores a una zona de temperatura inferior a 80K, es decir, inferior a la temperatura de nitrógeno líquido.

En el caso de una formación con supraconductores, hay que evitar cada entrada de calor, a ser posible, a través de contactos mecánicos. Los contactos mecánicos, como anillos de fricción o similares, son costosos en virtud del mantenimiento necesario y, además, son propensos a desgaste. Por este motivo, la potencia del excitador, la información de supervisión y la información de regulación son transmitidas de manera más ventajosa sin contacto, es decir, por inducción sobre el rotor. Durante el funcionamiento de la máquina se requiere convertir la energía de desconexión durante la desmagnetización de los arrollamientos de campo en la máquina en calor.

Las instalaciones de excitación conocidas para un arrollamiento supraconductor están constituidos con preferencia por un trayecto de transmisión de energía sin contacto, por un recorrido de transmisión de señales de control o de señales de regulación sin contacto hacia una unidad de control y de regulación estacionaria, así como por un miembro de regulación para la impresión de una tensión y un circuito de marcha libre. El transmisor trabaja en este caso especialmente por inducción.

Con el documento EP 1 247 324 B1 se propone una transmisión de energía inductiva unidireccional, en la que está presente un "transmisor rotatorio" que está constituido por dos núcleos de cáscara con arrollamientos anulares y conducción de flujo axial como medios de funcionamiento inductivo. En este caso, los núcleos de cáscara se mueven uno hacia el otro alrededor del eje común.

Los medios de funcionamiento que trabajan por inducción se describen en detalle en la disertación: Albert Esser: "Berührungslose, kombinierte Energie- und Informationsübertragung für bewegliche Systeme" ISBN 3-86073-046-0; ISEA, RWTH Aachen 1992. Las explicaciones presentadas allí tienen como finalidad una transmisión de energía y de datos bidireccional sin contacto en articulaciones de robot.

Se conoce, además, a partir del documento DE 41 33 001 A1 una "transmisión fotoeléctrica" para la transmisión tanto de energía como también de datos. Mientras que la transmisión de energía posee una densidad de potencia deficiente, se pueden transmitir datos de manera insensible a interferencias y libres de potencial. Tales sistemas se pueden adquirir en el comercio. Una transmisión de energía unidireccional para la excitación de un arrollamiento supraconductor requiere para la desconexión una resistencia pasiva sobre el rotor refrigerado, que convierte la energía de excitación en calor, que debe ser disipado. Tanto la entrada de calor como también la excitación que se atenúa exponencialmente pasivamente no son en este caso deseables.

Se conoce a partir del documento US 6.362.588 B1 una instalación de excitación, con la que se regula la corriente de magnetización de una bobina supraconductor en un rotor criogénico de una máquina eléctrica. En este caso, se transmite la energía necesaria por inducción desde el estator sobre el rotor.

Se conoce a partir del documento DE 10237779 un circuito de excitación de arrollamiento del motor con un transformador y un circuito convertidor que puede ser accionado bidireccionalmente, que presenta al menos dos fases de transformador, que son accionadas desplazadas en el tiempo, para conseguir un consumo de potencia continuo desde una fuente de energía y una buena compatibilidad electromagnética.

Partiendo del último estado de la técnica, el cometido de la invención es crear una instalación de excitación mejorada para un arrollamiento utilizable en máquinas eléctricas.

El cometido se soluciona de acuerdo con la invención a través de las características de la reivindicación 1 de la patente. Los desarrollos ventajosos son objeto de las reivindicaciones dependientes.

La invención se refiere especialmente a una máquina síncrona con un arrollamiento de rueda polar supraconductor de material supraconductor de alta temperatura.

Con la invención se realiza especialmente una transmisión de energía bidireccional a través de un transmisor inductivo rotatorio. El transmisor inductivo está constituido en este caso de manera más ventajosa de núcleos de cáscaras y de un miembro de regulación de la tensión apropiado sobre el rotor.

Con la instalación de excitación de acuerdo con la invención se alimenta directamente una inductividad supraconductora. De manera más ventajosa, en este caso se puede imprimir en la inductividad supraconductora una tensión bipolar. Si esta tensión posee un valor constante, se puede excitar y desconectar, respectivamente, la inductividad supraconductora de manera lineal correspondiente.

5 De acuerdo con la invención, para el caso de la realimentación en el caso de fallo simultáneo de la tensión de la red, se posibilita la alimentación de la electrónica de control y, dado el caso, de otros aparatos eléctricos temporalmente a partir de la inductividad supraconductora. Por lo tanto, de manera más ventajosa, no es necesario un suministro de corriente (USV) separado libre de interrupción. Además, a través de la realimentación de la energía de excitación se puede evitar una entrada de calor no deseada en el sistema refrigerado durante la desmagnetización.

10 En la invención, el transmisor rotatorio, en virtud de un aprovechamiento empeorado, no necesita ser accionado en el circuito de punto medio. Para una buena densidad de potencia del transmisor inductivo se recomienda la transmisión con frecuencia media, en determinadas circunstancias, a ser posible resonante, de manera que los componentes son pequeños.

15 Por lo tanto, en general, a través de la invención es posible una excitación activa y también una desconexión de bobinas de rueda polar especialmente supraconductoras para una máquina síncrona eléctrica. En este caso no tiene lugar ninguna entrada de calor elevada en el sistema refrigerado. Adicionalmente, en el caso de fallo de la tensión de la red, resulta una función-USV.

20 Otros detalles y ventajas de la invención se deducen a partir de la descripción siguiente de las figuras de un ejemplo de realización con la ayuda del dibujo en combinación con las reivindicaciones de la patente. La figura única muestra la configuración del circuito de una instalación para la excitación y desconexión, respectivamente, bidireccional especialmente de una bobina supraconductora.

En la figura, el circuito está constituido, en particular, por un convertidor 2 siguiente formado por rectificador 3 siguiente y electrónica correspondiente. Además, está presente un transmisor inductivo 5, cuyo circuito equivalente se representa como transformador sin contacto en la ampliación A.

25 En el transmisor 5 se conecta en el lado secundario un circuito de excitación 6 con previsión o bien ajuste de la tensión para una inductividad. La inductividad está formada por una bobina de material supraconductor, en particular de material supraconductor de alta temperatura (HTS), que tiene una temperatura de salto comparativamente alta.

En la figura se designa la bobina supraconductora con valor de inductividad L_{SC} en general con 10. En paralelo con la bobina supraconductora 10 está conectado un circuito de marcha libre 11.

30 El circuito de marcha libre 11 está dispuesto en la proximidad inmediata del arrollamiento supraconductor 10 y es según la determinación de baja impedancia. Para el funcionamiento dinámico del campo de excitación es imprescindible un miembro de ajuste externo 7 para la preparación de una tensión bipolar en el arrollamiento supraconductor 10 en el caso de corriente de excitación unipolar. Si se produce durante la desmagnetización un fallo de la corriente en el lado primario de una instalación de excitación, entonces el arrollamiento HTS 10 debe conectarse en el circuito de marcha libre 11, puesto que la potencia de excitación no debe disiparse entonces en el lado primario. En otro caso, la potencia eléctrica debería convertirse en el estator de la máquina en calor.

35 La estructura concreta de la instalación de excitación descrita de esta manera da como resultado según la figura la combinación de los componentes respectivos designados según la norma, a los que se remite en particular. De esta manera, se definen una unidad para la transmisión bidireccional de la potencia y de la energía así como un miembro de ajuste para la impresión de la potencia bipolar en la inductividad supraconductora de la bobina 10.

40 Una conexión de la red estacionaria trifásica proporciona por medio de un rectificador estándar una tensión continua en la capacidad del circuito intermedio C1. La previsión de un flujo de potencia bidireccional requiere o bien un rectificador auto-guiado que imprime tensión o un puente de diodos sencillo guiado con la red con corte de freno para la conversión de la energía que puede ser realimentada por la inductividad supraconductora. En primer lugar se representa el flujo de potencia desde la conexión de la red hacia la inductividad supraconductora (de izquierda a derecha).

45 El inversor 3 y el recorrido de la transmisión con convertidores que imprimen tensión. El inversor (por ejemplo, con los IGBTs S1x, D1x) convierte la tensión continua en una tensión rectangular con frecuencia media f_s . El rectificador (S2x aquí MOSFETS con diodos de marcha libre intrínsecos) trabaja sobre un condensador de tensión continua C2. El empleo de MOSFETS en el lado secundario es con preferencia adecuado con una tensión U2 comparativamente baja.

50 En la forma de realización representada en la figura 1 existen las siguientes capacidades de resonancia C1r y C2r:

$$C1r = \frac{1}{4\pi^2 \cdot f_s^2 \cdot L_{\sigma 1}}; \quad (1)$$

$$C2r = \frac{1}{4\pi^2 \cdot f_s^2 \cdot L_{\sigma 2}} \cdot \left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2 \quad (2)$$

Resulta una corriente de forma sinusoidal en el circuito intermedio de corriente alterna, siendo compensadas las caídas de la tensión inductiva sobre las inductividades de dispersión $L_{\sigma x}$. La capacidad de resonancia se puede aplicar también sólo en un lado, de manera que para la ecuación (1) se aplica:

$$C1r = \frac{1}{8_4^2 \cdot f_s^2 \cdot L_{\sigma 1}} \quad (1a)$$

5 La tensión $U_{C2} \approx U_{C1} \cdot \frac{w_2}{w_1}$ sobre C2 resulta con las caídas de la tensión óhmica sobre los arrollamientos del transformador y en los semiconductores de potencia un poco menos que la tensión U_{C1} convertida con la relación de multiplicación en el lado secundario. Pero las pérdidas que aparecen sirven también para la amortiguación del sistema en el caso de saltos de la carga en la capacidad C2.

10 La selección de la capacidad C2 adecuada con respecto a la amortiguación correcta se indica en la disertación citada al principio. El rectificador respectivo es siempre pasivo, los conmutadores de potencia (IGBT o diodos) correspondientes son bloqueados de manera correspondiente por el control del ciclo.

15 En el rectificador, los diodos conducen la corriente y son conmutados naturalmente. El inversor conecta los IGBTs sin corriente y los desconecta. Sin embargo, entonces sólo debe conmutarse la corriente de magnetización triangular pequeña sobre los diodos.

En el caso de flujo de potencia invertido, el rectificador y el inversor cambian los papeles. El control del ciclo estacionario de orden superior controla la excitación o desconexión o la marcha libre de la corriente del excitador así como el miembro de ajuste de la tensión rotatorio sobre el control de U_{Lsc} .

20 Como miembro de ajuste de la tensión trabajan S5-S7 con los diodos Dr1 y el Bodydiode Dfr de S7. Si S5 y S6 están conectados, S7 está desconectado, entonces se desconecta el arrollamiento-HTS con la tensión $-U_{C2}$. Si se desconecta S5, entonces el diodo Dfr asume la corriente de marcha libre. Su tensión de flujo se reduce, conectando el MOSFET S7 en el tercer cuadrante de su curva característica de control y asumiendo de esta manera esencialmente la corriente de marcha libre. Si se desconecta S6, entonces en L_{sc} está la tensión $-U_{C2}$. Por lo tanto, de desconecta el arrollamiento HTS 10.

25 Durante la excitación y la desconexión de la inductividad-HTS es esencial que la transmisión de energía sin contacto permita de la misma manera el flujo de potencia correspondiente, lo que se asegura por el control del ciclo con la electrónica de potencia. Si la corriente de excitación alcanza un valor teórico determinado, entonces se conmuta al circuito de marcha libre hasta que se queda por debajo de un cierto límite y debe recargarse de nuevo en el estado de excitación.

30 La disposición descrita es especialmente adecuada para la alimentación de una inductividad-HTS rotatoria grande, cuya corriente de magnetización es controlada de forma estacionaria con dinámica de regulación/control baja. En particular, el control del ciclo posee el conocimiento sobre la dirección del flujo de potencia, de manera que no es necesaria ninguna sincronización del inversor y del rectificador como en el estado de la técnica mencionado al principio. El rectificador respectivo está siempre pasivo, los conmutadores de potencia (IGBT o diodos) son bloqueados de manera correspondiente por el control del ciclo.

35 Si falla la tensión de la red durante la desconexión, debe pasarse al circuito de marcha libre, puesto que no se puede ceder la potencia sin cortador de freno y de este modo la tensión del circuito intermedio en el convertidor del lado de la red puede adoptar valores peligrosamente altos. De manera correspondiente, el control del ciclo no puede fallar en el caso de fallo de la red. Una recarga de la tensión U_{C1} , dado el caso necesaria, desde el arrollamiento-HTS garantiza una tensión de alimentación suficiente. De acuerdo con el contenido de energía del arrollamiento-HTS, se pueden alimentar también otros componentes desde U_{C1} para desconectarlos de manera controlada en el caso de fallo de la red (USV).

40 Para la transmisión de datos sin contacto de los valores de medición de la corriente de excitación y de la información de control de los convertidores secundarios se pueden emplear sistemas ópticos, inductivos o capacitivos. Una

ventana especial del sistema descrito es que la excitación y la desconexión se pueden realizar de manera controlada en los circuitos de corriente descritos. De esta manera, para la desconexión no es necesario utilizar ninguna fuente de energía separada.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Instalación de excitación para máquinas eléctricas formadas por estator y rotor con arrollamiento de rueda polar, en la que a través de un transmisor inductivo (5) se realiza una transmisión de energía inductiva sobre el arrollamiento (10) y está presente una electrónica de potencia (2) correspondiente, que está diseñada para una transmisión bidireccional de la potencia o bien de la energía, en la que el arrollamiento de rueda polar sobre el rotor es una inductividad supraconductora (10) formada por un arrollamiento de material supraconductor de alta temperatura (HTS), en la que en el caso de una realimentación y fallo simultáneo de la tensión de la red, la electrónica de potencia es alimentada desde la inductividad supraconductora (10).
- 10 2.- Instalación de excitación de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque en la inductividad supraconductora (10) se puede imprimir una tensión bipolar (U_{LSC}).
- 15 3.- Instalación de excitación de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque otros aparatos eléctricos se pueden alimentar desde la inductividad supraconductora (10).
- 4.- Instalación de excitación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque para una buena densidad de la potencia del transmisor inductivo (5) se realiza la transmisión con frecuencia media, con preferencia en sintonía resonante.

