

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 965 340**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 9/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2020** **E 20165306 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2023** **EP 3719302**

54 Título: **Sistema y procedimiento de control por rampa automático y vertido de energía para un generador de turbina eólica superconductora**

30 Prioridad:

03.04.2019 US 201916373921

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

12.04.2024

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA,
S.L. (100.0%)
Calle Roc Boronat 78
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**WU, ANBO;
PARIZH, MICHAEL;
STAUTNER, ERNST WOLFGANG;
XU, MINFENG y
BRAY, JAMES WILLIAM**

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 965 340 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

Sistema y procedimiento de control por rampa automático y vertido de energía para un generador de turbina eólica superconductora

5

Campo

[0001] La presente divulgación se refiere en general a máquinas superconductoras, tales como generadores de turbinas eólicas superconductoras, y más en particular a capacidades de control por rampa automático y vertido de energía para dichas máquinas.

10

Antecedentes

[0002] En general, los generadores superconductores se fabrican construyendo las bobinas de campo del generador (que típicamente transportan una corriente sustancialmente continua) de un material superconductor ("superconductor") en lugar del material de cobre habitual. Los superconductores son típicamente de peso más ligero y de tamaño más pequeño (por ejemplo, en relación con la capacidad de transporte de corriente) que los conductores tradicionales tales como el cobre, y también son más eficientes para conducir la corriente (en particular a menores frecuencias). Por tanto, el uso de superconductores en aplicaciones de potencia, tales como generadores de turbinas eólicas, proporciona beneficios tales como un rendimiento más eficiente, un menor peso del generador, una operación de accionamiento directo sin multiplicadora y menores costes de fabricación e instalación. Dichos beneficios son en particular para aplicaciones de turbinas eólicas marinas.

15

20

[0003] Los circuitos de protección están configurados con los generadores superconductores para proteger el imán superconductor de daños que de otro modo se podrían producir durante una extinción magnética ("quench"). Una extinción magnética se produce cuando un superconductor vuelve a un estado resistivo como resultado de un calentamiento localizado en una parte del superconductor. Cuando esta parte deja de ser superconductora y entra en un estado resistivo, cualquier corriente que fluya a través de la parte resistiva provocará un calentamiento local (Joule). Esto, a su vez, provoca que las partes contiguas del superconductor se extingan magnéticamente rápidamente, lo que da como resultado un volumen resistivo mayor, lo que a su vez provoca calentamiento adicional. Por tanto, en una rápida sucesión en cadena, el superconductor entra en un estado resistivo, con una corriente potencialmente muy grande todavía fluyendo.

25

30

[0004] Para grandes generadores de turbinas eólicas superconductores (por ejemplo, de más de 10 MW), las bobinas de campo pueden retener aproximadamente 30 MJ-50 MJ de energía almacenada. Si se produce una extinción magnética y la energía se convierte en calor en las bobinas, puede llevar una cantidad significativa de tiempo enfriar las bobinas con el sistema refrigerador criogénico, en algunos casos hasta 3-4 semanas, antes de que se pueda reiniciar el generador. Este es un período de tiempo de inactividad significativo que afecta la economía del generador de turbina eólica.

35

40

[0005] Es conocida la conveniencia de desenergizar el imán superconductor (bobinas de campo) de un generador superconductor u otra máquina antes de que se produzca una extinción magnética, por ejemplo, para mantenimiento o antes de una interrupción u otra condición que podría provocar una extinción magnética. Se implementa un proceso de "disminución por rampa" en el que la corriente se extrae de las bobinas de manera controlada y se vierte como calor fuera del recipiente de vacío de imán y del sistema refrigerador criogénico. Por ejemplo, la patente de EE.UU. n.º 9.874.618 describe un sistema de control para un imán superconductor en una máquina de MRI que controla automáticamente la fuente de alimentación principal, una fuente de alimentación de compensación y un módulo de descarga para disminuir por rampa el imán superconductor antes de una extinción magnética tras la detección de un valor de parámetro de imán que supera un valor de umbral. El módulo de descarga incluye una pila de diodos y una resistencia que actúan como cargas para extraer corriente del imán.

45

50

[0006] De forma similar, la patente de EE. UU. n.º 9.985.426 también describe un sistema de control para una máquina de MRI en el que un sensor detecta un parámetro operativo del aparato y emite una señal de sensor a un controlador de imán, que determina si existe una falla operativa (por ejemplo, una pérdida de potencia en el compresor de un refrigerador criogénico) en el aparato. Si se detecta una falla, el controlador conecta una unidad de vertido de energía a través de las bobinas superconductoras, lo que dispersa la energía de las bobinas fuera del criostato.

55

[0007] El documento US2014/185165A1 describe un sistema de bobina superconductora y procedimientos para ensamblar el mismo.

60

[0008] La industria agradecería un sistema de disminución por rampa automática en particular adecuado para generadores de turbinas eólicas superconductores, que pueda verter la gran cantidad de energía almacenada en las bobinas de campo antes de una extinción magnética y reducir el tiempo de inactividad del generador de semanas a unos pocos días.

65

Breve descripción

[0009] Los aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden ser obvios a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención.

5 **[0010]** De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, se proporcionan un sistema y procedimiento de disminución por rampa automática para máquinas superconductoras. La invención puede tener utilidad para toda clase de máquinas superconductoras, tales como generadores/motores superconductores para propulsión de barcos, hidrobombillas, etc. Se pretende que la invención englobe dichos usos y no se limite a ningún tipo particular de máquina superconductora.

15 **[0011]** En un modo de realización particular de la invención, se proporciona un sistema generador de potencia de turbina eólica que incluye una torre, un buje con una pluralidad de palas conectadas al mismo y un rotor conectado al buje. Un generador superconductor está acoplado al rotor e incluye una pluralidad de bobinas superconductoras. Una góndola está montada encima de la torre, en la que el generador superconductor (y los sistemas asociados) se alojan dentro de la góndola. Un sistema de disminución por rampa automática está configurado con las bobinas superconductoras e incluye una rama o circuito de vertido de energía activado automáticamente que extrae corriente de las bobinas superconductoras en un proceso de disminución por rampa antes de una extinción magnética. El circuito de vertido de energía incluye una o más cargas disipadoras de calor que están montadas en comunicación térmica con la torre o la góndola. La torre y la góndola proporcionan una gran masa térmica que puede actuar como un disipador térmico para dispersar el calor de las cargas.

25 **[0012]** En un modo de realización particular, las cargas disipadoras de calor pueden incluir uno cualquiera o una combinación de una carga resistiva o banco de diodos. La carga resistiva puede ser variable, por ejemplo, un reóstato variable.

30 **[0013]** El circuito de vertido de energía puede incluir una pluralidad de cargas disipadoras de calor separadas que se activan o varían selectivamente de modo que se pueda variar la capacidad total de vertido de energía del circuito de vertido de energía para controlar el ritmo de disminución por rampa. Por ejemplo, las cargas disipadoras de calor pueden incluir múltiples bancos de diodos que se activan por separado (es decir, puestos en línea) en la ruta de vertido de energía, o uno o más reóstatos variables, o una combinación de los dos.

35 **[0014]** El sistema de disminución por rampa puede incluir un sistema de control configurado con un sensor que detecta un parámetro indicativo de una potencial extinción magnética. Las extinciones magnéticas se provocan por diversas condiciones externas y operativas internas. El parámetro monitorizado puede ser uno cualquiera o una combinación de características mensurables o detectables que indiquen que una extinción magnética es inminente en un determinado valor de la característica. Por ejemplo, se pueden configurar uno o más de los sensores para monitorizar diversas condiciones internas del generador superconductor, tales como temperatura del imán/bobina, corriente, estado/mal funcionamiento del refrigerador criogénico, etc., y para transmitir señales que representan los parámetros monitorizados a un controlador que inicia una disminución por rampa automática cuando el parámetro monitorizado supera un valor de umbral almacenado. También se pueden configurar uno o más sensores para monitorizar parámetros externos indicativos de una potencial extinción magnética, tales como fallas de red, estado de potencia, estado operativo del generador, etc., en los que el controlador puede iniciar una disminución por rampa automática cuando el parámetro externo monitorizado supera un valor de umbral almacenado.

45 **[0015]** El sistema de control puede accionar automáticamente un conmutador o disyuntor para poner en funcionamiento el circuito de vertido de energía tras detectar que el parámetro monitorizado ha superado el valor definido.

50 **[0016]** En un determinado modo de realización, se usan cables retráctiles para conectar electrónicamente el circuito de vertido de energía a las bobinas superconductoras, en el que el sistema de control está configurado para accionar los cables tras superar el parámetro el valor definido.

55 **[0017]** De forma alternativa, cables fijos pueden conectar eléctricamente las bobinas superconductoras a una fuente de alimentación principal. El circuito de vertido de energía puede incluir un disyuntor de línea en comunicación con el sistema de control que se puede cerrar automáticamente por el sistema de control tras superar el parámetro el valor definido.

60 **[0018]** La presente divulgación también engloba un procedimiento para la disminución por rampa automática de bobinas superconductoras en un sistema generador de potencia de turbina eólica superconductor. El procedimiento incluye detectar un parámetro interno o externo que es indicativo de una potencial extinción magnética, como se analiza anteriormente. Cuando el parámetro supera un valor definido antes de una extinción magnética real, se inicia automáticamente una disminución por rampa de las bobinas superconductoras conectando eléctricamente un circuito de vertido de energía a las bobinas superconductoras para extraer corriente de las bobinas superconductoras. Una o más cargas disipadoras de calor están configuradas en el circuito de vertido de energía en comunicación térmica con una o ambas de la torre o góndola de turbina eólica, con lo que la torre o la góndola actúa

como un gran disipador térmico para dispersar el calor de las cargas. Los componentes estructurales metálicos (por ejemplo, de aluminio en particular) de la torre y la góndola son en particular muy adecuados como disipadores térmicos.

5 **[0019]** El procedimiento puede incluir configurar las cargas disipadoras de calor como uno cualquiera o una combinación de una carga resistiva o banco de diodos.

10 **[0020]** El procedimiento también puede incluir cambiar la capacidad de cargas disipadoras de calor individuales o el número de cargas disipadoras de calor para variar la capacidad total de vertido de energía del circuito de vertido de energía para controlar un ritmo de disminución por rampa. Por ejemplo, las cargas disipadoras de calor pueden incluir uno o más resistores variables o uno o más bancos de diodos que se activan selectivamente (es decir, se ponen en funcionamiento) en el circuito de vertido de energía.

15 **[0021]** La presente divulgación también engloba un modo de realización no reivindicado de un sistema generador de potencia de turbina eólica en el que el circuito de vertido de energía incluye un módulo de carga que usa la corriente extraída de las bobinas superconductoras como fuente de carga para una batería usada en el sistema generador de potencia de turbina eólica. Este modo de realización puede incluir además una o más cargas disipadoras de calor configuradas en el circuito de vertido de energía. Estas cargas se pueden montar, además, en comunicación térmica con una de la torre o la góndola que actúa como disipador térmico para dispersar el calor de las cargas.

20 **[0022]** En el modo de realización anterior, puede ser deseable que una o más de las cargas disipadoras de calor se activen o varíen selectivamente dentro del circuito de vertido de energía de modo que un ritmo de carga del módulo de carga sea variable.

25 **[0023]** El procedimiento y sistema de la presente invención también son muy adecuados para un proceso de aumento por rampa automático una vez que el imán/las bobinas superconductoras se han enfriado. Este proceso puede incluir monitorizar la temperatura de las bobinas superconductoras hasta que se logre una temperatura de aumento por rampa aceptable; asegurar un nivel suficiente de criógeno líquido y el funcionamiento apropiado del refrigerador criogénico; y una revisión del circuito eléctrico. Si todas las condiciones son satisfactorias, a continuación el sistema de control puede activar automáticamente los cables de corriente retráctiles (si se utilizan en el sistema) para conectar las bobinas superconductoras a la fuente de alimentación externa mientras se abre el conmutador principal y se enciende el calentador del conmutador principal.

30 **[0024]** La fuente de alimentación externa se puede a continuación activar para suministrar potencia de aumento por rampa. A medida que las bobinas superconductoras se aumentan por rampa, la temperatura del conmutador principal y las bobinas superconductoras se puede monitorizar como una entrada para el control de voltaje de rampa.

35 **[0025]** Después de que el imán/las bobinas superconductoras se hayan aumentado por rampa hasta alcanzar la corriente máxima, el voltaje de aumento por rampa se reduce y el conmutador principal se enfría hasta que alcanza un estado superconductor, momento en el que el conmutador principal es persistente y la corriente de la bobina superconductora fluye a través del conmutador principal. A continuación, se apaga la fuente de alimentación externa y se pueden desconectar los cables de corriente (retráctiles).

40 **[0026]** Estos y otros rasgos característicos, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de la presente memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la invención y, conjuntamente con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención.

45 **Breve descripción de los dibujos**

50 **[0027]** Una divulgación completa y suficiente de la presente invención, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida a un experto en la técnica, se expone en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica con un generador superconductor de acuerdo con la presente divulgación;

60 la FIG. 2 es una vista en sección transversal de un generador de turbina eólica superconductor ejemplar;

la FIG. 3 es una vista esquemática de un sistema de disminución por rampa automática para un generador de turbina eólica superconductor de acuerdo con aspectos de la invención;

65 la FIG. 4 es una vista esquemática de un modo de realización diferente de un sistema de disminución por rampa automática para un generador de turbina eólica superconductor; y

la FIG. 5 es una vista esquemática de aún otro modo de realización de un sistema de disminución por rampa automática para un generador de turbina eólica superconductor de acuerdo con aspectos de la invención.

5 **Descripción detallada**

10 **[0028]** Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, ilustrándose uno o más de sus ejemplos en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, resultará evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención.

15 **[0029]** Como se menciona, la presente divulgación engloba el sistema y procedimiento de disminución por rampa automática utilizados con cualquier clase de máquina superconductora, y no se limita a generadores superconductores. Para fines de explicación, el presente sistema y procedimiento se describen en el presente documento con referencia a un generador superconductor en general, y más en particular a un generador superconductor de turbina eólica.

20 **[0030]** En referencia ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de un sistema generador de potencia de turbina eólica 10. Como se muestra, el sistema generador de potencia de turbina eólica 10 incluye en general una torre 12 que se extiende desde una superficie de soporte 14, una góndola 16 montada en la torre 12 y un rotor 18 acoplado a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje rotatorio 20 y al menos una pala de rotor 22 (se muestran tres) acoplada a y que se extiende hacia afuera desde el buje 20. Cada pala de rotor 22 se puede espaciar alrededor del buje 20 para facilitar la rotación del rotor 18 para posibilitar que la energía cinética se transfiera del viento para convertirse en energía mecánica utilizable y, posteriormente, energía eléctrica. Para este propósito, el rotor 18 se acopla a un generador 24 por medio de un eje 26. Solo como ejemplo, el generador 24 puede ser un generador superconductor de accionamiento directo.

30 **[0031]** La FIG. 2 ilustra una vista en sección transversal de un generador superconductor 24 ejemplar de la FIG. 1. Como se representa, el generador 24 incluye un componente concéntrico exterior 204, que puede ser el estator, y un componente concéntrico interior 206, que puede ser el rotor (por ejemplo, en una configuración de rotor interno). Sin embargo, en otros modos de realización, el componente exterior 204 puede ser un rotor del generador 24, y el componente interior 206 puede ser un estator del generador 24 (por ejemplo, en una configuración de rotor externo). Se define un espacio (o "espacio de aire") 205 entre el componente exterior 204 y el componente interior 206 que permite el movimiento (por ejemplo, la rotación) entre ellos.

35 **[0032]** El generador 24 también incluye un primer conjunto de uno o más conductores transportadores de corriente ("bobinas") 208 unidos al componente exterior 204 y un segundo conjunto de uno o más conductores transportadores de corriente ("bobinas") 210 unidos al componente interior 206. Durante el funcionamiento del generador 24, estas bobinas 208, 210 están en comunicación electromagnética. Las bobinas 208 pueden ser bobinas de inducción y las bobinas 210 pueden ser bobinas de campo del generador 24. De forma alternativa, las bobinas 208 pueden ser bobinas de campo y las bobinas 210 pueden ser bobinas de inducción del generador 24. Las bobinas de campo están conectadas a una fuente de corriente de excitación (por ejemplo, un "excitador"), en las que el flujo de corriente a través de ellas produce un campo magnético a través de la bobina de campo, y la bobina de inducción está conectada a la salida del generador 24 (por ejemplo, por medio de terminales de salida) para conducir una salida de corriente de salida y potencia eléctrica. Aunque se representan varias bobinas 208, 210, puede haber más o menos bobinas 208, 210 y/o devanados de las mismas alrededor del componente exterior 106 y el componente interior 208 en diversos modos de realización, por ejemplo, para configurar el número de polos del generador 24 y, de este modo, la frecuencia de generación y/u otras características operativas del generador 24.

50 **[0033]** Las bobinas de campo, por ejemplo, las bobinas 210, están construidas de un material superconductor, tal como niobio-titanio (NbTi), niobio-estaño (Nb3Sn) o magnesio-boro (MgB2). Típicamente, las bobinas de inducción 208 están construidas de cobre. Sin embargo, en determinados modos de realización, las bobinas de la inducción se pueden construir de un material superconductor, tal como NbTi, Nb3Sn o MgB2.

55 **[0034]** La FIG. 3 es un diagrama de un sistema de disminución por rampa automática 100 ejemplar configurado con las bobinas superconductoras 102 ("bobinas") de un generador superconductor, tal como el generador de turbina eólica superconductor 24 analizado anteriormente. Dentro del generador, un imán superconductor incluye una pluralidad de bobinas 102 representadas como bobina SCG n.º 1 a bobina SCG n.º N conectadas en serie. Una red de calentador de protección de extinción magnética 104 está asociada con las bobinas superconductoras. Como se entiende en la técnica, la red de calentador de protección de extinción magnética 104 se puede configurar de diversas formas con las bobinas superconductoras 102 para proporcionar una funcionalidad de protección de extinción magnética. No es necesaria una explicación detallada de esta funcionalidad para los propósitos de entender el presente sistema y procedimiento de disminución por rampa automática.

65 **[0035]** Se pueden proporcionar cables para conectar la serie de bobinas 102 con una fuente de alimentación principal 134. Estos cables pueden ser cables fijos 132. De forma alternativa, los cables pueden ser cables

retráctiles 130. Cuando se conectan a la fuente de alimentación principal 134, se suministra corriente a las bobinas 102 por medio de los extremos 110 de las bobinas 102 dispuestas en serie.

5 **[0036]** Se puede configurar un conmutador principal superconductor 106 en el sistema 100 en paralelo con las bobinas 102. Este conmutador principal 106 puede ser, por ejemplo, un conmutador de rampa con una porción de alambre superconductor y una porción calentadora impregnada en una epoxi. Controlando la porción calentadora, la porción de alambre se puede conmutar entre un estado resistivo y un estado superconductor. En general, el conmutador principal 106 se usa para "aumentar por rampa" las bobinas 102 a un modo superconductor persistente y para "disminuir por rampa" intencionadamente las bobinas desde el modo persistente a un modo superconductor no persistente.

10 **[0037]** Los diodos de conmutador 108 se pueden configurar a través del conmutador principal 106 para limitar el voltaje a través del conmutador principal 106.

15 **[0038]** Cuando el sistema 100 está conectado a una fuente de corriente (por ejemplo, fuente de alimentación principal 134) por medio de los cables 130/132, la corriente fluye a través de las bobinas 102 y el conmutador principal 106. Cuando el imán/las bobinas 102 se aumentan por rampa hasta la corriente requerida, el conmutador principal 106 se vuelve superconductor y se cierra. A medida que la fuente de alimentación 134 conectada a los cables 130/132 disminuye por rampa, la corriente a través del conmutador principal 106 se incrementa esencialmente en la misma cantidad que la disminución en la corriente de suministro desde la fuente de alimentación 134. Una vez que la fuente de alimentación externa 134 se disminuye por rampa completamente, los cables 130/132 se desconectan de la fuente de alimentación externa 134. En este punto, las bobinas superconductoras 102 están en el modo de funcionamiento persistente.

25 **[0039]** Se puede proporcionar un sistema criorefrigerado (representado en general en la FIG. 3 como el recuadro de líneas discontinuas 140 alrededor de las bobinas 102, los calentadores de conmutador 104, el conmutador principal 106 y los cables 130/132) para enfriar las bobinas 102, como es conocido en la técnica. El sistema refrigerador criogénico 140 (también conocido como "criostato") puede incluir una carcasa de cámara de vacío con un escudo térmico. El sistema criorefrigerado 104 puede incluir un sistema con lo que se hace circular helio líquido dentro de un bucle de enfriamiento para enfriar las bobinas 102 y el escudo térmico.

30 **[0040]** En referencia de nuevo a la FIG. 3, el sistema de disminución por rampa automática 100 incluye una rama o circuito de vertido de energía activado automáticamente 112 que extrae corriente de las bobinas superconductoras 102 en un proceso de disminución por rampa antes de una extinción magnética. El circuito 112 se "activa automáticamente" en el sentido de que no se requiere intervención o iniciación manual. Como se analiza anteriormente, tras un parámetro monitorizado indicativo de una extinción magnética pendiente que supera un valor definido, un controlador iniciará automáticamente el proceso de disminución por rampa, como se analiza con mayor detalle a continuación.

35 **[0041]** El circuito de vertido de energía 112 incluye una o más cargas disipadoras de calor 114 que están montadas en comunicación térmica con la torre o la góndola. Por ejemplo, la FIG. 3 indica una de las cargas disipadoras de calor 114 montada en un componente de la torre (es decir, un disipador térmico de torre 116). Otra carga 114 se puede montar en un disipador térmico de torre 116 o en un componente de la góndola (es decir, un disipador térmico de góndola 118). Cualquier combinación de cargas disipadoras de calor 114 se puede montar en cualquier combinación de disipadores térmicos de torre 116 y/o disipadores térmicos de góndola 118. La torre y la góndola, en general, están construidas de materiales (por ejemplo, aluminio, acero u otros metales) que pueden proporcionar una gran masa térmica que puede dispersar el calor de las cargas 114 y, por tanto, enfriar y evitar una extinción magnética de las bobinas 102.

40 **[0042]** Las cargas disipadoras de calor 114 pueden incluir cualquier componente que transforme la energía almacenada (corriente) de las bobinas 102 en calor. Por ejemplo, las cargas disipadoras de calor pueden ser una cualquiera o una combinación de una carga resistiva 120 o banco de diodos 122. La carga resistiva 120 puede tener una resistencia fija o una resistencia variable, como se representa por el ejemplo de reostato variable de la carga resistiva 120 en la FIG. 3. El reostato variable se puede controlar por un controlador 125 para cambiar la resistencia del mismo y, por tanto, la capacidad de disipación de calor de la carga resistiva.

45 **[0043]** El circuito de vertido de energía 112 puede incluir una o más cargas disipadoras de calor 114 separadas que se activan selectivamente de modo que se pueda cambiar o variar una capacidad total de vertido de energía del circuito de vertido de energía 112. Esto puede ser deseable para controlar el ritmo de disminución por rampa. Por ejemplo, en referencia a la FIG. 4, las cargas disipadoras de calor se representan como múltiples bancos de diodos 122, en los que uno o más de los bancos de diodos 122 se pueden activar por separado o ponerse en funcionamiento en el circuito de vertido de energía por la activación de un conmutador 123 por un controlador 125. Se debe apreciar que cualquier número de cargas disipadoras de calor fijas 114 y cargas disipadoras de calor variables 114 se puede configurar en el circuito de vertido de energía 112.

50

5 **[0044]** Para el aspecto "automático", el sistema de disminución por rampa 100 puede incluir un sistema de control 124 configurado con uno o más sensores 126. Como se analiza anteriormente, estos sensores están dispuestos y configurados para monitorizar uno o más parámetros asociados con el funcionamiento del sistema generador de potencia de turbina eólica que son indicativos de una potencial extinción magnética de las bobinas 102. Las extinciones magnéticas se provocan por diversas condiciones externas y operativas internas. El parámetro monitorizado puede ser uno cualquiera o una combinación de parámetros mensurables o detectables que indiquen que una extinción magnética es inminente en un determinado valor o estado del parámetro. Por ejemplo, uno o más de los sensores 126 se pueden configurar para monitorizar diversos parámetros internos del generador superconductor, tales como parámetros de imán/bobina, por ejemplo, temperatura del imán/bobina, corriente, presión criogénica, estado/mal funcionamiento del refrigerador criogénico, etc., y retransmitir señales que representan los parámetros monitorizados a un controlador 125. El controlador puede iniciar una disminución por rampa automática cuando el parámetro monitorizado supera un valor de umbral almacenado. Uno o más de los sensores 126 se pueden configurar para monitorizar parámetros externos indicativos de una potencial extinción magnética, tales como fallas de red, estado de potencia, estado operativo del generador, etc., en los que el controlador 125 puede iniciar una disminución por rampa automática cuando el sensor externo monitorizado supera un valor de umbral almacenado.

20 **[0045]** Como se indica por las conexiones de línea discontinua en las figuras, el sistema de control 124 puede accionar automáticamente un conmutador o disyuntor para poner en funcionamiento el circuito de vertido de energía 112 tras detectar que el parámetro monitorizado ha superado el valor definido. Por ejemplo, el controlador 125 puede accionar los cables retráctiles 130 (si están presentes) para conectar eléctricamente el circuito de vertido de energía 112 a las bobinas 102. Al mismo tiempo, el controlador puede accionar un conmutador 136 a un estado abierto para aislar la fuente de alimentación de las bobinas 102.

25 **[0046]** En un modo de realización en el que se usan cables fijos 132, el circuito de vertido de energía 112 puede incluir un conmutador 128 que es accionado automáticamente por el controlador 125 a un estado cerrado, por ejemplo, al mismo tiempo que se abre el conmutador 136.

30 **[0047]** En referencia, por ejemplo, a la FIG. 5, se representa un modo de realización en el que el circuito de vertido de energía 112 incluye un módulo de carga 138 que usa la corriente extraída de las bobinas superconductoras 102 como fuente de carga para una batería, que puede ser una batería usada en el sistema generador de potencia de turbina eólica. Este modo de realización puede incluir además una cualquiera o más de las cargas disipadoras de calor 114 analizadas anteriormente con referencia a las FIGS. 3 y 4 configuradas en el circuito de vertido de energía 112. Como se analiza anteriormente, estas cargas 114 se pueden montar en comunicación térmica con un disipador térmico de torre 116 o un disipador térmico de góndola 118 para dispersar el calor de las cargas.

35 **[0048]** Las cargas disipadoras de calor 114 se pueden activar o variar selectivamente, como se analiza anteriormente con referencia a las FIGS. 3 y 4, para controlar el ritmo de carga del módulo de carga 138.

40 **[0049]** La presente invención también engloba un procedimiento para la disminución por rampa automática de bobinas superconductoras en un sistema generador de potencia de turbina eólica superconductor del tipo descrito anteriormente. El procedimiento puede incluir monitorizar un parámetro asociado con el funcionamiento del sistema generador de potencia de turbina eólica que es indicativo de una potencial extinción magnética, tal como un parámetro interno o un parámetro externo como se analiza anteriormente.

45 **[0050]** Tras superar el parámetro un valor definido antes de una extinción magnética, el procedimiento inicia automáticamente una disminución por rampa de las bobinas superconductoras conectando eléctricamente un circuito de vertido de energía a las bobinas superconductoras para extraer corriente de las bobinas superconductoras.

50 **[0051]** El procedimiento puede incluir configurar una o más cargas disipadoras de calor en el circuito de vertido de energía en comunicación térmica con un disipador térmico de torre o un componente de disipador térmico de góndola de modo que la torre o la góndola actúe como un disipador térmico para dispersar el calor de las cargas.

55 **[0052]** El procedimiento puede incluir configurar las cargas disipadoras de calor como uno o una combinación de una carga resistiva o banco de diodos.

60 **[0053]** El procedimiento puede incluir cambiar o variar un número o capacidad de las cargas disipadoras de calor en el circuito de vertido de energía para controlar un ritmo de disminución por rampa. Por ejemplo, las cargas disipadoras de calor se pueden configurar como una cualquiera o una combinación de un banco de diodos activado selectivamente o una carga resistiva variable.

65 **[0054]** El procedimiento puede accionar cables retráctiles para conectar electrónicamente el circuito de vertido de energía a las bobinas superconductoras tras superar el parámetro el valor predefinido.

[0055] Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para posibilitar que cualquier experto en la técnica practique la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema generador de potencia de turbina eólica (10), que comprende:
 - 5 una torre (12);
un buje (20) y una pluralidad de palas (22) conectadas al buje (20);
un rotor (18) conectado al buje (20);
un generador superconductor (24) acoplado al rotor (18) y que comprende una pluralidad de bobinas superconductoras (102);
 - 10 una góndola montada encima de la torre, el generador superconductor alojado dentro de la góndola;
caracterizado por que comprende además un sistema de disminución por rampa automática (100) configurado con las bobinas superconductoras y que comprende un circuito de vertido de energía activado automáticamente (112) para corriente extraída de las bobinas superconductoras (102) en un proceso de disminución por rampa antes de una extinción magnética; y
 - 15 comprendiendo el circuito de vertido de energía una o más cargas disipadoras de calor (114), en el que cada una de las cargas disipadoras de calor (114) está montada en comunicación térmica con una de la torre o la góndola que actúa como un disipador térmico (116, 118) para dispersar el calor de las cargas.
2. El sistema generador de potencia de turbina eólica como en la reivindicación 1, en el que las cargas disipadoras de calor comprenden uno cualquiera o una combinación de una carga resistiva o un banco de diodos configurados para ser selectivamente activados o variados dentro del circuito de vertido de energía para variar una capacidad total de vertido de energía del circuito de vertido de energía.
3. El sistema generador de potencia de turbina eólica como en la reivindicación 1 o 2, que comprende además un sistema de control (124) configurado con el sistema de disminución por rampa automática, comprendiendo el sistema de control un sensor (126) que monitoriza un parámetro indicativo de una extinción magnética, accionando el sistema de control un conmutador para poner en funcionamiento el circuito de vertido de energía tras superar el parámetro un valor definido.
4. El sistema generador de potencia de turbina eólica como en la reivindicación 3, en el que una o más de las cargas disipadoras de calor están configuradas para ser selectivamente activadas o variadas dentro del vertido de energía, estando el sistema de control configurado para activar o variar selectivamente la una o más cargas disipadoras de calor para variar un ritmo de disminución por rampa de las bobinas superconductoras.
5. El sistema generador de potencia de turbina eólica como en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además uno de (a) cables retráctiles que conectan electrónicamente el circuito de vertido de energía a las bobinas superconductoras, estando el sistema de control configurado para accionar los cables tras superar el parámetro el valor definido, o (b) cables fijos que conectan electrónicamente las bobinas superconductoras a una fuente de alimentación principal, comprendiendo el circuito de vertido de energía un conmutador en comunicación con el sistema de control, en el que el conmutador es automáticamente cerrado por el sistema de control tras superar el parámetro el valor definido.
6. Un procedimiento para la disminución por rampa automática de bobinas superconductoras (102) en un sistema generador de potencia de turbina eólica superconductor (10), que comprende:
 - 45 monitorizar un parámetro asociado con el funcionamiento del sistema generador de potencia de turbina eólica que es indicativo de una potencial extinción magnética;
tras superar el parámetro un valor definido antes de una extinción magnética, iniciar automáticamente una disminución por rampa de las bobinas superconductoras conectando eléctricamente un circuito de vertido de energía (112) a las bobinas superconductoras para extraer corriente de las bobinas superconductoras; y
 - 50 configurar una o más cargas disipadoras de calor en el circuito de vertido de energía en comunicación térmica con una torre o un componente de la góndola del sistema generador de potencia de turbina eólica de modo que la torre o la góndola actúe como un disipador térmico (116, 118) para dispersar el calor de las cargas.
7. El procedimiento como en la reivindicación 6, en el que las cargas disipadoras de calor comprenden uno cualquiera o una combinación de un banco de diodos configurado para ser activado selectivamente o una carga resistiva variable.
8. El procedimiento como en la reivindicación 7, que comprende además cambiar una capacidad de las cargas de disipación de calor de modo que la capacidad total de vertido de energía del circuito de vertido de energía sea variable para controlar un ritmo de disminución por rampa.
9. El procedimiento como en una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, que comprende además accionar cables retráctiles para conectar electrónicamente el circuito de vertido de energía a las bobinas superconductoras tras superar el parámetro el valor predefinido.

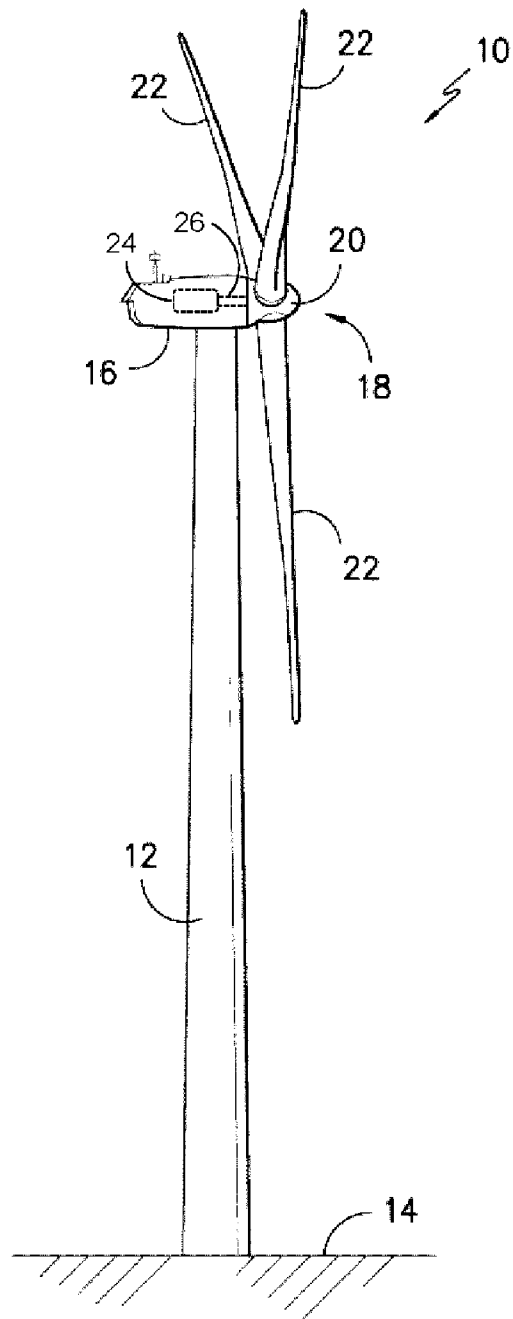


FIG. -1-

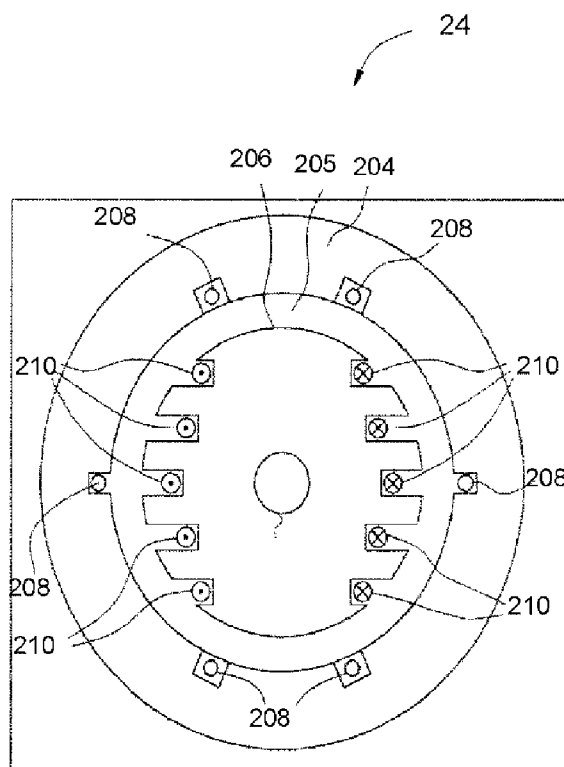


FIG. -2-

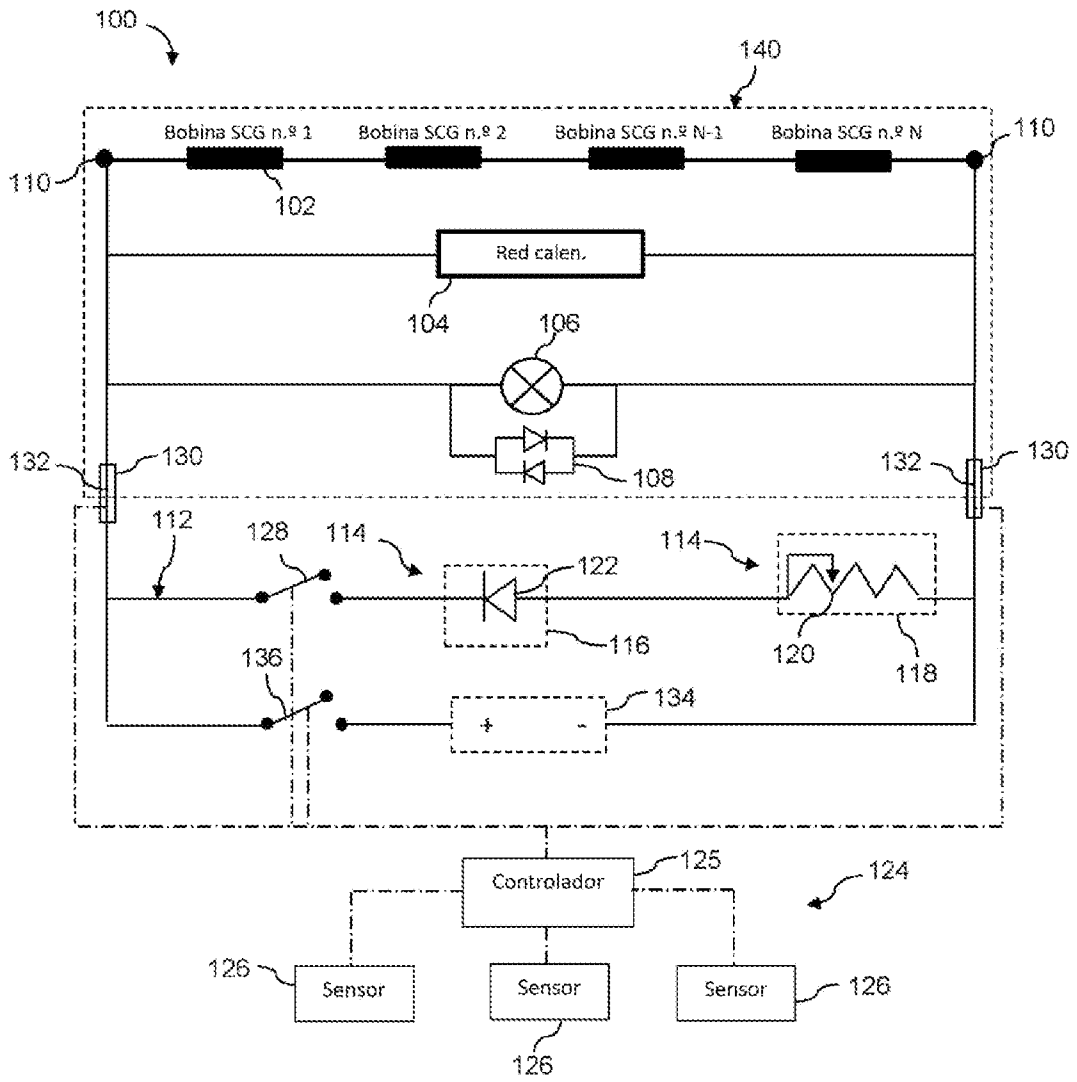


FIG. -3-

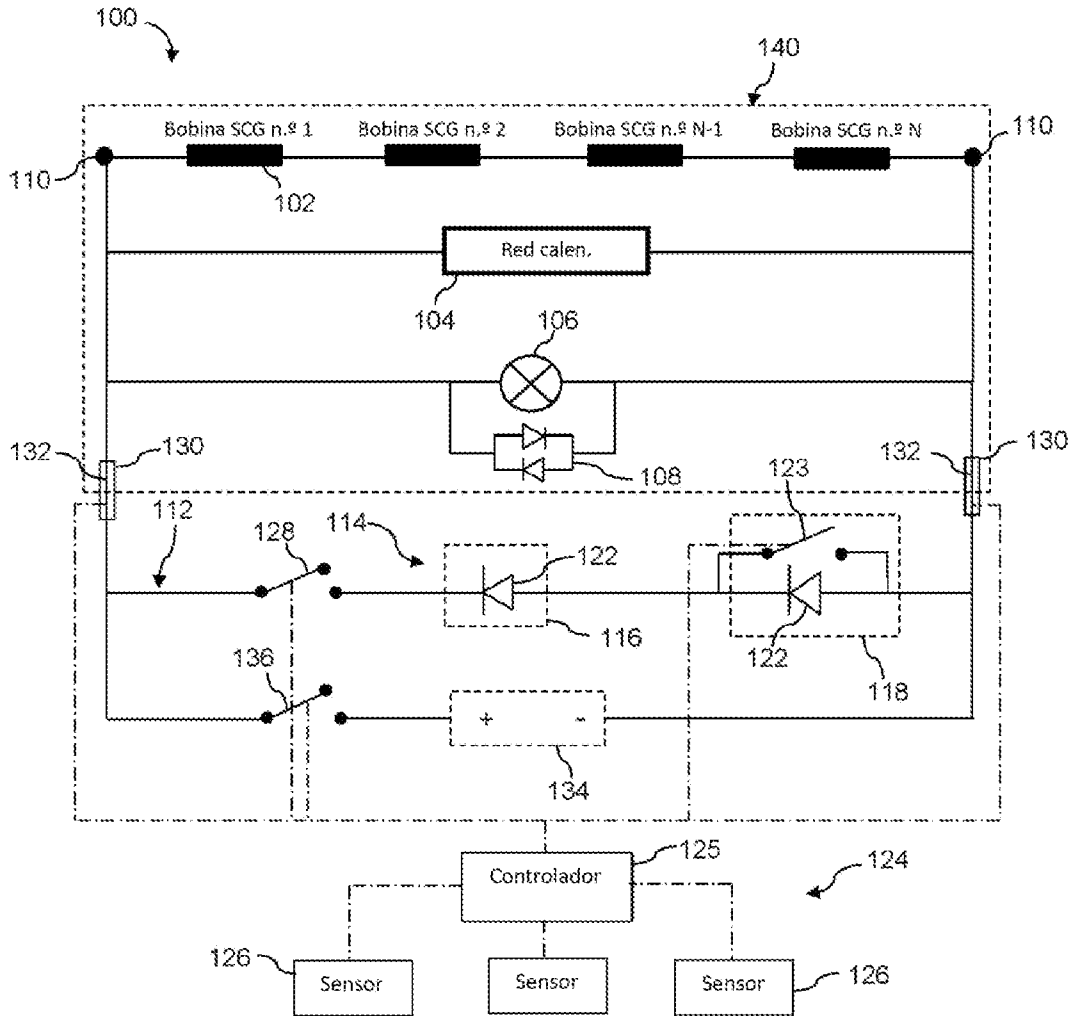


FIG. -4-

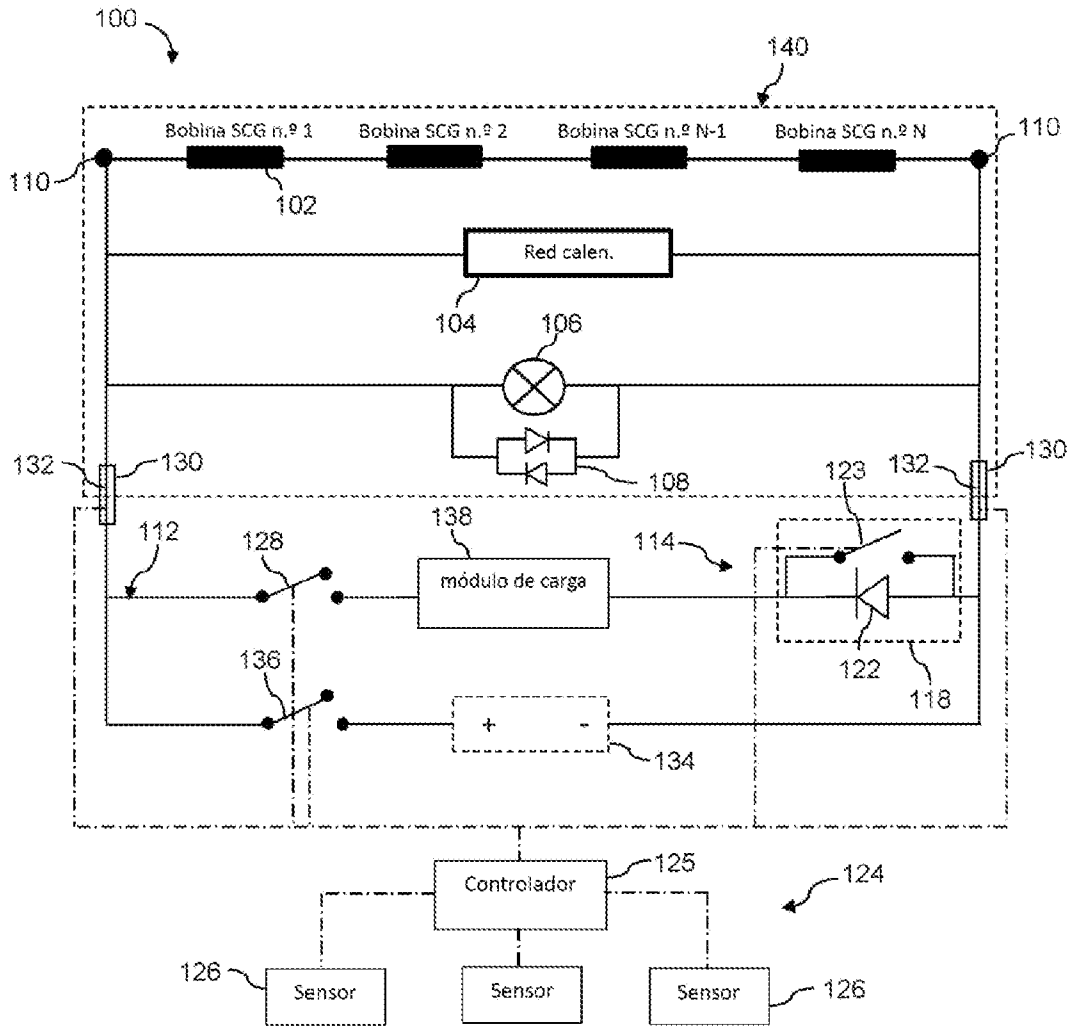


FIG. -5-