

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 691**

51 Int. Cl.:

H02G 5/10 (2006.01)

H02G 5/06 (2006.01)

H02B 1/56 (2006.01)

H01B 7/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2011 PCT/EP2011/068872**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2013 WO13060374**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2011 E 11776430 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017 EP 2798711**

54 Título: **Sistema y procedimiento para enfriar un sistema de transmisión de potencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.01.2018

73 Titular/es:
PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT

72 Inventor/es:
MAIOLI, PAOLO y
ZACCONE, ERNESTO

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 650 691 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 para enfriar un sistema de transmisión de potencia

Campo técnico

5 La presente invención se refiere al campo de los sistemas de transmisión de potencia. En particular, la presente invención se refiere a un sistema de enfriamiento y a un procedimiento para enfriar un sistema de transmisión de potencia. El sistema de transmisión de potencia puede ser un sistema de transmisión de potencia de alto voltaje al menos parcialmente tendido en un túnel o un pozo de inspección.

Técnica antecedente

10 Mediante el término "sistema de transmisión de potencia" pretende significarse un sistema configurado para distribuir electricidad a los usuarios finales. Con este fin, un sistema de transmisión de potencia puede comprender unos cables y conexiones eléctricas y unos aparatos eléctricos, por ejemplo subestaciones, transformadores, desconectores, conmutadores, etc. El sistema de transmisión de potencia puede ser un sistema trifásico o monofásico y puede transportar potencia en forma tanto de corriente continua (cc) como de corriente alterna (ca).

15 En el curso de su funcionamiento, un sistema de transmisión de potencia típicamente experimenta un calentamiento. Dicho calentamiento se debe, en su mayor parte, al llamado efecto Joule, de acuerdo con el cual una corriente que pasa a través de un conductor que presenta una determinada resistencia produce calor. El calor producido es proporcional al cuadrado de la corriente multiplicado por la resistencia del conductor.

Para impedir un sobrecalentamiento no deseado de un sistema de transmisión de potencia, su temperatura debe mantenerse bajo control suprimiendo al menos parte del calor producido por el paso de la corriente.

20 En particular, es importante mantener la temperatura del cable por debajo de su temperatura operativa superior. Por encima de dicho límite, las prestaciones del cable resultan deterioradas debido a las pérdidas resistivas y a la estructura global del cable dañado por el calor excesivo.

25 La operación de retirar el calor es de especial importancia cuando el sistema de transmisión de potencia está, al menos parcialmente, instalado en un entorno cerrado o parcialmente cerrado, en el que es difícil la circulación del aire o simplemente se carece de dicha circulación. Este es el caso cuando el sistema de transmisión de potencia está al menos parcialmente instalado bajo tierra, por ejemplo en un túnel o en un pozo de inspección.

30 El control de la temperatura de un sistema de transmisión de potencia se lleva típicamente a cabo mediante un sistema de enfriamiento que comprende unos dispositivos de enfriamiento (por ejemplo, ventiladores) situados en posiciones predeterminadas del sistema de transmisión de potencia. En particular, los dispositivos de enfriamiento están típicamente situados en las inmediaciones de los componentes del sistema de transmisión de potencia que particularmente tienden a calentarse (por ejemplo debido a una resistencia particularmente elevada), por ejemplo conexiones entre cables eléctricos.

35 Granadino et al., Jicable '03, A.1.2, 22 - 26 de junio de 2003 describen un proyecto para situar bajo tierra una línea de transmisión de potencia de 400 kV en un túnel ventilado equipado con un sistema de enfriamiento forzado. El sistema de enfriamiento forzado comprende unas estaciones de ventilación que inyectan aire fresco dentro del túnel. La temperatura del túnel se mide continuamente mediante un sistema de Detección Distribuida de Temperatura (DTS) y la operación de los ventiladores (con unos inversores para regular la velocidad de los ventiladores) es controlada por un sistema de Clasificación Térmica en Tiempo Real (RTTR). Esto asegura que las condiciones límites en el túnel y las temperaturas de los cables no se sobrepasan.

40 El documento GB 1,193,126 divulga una instalación de cable eléctrico o barra de distribución para transmitir energía eléctrica, del tipo en el que el calor generado en un conductor o unos conductores de transporte de carga son disipados por la circulación de un fluido de enfriamiento. La instalación incorpora unos medios para hacer circular o ayudar a la circulación del fluido de enfriamiento, accionados por un motor eléctrico que deriva toda o parte de su alimentación eléctrica desde el devanado secundario de al menos un transformador de corriente, cuyo devanado primario es una carga que transporta el conductor que forma parte de la instalación. La tasa de circulación del fluido de enfriamiento, por tanto, automáticamente varía en proporción a la carga transportada por la instalación y puede determinar que cese completamente cuando, debido a una reducción o a la cesación de la carga, no se requiera ningún tipo de enfriamiento artificial.

El Solicitante observa que los sistemas de enfriamiento conocidos muestran algunos inconvenientes.

50 Un sistema de enfriamiento como el descrito por Granadino et al. requiere una instalación compleja, porque los circuitos dedicados (a saber las líneas de bajo voltaje y los inversores) deben ser instalados dentro del túnel para energizar las estaciones de los ventiladores. Esto también se traduce en un incremento del coste del sistema. Así mismo, dicho sistema de enfriamiento no es seguro. En efecto, en el caso de que se produzca una avería que afecte al circuito de bajo voltaje que alimenta las estaciones de los ventiladores y no a la línea de transmisión de potencia,

el sistema de enfriamiento deja de operar, al tiempo que la línea de transmisión de potencia sigue operando y, por tanto, sigue suministrando calor. En dicha situación, la temperatura de la línea de transmisión de potencia no puede ser controlada. La línea de transmisión de potencia puede entonces sobrecalentarse, lo que provoca el desgaste de la línea de transmisión de potencia y puede incluso conducir a episodios peligrosos, por ejemplo, fuegos.

5 Un sistema de enfriamiento como el divulgado en el documento GB 1,193,126 no es económicamente eficiente cuando el cable eléctrico está conduciendo una carga reducida. Aunque el enfriamiento de un cable en general conduce a una reducción de su resistencia y, por consiguiente, a una reducción de la pérdida de potencia del cable (lo cual, a su vez, se traduce en una reducción del coste para transportar potencia a través del cable), en el caso de
10 cargas muy reducidas la reducción del coste asociada con la reducción de la resistencia del cable puede ser inferior al coste asociado con la operación del sistema de enfriamiento. Como consecuencia de ello, la circulación de un fluido de enfriamiento a una tasa proporcional a la carga transportada por la instalación se traduce en un incremento del coste operativo global de la instalación cuando el cable está transportando una carga reducida.

Por otro lado, el Solicitante observó que así mismo el cese de la circulación del fluido de enfriamiento debido a una
15 reducción de la carga del cable supone de manera sorprendente un incremento en el coste operativo total de la instalación.

A la vista de lo expuesto, el Solicitante ha tratado de resolver el problema de proporcionar un sistema de enfriamiento y un procedimiento para enfriar un sistema de transmisión de potencia (en particular, pero no exclusivamente, un sistema de transmisión de potencia de alto voltaje), que resuelva los inconvenientes expuestos.

20 El documento DE 10 2008 049566 A1 divulga un procedimiento que implica la guía de una línea de transmisión mediante un disyuntor de bajo voltaje abierto interrumpido con arreglo a condiciones predeterminadas de la línea de manera que el flujo de corriente se determine por la línea. Un componente del disyuntor es enfriado con un soplador, que es accionado con energía eléctrica. La energía eléctrica proporciona potencia que fluye por encima de la línea destinada a ser interrumpida, y una temperatura en el disyuntor es medida por un sensor de la temperatura. La
25 condición predeterminada, contra la operación básica se modifica por el valor predeterminado de la temperatura. Una reivindicación independiente también se incluye para un disyuntor, esto es, un disyuntor de bajo voltaje abierto, que comprende un conjunto de conexiones.

Sumario

En la presente descripción y en las reivindicaciones, la expresión "sistema de transmisión de potencia de alto voltaje" designará un sistema de transmisión de potencia adaptado para transmitir potencia en un voltaje superior a 35 kV.

30 En particular, el Solicitante ha tratado de resolver el problema de proporcionar un sistema de enfriamiento y un procedimiento para enfriar un sistema de transmisión de potencia (en particular, pero no exclusivamente un sistema de transmisión de potencia de alto voltaje) que sea seguro y que ofrezca unos costes operativos muy reducidos incluso en el caso de cargas reducidas.

35 El Solicitante ha encontrado que un sistema de enfriamiento alimentado por la corriente transportada por el sistema de transmisión de potencia destinado a ser enfriado puede ofrecer un rendimiento más eficiente con un coste reducido si la corriente transferida por el sistema de enfriamiento es regulada de acuerdo con una primera o una segunda función seleccionadas a la vista del valor del parámetro operativo del sistema de transmisión.

40 De acuerdo con un primer aspecto, la presente divulgación se refiere a un sistema de enfriamiento para enfriar un sistema de transmisión de potencia que comprende un cable que transporta una corriente correspondiente a una potencia eléctrica transportada, comprendiendo el sistema de enfriamiento:

- un dispositivo de enfriamiento dispuesto para eliminar el calor procedente del sistema de transmisión de potencia;
- un sistema de alimentación de potencia que comprende al menos un transformador, dispuesto para extraer una fracción de la potencia eléctrica transportada del cable y para alimentar el dispositivo de enfriamiento con
45 dicha fracción de la potencia, comprendiendo el al menos un transformador un primer terminal, un segundo terminal y un terminal intermedio situado en una posición intermedia entre el primer terminal y el segundo terminal;
- un sensor configurado para detectar un parámetro de la potencia transportada dentro del cable;
- una unidad de control configurada para controlar la cantidad de fracción extraída de la potencia en respuesta al parámetro de la potencia transportada en el cable, de manera que
50
- cuando el parámetro es superior a un umbral, la fracción extraída de la potencia es igual a un primer valor que depende de la potencia transportada en el cable a través de una primera función; y

- cuando el parámetro es inferior al umbral, la fracción extraída de la potencia es igual a un segundo valor que depende de la potencia transportada en el cable a través de una segunda función, correspondiendo la segunda función a la primera función multiplicada por un factor k , siendo k superior a 0 o inferior a 1.

De modo preferente, el factor k es un valor constante para un sistema determinado.

- 5 De acuerdo con un segundo aspecto, la presente divulgación se refiere a un procedimiento para enfriar un sistema de transmisión de potencia, comprendiendo dicho sistema de transmisión de potencia un cable que transporta una corriente correspondiente a una potencia eléctrica transportada, comprendiendo dicho procedimiento, por medio de un sistema de alimentación de potencia que comprende al menos un transformador que comprende un primer terminal, un segundo terminal y un terminal intermedio situado en una posición intermedia entre el primer terminal y el segundo terminal:

- 10
- la extracción de una fracción de la potencia eléctrica transportada desde dicho cable; y
 - la alimentación de dicho dispositivo de enfriamiento que está dispuesto para eliminar calor de dicho sistema de transmisión de potencia, con la fracción de la potencia,

15 en el que el procedimiento comprende además la detección de un parámetro de la potencia transportada en el cable por medio de un sensor, y en el que la fracción de la potencia es extraída de manera que:

- cuando el parámetro de dicha potencia transportada en el cable es superior a un umbral, dicha fracción extraída del cable es igual a un primer valor que depende de la potencia transportada en el cable a través de una primera función; y
 - cuando dicho parámetro es inferior a dicho umbral, dicha fracción extraída de la potencia es igual a un segundo valor que depende de la potencia transportada en el cable a través de una segunda función, correspondiendo dicha segunda función a una primera función multiplicada por un factor k , siendo k superior a 0 y siendo inferior a 1.
- 20

25 De modo preferente, el al menos un transformador comprende un núcleo magnético. El al menos un transformador está acoplado con al menos uno de los cables del sistema de transmisión de potencia destinado a ser enfriado, y alimenta al (a los) dispositivo(s) del sistema de enfriamiento. En particular, el transformador puede ser acoplado con al menos un cable por el núcleo magnético.

Se determina un umbral para el parámetro.

El parámetro, de modo preferente, es la corriente I transportada por el cable, o una función de dicha corriente, por ejemplo la temperatura del cable, o la potencia transportada por el propio cable. Se determina una corriente I^{th} .

- 30 De modo preferente, el umbral I^{th} se determina como la corriente a la que un conductor del cable alcanza una temperatura máxima permitida en el caso de que no se aplique ningún enfriamiento.

De modo preferente, el umbral I^{th} oscila entre un 30% y un 50% de una corriente máxima transportada por el cable.

- 35 Cuando la corriente detectada sobrepasa la corriente I^{th} de umbral, el transformador es operado para alimentar el (los) dispositivo(s) de enfriamiento con una potencia máxima P_{max} , que depende de la corriente I transportada por el sistema de transmisión de potencia de acuerdo con una primera función $P_{\text{max}} = f_1(I)$.

Cuando la corriente detectada I es inferior a la corriente I^{th} de umbral, el transformador es operado para alimentar el (los) dispositivo(s) de enfriamiento con una potencia intermedia P_x , que depende de la corriente I transportada por el sistema de transmisión de potencia de acuerdo con una segunda función $P_x = f_2(I)$. La potencia intermedia P_x es una porción de la potencia máxima P_{max} de modo preferente $P_x = f_2(I) = kf_1(I)$, donde k es superior a 0 e inferior a 1.

- 40 El Solicitante ha observado que el coste operativo del sistema de transmisión de potencia es ventajosamente inferior al coste operativo que se obtendría alimentando al (a los) dispositivo(s) de enfriamiento con la máxima potencia P_{max} , por encima de todo el intervalo de corriente $I \leq I^{\text{th}}$. En particular, el valor de k se determina para reducir al mínimo un coste operativo de enfriamiento del sistema de transmisión de potencia, teniendo en cuenta dicho coste tanto el coste de transportar la potencia a través del sistema de transmisión de potencia como el coste para operar el (los) dispositivo(s) de enfriamiento a lo largo de la totalidad del régimen de corriente $I \leq I^{\text{th}}$. Por tanto, la alimentación del (de los) dispositivo(s) de enfriamiento con una porción $k \cdot P_{\text{max}}$ de la potencia máxima P_{max} de modo ventajoso permite reducir al mínimo el coste operativo del sistema de transmisión de potencia en el caso de cargas reducidas, a saber el intervalo $I \leq I^{\text{th}}$.
- 45

De modo ventajoso, el factor k es un valor constante, que oscila entre 0,2 y 0,7.

- 50 En el presente sistema, la unidad de control comprende al menos un conmutador que es operado por la unidad de control cuando el parámetro es superior al umbral de manera que el dispositivo de enfriamiento esté conectado entre el primer terminal y el terminal intermedio del al menos un transformador.

La unidad de control comprende al menos un conmutador que es operado por la unidad de control cuando el parámetro es inferior o igual al umbral de manera que el dispositivo de enfriamiento está conectado entre el primer terminal y el terminal intermedio del al menos un transformador.

5 En el presente sistema el dispositivo de enfriamiento puede comprender uno o más ventiladores por ejemplo ventiladores de succión.

A los fines de la presente descripción y de las reivindicaciones, excepto cuando se indique otra cosa, todos los números que expresan montantes, cantidades, porcentajes, etc. deben entenderse modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Así mismo, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos divulgados e incluyen cualquier intervalo intermedio entre ellos, los cuales pueden o pueden no especificarse concretamente en la presente memoria.

10

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirá la presente invención con mayor detenimiento mediante la lectura de la descripción detallada subsecuente destinada a ser considerada en relación con los dibujos que se acompañan, en los que:

- 15 - la Figura 1 es una vista esquemática de un sistema de transmisión de potencia dispuesto con un sistema de enfriamiento de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;
- la Figura 1a es una vista de tamaño ampliado una porción del sistema de transmisión de potencia de la Figura 1 que muestra tres transformadores y una caja de conexiones;
- la Figura 2 muestra un transformador acoplado con un cable del sistema de transmisión de potencia de acuerdo con una forma de realización de la presente invención; y
- 20 - las Figuras 3a, 3b y 3c son gráficos de, respectivamente, la velocidad del flujo de aire, la temperatura máxima y el coste operativo con respecto a la corriente transportada por el sistema de transmisión de corriente de acuerdo con una forma de realización de la presente invención en comparación con dos sistemas de enfriamiento conocidos.

Descripción detallada de las formas de realización preferentes de la invención

25 La Figura 1 muestra esquemáticamente el túnel TN que aloja el sistema de transmisión de potencia, PTS, dispuesto con un sistema de enfriamiento, CS, de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

El sistema de transmisión de potencia, PTS, de modo preferente, es un sistema de transmisión de potencia de alto voltaje, a saber, un sistema de transmisión de potencia adaptado para distribuir potencia a un voltaje superior a 35 kV en una Corriente Alterna (ca).

30 El sistema de transmisión de potencia, PTS, puede comprender uno o más circuitos, siendo cada uno de los circuitos, o bien un circuito monofásico o un circuito trifásico. A modo de ejemplo no limitativo, el sistema de transmisión de potencia, PTS, mostrado en la Figura 1, comprende un circuito trifásico que comprende tres cables paralelos C_1 , C_2 , C_3 , estando cada uno adaptado para transportar una corriente alterna respectiva I_1 , I_2 , I_3 . Las tres corrientes alternadas presentan una fase recíproca de $2\pi / 3$ y presentan la misma amplitud.

35 El sistema de enfriamiento, CS, comprende al menos un dispositivo de enfriamiento, CD, dispuesto en una posición predeterminada del sistema de transmisión de potencia, PTS. De modo preferente, el dispositivo de enfriamiento, CSD, está dispuesto en las inmediaciones de una salida de aire A_2 del túnel TN que aloja el sistema de transmisión de potencia, PTS. En la Figura 1, por razones de sencillez, se muestra un único dispositivo de enfriamiento, CS. Sin embargo, el dispositivo de enfriamiento, CS, puede comprender una pluralidad de dispositivos de enfriamiento, CD, por ejemplo una pluralidad de dispositivos de enfriamiento, CD, distribuidos de manera uniforme a lo largo del sistema de transmisión de potencia, PTS.

40

El dispositivo de enfriamiento, CD, comprende uno o más ventiladores, por ejemplo ventiladores de compresión o succión, de modo preferente ventiladores de succión. Cada ventilador está, de modo preferente, provisto de una compuerta que automáticamente se abre en el momento del paso de un flujo de aire y que protege el ventilador de posibles flujos de aire desde atrás.

45

El sistema de enfriamiento, CS, también comprende un circuito de alimentación, SC, adaptado para alimentar el dispositivo de enfriamiento, CD. El circuito de alimentación, SC, comprende al menos un transformador adaptado para extraer una potencia del sistema de transmisión de potencia, PTS y para alimentar el dispositivo de enfriamiento CD, con la potencia extraída. Más concretamente, el circuito de alimentación, SC, de modo preferente comprende una pluralidad de transformadores igual al número de cables del sistema de transmisión de potencia, PTS, estando cada transformador acoplado con un respectivo cable. Por tanto, en el sistema de transmisión de potencia, PTS, ejemplar mostrado en la Figura 1, el circuito de alimentación, SC,, comprende tres transformadores T_1 , T_2 , T_3 , estando cada transformador T_1 , T_2 , T_3 acoplados con un respectivo cable C_1 , C_2 , C_3 del circuito trifásico. En el caso de que el sistema de transmisión de potencia, PTS, comprenda dos o más circuitos trifásicos, cada cable

50

de cada circuito puede tener su propio transformador. Los transformadores acoplados con cables asociados a una misma fase están, de modo preferente, conectados en paralelo.

La Figura 2 muestra otro detalle de un transformador T_i ($i = 1, 2, 3$) acoplado con el cable respectivo C_i ($i = 1, 2, 3$). El transformador T_i comprende un núcleo magnético, MC_i , que, de modo preferente, es un núcleo magnético laminado. El cable C_i pasa a través de la abertura central del núcleo magnético MC_i y básicamente actúa como devanado primario del transformador T_i . El transformador T_i comprende además un devanado secundario, SW_i , que forma un número N de giros alrededor del núcleo magnético MC_i , y que presenta un primer terminal $E_i(1)$ y un segundo terminal $E_i(2)$.

El transformador T_i también comprende un terminal intermedio $E_i(x)$ que está situado en una posición intermedia en el devanado secundario, SW_i para contactar con uno de los giros intermedios del devanado secundario SW_i . El terminal intermedia $E_i(x)$ está situado de manera que el número de giros comprendido entre el primer terminal $E_i(1)$ y el terminal intermedio $E_i(x)$ es N^* , siendo N^* inferior a N . La posición del terminal intermedio $E_i(x)$ (y por tanto el número N^*) se determina en base a un criterio predeterminado que se describirá con mayor detalle más adelante.

Cada uno de los tres transformadores T_1', T_2', T_3' de modo preferente, presenta la misma estructura que el transformador T_i descrito anteriormente. En particular, el número de giros N y N^* son, de modo preferente, los mismos en los tres transformadores T_1', T_2', T_3' .

Con referencia de nuevo a la Figura 1, el sistema de enfriamiento, CS, comprende una caja de conexiones, JB. Los primeros terminales $E_1(1), E_2(1), E_3(1)$ de los transformadores T_1, T_2, T_3 están, de modo preferente, conectados entre sí y luego conectados a la caja de conexiones, JB. Así mismo, el segundo terminal $E_1(2), E_2(2), E_3(2)$ y los terminales intermedios $E_1(x), E_2(x), E_3(x)$ de los transformadores T_1, T_2, T_3 también están preferentemente conectados a las cajas de conexiones, JB.

El circuito de alimentación, SC, del sistema de enfriamiento, CS, de modo preferente comprende también una unidad de control, CU, interpuesto entre la caja de conexiones, JB, y el dispositivo de enfriamiento, CD. La caja de conexiones, JB, recibe unas líneas de entrada desde los primeros terminales $E_1(1), E_2(1), E_3(1)$ desde los segundos terminales $E_1(2), E_2(2), E_3(2)$ y de los terminales intermedios $E_1(x), E_2(x), E_3(x)$ de los transformadores T_1, T_2, T_3 , aloja dichas líneas; y las emite de salida hacia la unidad de control C1. La unidad de control, CU, de modo preferente comprende una pluralidad de conmutadores adaptados para conectar / desconectar los segundos terminales $E_1(2), E_2(2), E_3(2)$ y / o los terminales intermedios $E_1(x), E_2(x), E_3(x)$ de los transformadores T_1, T_2, T_3 con el dispositivo de enfriamiento, CD, como se describirá con mayor detalle más adelante. Los conmutadores de la unidad de control, CU, son, de modo preferente, conmutadores de control remoto los cuales, de manera opcional, pueden ser operados de forma manual. Además, la unidad de control, CU, puede comprender unos conmutadores manuales adaptados para ser utilizados por un operador humano para controlar y gestionar los conmutadores magnetotérmicos para proteger la potencia de alimentación del cable a los ventiladores del dispositivo de enfriamiento, CD, a los aparatos para alimentar potencia a los ventiladores también en situaciones de emergencia, y situaciones similares.

De modo preferente, el circuito de alimentación, SC, comprende también un sensor de la corriente S_1 , configurado para detectar la corriente I transportada por cualquiera de los cables C_1, C_2, C_3 del sistema de transmisión de potencia, PTS (como se indicó anteriormente, las corrientes alternas I_1, I_2, I_3 transportadas por los cables C_1, C_2, C_3 tienen una amplitud I). La unidad de control, CU, está, de modo preferente, configurada para controlar la corriente controlada por el sensor S_1 de la corriente y para controlar la potencia alimentada al dispositivo de control, CD, en base al valor detectado por la operación apropiada de sus conmutadores como se describirá con mayor detalle más adelante.

Tanto el sistema de transmisión de potencia, PTS, como el sistema de enfriamiento, CS, pueden disponerse en un entorno parcialmente cerrado, por ejemplo un túnel o una bóveda. Como en el caso de la Figura 1, el túnel TN está, de modo preferente, provisto de una entrada A_1 de aire y una salida A_2 de aire.

A continuación se describirá con detalle la operación del sistema de enfriamiento, CS, de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

Como se indicó anteriormente, cada cable C_1, C_2, C_3 transporta una corriente alterna respectiva I_1, I_2, I_3 que tiene la misma amplitud y que produce un efecto de inducción mutua en el respectivo transformador T_1, T_2, T_3 . Dicho efecto de inducción mutua genera en cada transformador T_1, T_2, T_3 :

- un primer voltaje $V_{1(max)}, V_{2(max)}, V_{3(max)}$ y una correspondiente primera potencia $P_{1(max)}, P_{2(max)}, P_{3(max)}$ entre el primer terminal $E_1(1), E_2(1), E_3(1)$ y el segundo terminal $E_1(2), E_2(2), E_3(2)$; y
- un segundo voltaje $V_1(x), V_2(x), V_3(x)$, y una correspondiente segunda potencia $P_1(x), P_2(x), P_3(x)$ entre el primer terminal $E_1(1), E_2(1), E_3(1)$ y el terminal intermedio $E_1(x), E_2(x), E_3(x)$.

Por tanto los transformadores T_1 , T_2 , T_3 pueden alimentar una carga conectada entre sus primeros terminales $E_1(1)$, $E_2(1)$, $E_3(1)$ y sus segundos terminales asociados $E_1(2)$, $E_2(2)$, $E_3(2)$ con una potencia máxima $P_{max} = P_{1(max)} + P_{2(max)} + P_{3(max)}$ que depende de la corriente I . En la siguiente descripción y en las reivindicaciones, la expresión "corriente I " indicará la amplitud de las corrientes alternas I_1 , I_2 , I_3 . En particular, la potencia máxima, P_{max} depende de la corriente I transportada por cada cable C_1 , C_2 , C_3 del sistema de transmisión de potencia, PTS, de acuerdo con una primera función, a saber $P_{max} = f_1(I)$. En particular la potencia máxima P_{max} es proporcional al cuadrado de la corriente I multiplicado por N , siendo N el número de giros del devanado secundario en cada transformador T_1 , T_2 , T_3 .

Además de los transformadores T_1 , T_2 , T_3 pueden alimentar una carga conectada entre sus primeros terminales $E_1(1)$, $E_2(1)$, $E_3(1)$ y sus terminales intermedios $E_1(x)$, $E_2(x)$, $E_3(x)$ con una potencia intermedia $P_x = P_{1(x)} + P_{2(max)} + P_{3(max)}$, que depende también de la corriente I . En particular, la potencia intermedia P_x depende de la corriente I transportada por cada cable C_1 , C_2 , C_3 del sistema de transmisión de potencia, PTS, de acuerdo con una segunda función, a saber $P_x = f_2(I)$. En particular, la potencia intermedia P_x es proporcional al cuadrado de la corriente I multiplicado por N^* , siendo N^* el número de giros del devanado secundario comprendido entre el primer terminal $E_1(1)$, $E_2(1)$, $E_3(1)$ y el terminal intermedio $E_1(x)$, $E_2(x)$, $E_3(x)$ de cada transformador T_1 , T_2 , T_3 . Por tanto, la potencia intermedia P_x es una porción de la potencia máxima, P_{max} , a saber $P_x = k P_{max}$ o $f_2(I) = k f_1(I)$, donde $k = N^* / N$. Dado que N^* es inferior a N , k es inferior a 1.

El dispositivo de enfriamiento, CD, puede ser alimentado o bien con la potencia máxima P_{max} o con la potencia intermedia P_x .

En particular, se determina una corriente de umbral I^{th} . La corriente de umbral I^{th} se determina, de modo preferente, en una condición de estado estable. Mediante el término "condición de estado estable" se significa la condición que existe después de que las condiciones iniciales transitorias y fluctuantes hayan desaparecido y las corrientes, voltajes, o campos permanezcan esencialmente constantes, u oscilen de manera uniforme. Por ejemplo, la corriente de umbral I^{th} se determina como la corriente a la que los conductores de los cables C_1 , C_2 , C_3 del sistema de transmisión de potencia, PTS, llegan a la temperatura máxima permitida T_{max}^* , en el caso de que no se aplique ningún enfriamiento. La temperatura máxima permitida T_{max}^* de modo preferente es la temperatura máxima en una condición de estado estable, a la que los conductores de los cables C_1 , C_2 , C_3 pueden operar con un rendimiento aceptable y sin rupturas o peligros de fuegos (por ejemplo, 90° C). La temperatura máxima permitida T_{max}^* se puede determinar detectando la temperatura del sistema de transmisión de potencia, PTS, en una salida A2 de aire y / o la temperatura de la superficie externa de la vaina del cable, siendo dicha temperatura considerada como una función de la temperatura de los conductores. La corriente de umbral I^{th} depende de las características de los cables C_1 , C_2 , C_3 (en particular sus secciones). La corriente de umbral I^{th} es, de modo preferente, de un 30% a un 50% (por ejemplo, aproximadamente de un 40%) de la corriente máxima I_{max} que un cable del sistema de transmisión de potencia puede transportar (con el enfriamiento aplicado).

La unidad de control, CU, de modo preferente controla la corriente I según es detectada por el sensor S_1 de la corriente.

Cuando la unidad de control, CU, determina que la corriente detectada I es inferior que o igual a la corriente de umbral I^{th} , de modo preferente opera los conmutadores de acuerdo con la conexión del dispositivo de enfriamiento, CD, entre los primeros terminales $E_1(1)$, $E_2(1)$, $E_3(1)$ y los terminales intermedios $E_1(x)$, $E_2(x)$, $E_3(x)$ de los transformadores T_1 , T_2 , T_3 . En dicha configuración, el dispositivo de enfriamiento CD es alimentado con la potencia intermedia $P_x = f_2(I)$. El dispositivo de enfriamiento CD, genera entonces un flujo de aire, que elimina al menos parte del calor liberado por el sistema de transmisión de potencia, PTS.

Además, cuando la unidad de control, CU, determina que la corriente detectada es superior a la corriente de umbral I^{th} , de modo preferente opera sus conmutadores con el fin de conectar el dispositivo de enfriamiento, CD, entre los primeros terminales $E_1(1)$, $E_2(1)$, $E_3(1)$, y los segundo terminales $E_1(2)$, $E_2(2)$, $E_3(2)$, de los transformadores T_1 , T_2 , T_3 . En dicha configuración, el dispositivo de enfriamiento, CD, es alimentado con la máxima potencia $P_{max} = f_1(I)$. El dispositivo de enfriamiento, CD, a continuación continua generando el flujo de aire, lo que elimina al menos parte del calor liberado por el sistema de transmisión de potencia, PTS.

Las Figuras 3a, 3b y 3c muestran los resultados de las simulaciones numéricas llevadas a cabo por el Solicitante de acuerdo con el "Cálculo de la temperatura de los cables en los túneles ventilados", *Électra* n. 143 - 144, agosto 1992. Estas simulaciones numéricas se refieren al dispositivo de enfriamiento, CD, de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. Las simulaciones numéricas han sido llevadas a cabo con arreglo a la base siguiente:

- el sistema de transmisión de potencia que comprende dos circuitos trifásicos paralelos (seis cables);
- la corriente máxima I_{max} de cada cable: 2000 A;
- la corriente de umbral I^{th} : 40% de I_{max} , a saber 800 A;
- la temperatura de conducción permitida máxima, T_{max}^* : 90° C;

- un único dispositivo de enfriamiento que comprende dos ventiladores de succión trifásicos paralelos;
- la potencia máxima de los ventiladores de succión 25 kW;
- la capacidad máxima del flujo del dispositivo de enfriamiento: 6 m/s;
- el voltaje máximo $V_{i(max)}$ de cada transformador (obtenido con la corriente máxima $I_{max} = 2000$ A): 220 V;
- 5 - la potencia máxima $P_{i(max)}$ de cada transformador (obtenida con la corriente máxima $I_{max} = 2000$ A): 10 kW;
- la longitud del túnel 2500 m;
- el tamaño del túnel en sección transversal 2,5 m x 2 m; y
- el coste medio por hora de potencia extraída del sistema de transmisión de potencia: 50 €/ MWh.

10 La Figura 3a muestra la velocidad S (m / s) del flujo de aire generado por el dispositivo de enfriamiento, en función de la corriente I (A) transportado por cada cable del sistema de transmisión de potencia.

15 La línea continua de la Figura 3a representa la operación de acuerdo con la invención y muestra que, aunque la corriente I es inferior o igual a una corriente de umbral $I^{th} = 800$ A, la velocidad del flujo de aire aumenta a medida que la corriente I aumenta, debido a que el dispositivo de enfriamiento es alimentado con la potencia intermedia $P_x = f_2(I)$. En particular, la velocidad del flujo de aire es proporcional a la raíz cúbica de la potencia intermedia P_x que, como se describió anteriormente, es proporcional al cuadrado de la corriente I multiplicado por N^* . Por tanto, por debajo del umbral de corriente I^{th} la velocidad del flujo de aire es proporcional a $(N^* I^2)^{1/3}$.

20 Debe destacarse que, cuando la corriente I aumenta, provocando de esta manera un incremento del calor liberado por el sistema de transmisión de potencia, también aumenta la velocidad del flujo de aire, incrementando con ello la cantidad de calor retirado del sistema de transmisión de potencia. En otras palabras, cuanto mayor sea el calor producido por el sistema de transmisión de potencia, mayor será el calor retirado por el sistema de enfriamiento. El sistema de enfriamiento de la invención es por tanto capaz de autoadaptarse a los cambios de las condiciones operativas del sistema de transmisión de potencia, PTS, también en el intervalo $I < I^{th}$.

25 Cuando la corriente I alcanza la corriente de umbral $I^{th} = 800$ A, la velocidad del flujo de aire vertiginosamente aumenta debido a que el dispositivo de enfriamiento comienza a ser alimentado con la máxima potencia $P_{max} = f_1(I)$. La velocidad del flujo de aire a continuación incrementa cuando la corriente I aumenta, y alcanza su máximo valor (a saber, la capacidad máxima del dispositivo de enfriamiento) de 6 m/s cuando la corriente I iguala la corriente máxima $I_{max} = 2000$ A. En el intervalo $I > I^{th}$, la velocidad del flujo de aire es proporcional a la raíz cúbica de la potencia máxima P_{max} que, según se describió anteriormente, es proporcional al cuadrado de la corriente I multiplicado por N . Por tanto, por encima de la corriente de umbral I^{th} , la velocidad del flujo de aire es proporcional a $(N \cdot I^2)^{1/3}$.

30 La línea de puntos en la Figura 3a se refiere a un primer ejemplo comparativo del sistema de enfriamiento. En este ejemplo comparativo, el dispositivo de enfriamiento fue alimentado con la máxima potencia P_{max} también por debajo de la corriente de umbral I^{th} . En este caso, la velocidad del flujo de aire es en cualquier condición proporcional a $(N \cdot I^2)^{1/3}$ (y no a $(N^* I^2)^{1/3}$), también por debajo de la corriente de umbral I^{th} .

35 La línea de puntos de la Figura 3a se refiere a un segundo ejemplo comparativo de la operación del sistema de enfriamiento. En este ejemplo comparativo, el dispositivo de enfriamiento fue desconectado por debajo de la corriente de umbral I^{th} . Cuando la corriente I alcanza la corriente de umbral $I^{th} = 800$ A, la velocidad del flujo de aire vertiginosamente pasa de cero a un valor de no cero, porque el dispositivo de enfriamiento se ha activado y comienza a ser alimentado con la potencia máxima $P_{max} = f_1(I)$. La velocidad del flujo de aire a continuación aumenta gradualmente cuando la corriente I aumenta y alcanza su valor máximo (a saber, la capacidad de flujo máxima del dispositivo de enfriamiento) de 6 m/s cuando la corriente I iguala la corriente máxima $I_{max} = 2000$ A. En el intervalo $I > I^{th}$, la velocidad del flujo de aire es proporcional a la raíz cúbica de la potencia máxima P_{max} que, como se describió anteriormente es proporcional al cuadrado de la corriente I multiplicado por N . Por tanto, por encima de la corriente de umbral I^{th} la velocidad del flujo de aire es proporcional a $(N \cdot I^2)^{1/3}$.

45 la Figura 3b muestra la temperatura máxima T (°C) del sistema de transmisión de potencia (posiblemente correspondiente a la temperatura máxima del conductor del cable) en función de la corriente I transportada (A) por cada cable del sistema de transmisión de potencia.

50 La línea continua de la Figura 3b representa la operación de acuerdo con la invención y muestra que, aunque la corriente I es inferior o igual a la corriente de umbral $I^{th} = 800$ A, la temperatura máxima aumenta. Dicho aumento es mucho menor que el incremento de la temperatura mostrado por el segundo ejemplo comparativo del sistema de enfriamiento (línea de puntos de la Figura 3b), porque se aplica una temperatura de control también por debajo de la corriente de umbral I^{th} . Por tanto, la temperatura máxima alcanzada en la corriente de umbral $I^{th} = 800$ A es de aproximadamente 45° C, muy por debajo de la temperatura permitida máxima $T_{max}^* = 90^\circ$. Entonces, la corriente I sobrepasa la corriente de umbral $I^{th} = 800$ A, la temperatura máxima se reduce vertiginosamente a partir del valor de aproximadamente 45° C como consecuencia del hecho de que el dispositivo de enfriamiento comienza a ser

alimentado con la potencia máxima P_{max} . La temperatura máxima a continuación aumenta de nuevo cuando la corriente I aumenta, y alcanza la temperatura máxima permitida $T_{max}^* = 90^\circ$ cuando la corriente I iguala la corriente máxima I_{max} .

5 Manteniendo la temperatura del cable en valores inferiores a los alcanzados por el segundo sistema de enfriamiento comparativo, el sistema de enfriamiento de la presente forma de realización es más eficaz para limitar las pérdidas resistivas y los daños a la estructural global de los cables debido al calor. Así mismo, el coste operativo total del sistema de enfriamiento de la presente forma de realización es considerablemente menor que el en el segundo sistema de enfriamiento comparativo como se mostrará con referencia al gráfico de la Figura 3c.

10 La línea de puntos de la Figura 3b se refiere a la operación del primer sistema de enfriamiento comparativo de la Figura 3a. En este caso, la tasa de incremento de la temperatura se reduce en comparación con la alcanzada con el sistema de enfriamiento de la presente forma de realización, porque el dispositivo de enfriamiento es alimentado con la máxima potencia P_{max} también por debajo de la corriente de umbral I^{th} . Este sistema de enfriamiento puede proporcionar un ralentizamiento mayor del proceso de calentamiento en el sistema de transmisión de potencia, sin embargo ello provoca un incremento del coste operativo, como se describirá con mayor detalle con referencia al gráfico de la Figura 3c, y también en un desgaste inútil del dispositivo de enfriamiento porque dicho dispositivo opera también cuando el sistema de transmisión de potencia no necesita efectivamente ser enfriado de manera destacada.

15 La Figura 3c es un gráfico que muestra el coste operativo, OC (k€ / año) del sistema de transmisión de potencia en función de la corriente I (A) transportada por cada cable del sistema de transmisión de potencia. El coste operativo toma en cuenta tanto el coste para transportar potencia a través del sistema de transmisión de potencia y el coste para operar el dispositivo de enfriamiento. El coste para transportar potencia a través del sistema de transmisión de potencia aumenta cuando la temperatura del sistema de transmisión de potencia aumenta. Esto se debe a que un incremento de la temperatura provoca un desgaste incrementado de los cables y una resistencia incrementada de los cables, lo que en último término provoca un incremento de las pérdidas de potencia de los cables. Por otro lado, el exceso de la temperatura implica un incremento del coste para operar el dispositivo de enfriamiento. Esto se debe al descenso de la temperatura del sistema de transmisión de potencia, la velocidad del flujo de aire generado por el dispositivo de enfriamiento se incrementará y, por consiguiente, se incrementa el desgaste del dispositivo de enfriamiento.

20 La línea continua de la Figura 3c representa la operación de acuerdo con la invención como ya se ha analizado en las Figuras 3a y 3b y muestra que aunque la corriente I es inferior o igual a la corriente de umbral $I^{th} = 800$ A el coste para transportar la potencia se incrementa debido al incremento de la temperatura y también el coste para operar el dispositivo de enfriamiento aumenta debido a un aumento de la velocidad del flujo del aire. En $I = I^{th}$, el coste operativo vertiginosamente aumenta, principalmente debido al incremento del coste para operar el dispositivo de enfriamiento cuando comienza a ser alimentado con la potencia máxima P_{max} . A continuación, cuando la corriente I sigue aumentando, el coste operativo gradualmente comienza a incrementarse debido tanto al incremento de la temperatura (lo que provoca un incremento del coste para transportar la potencia sobre el sistema) como por la velocidad del flujo de aire incrementado (lo que provoca un incremento del coste para la operación del dispositivo de enfriamiento).

25 La línea de puntos de la Figura 3c se refiere a la operación del primer sistema de enfriamiento comparativo de la Figura 3a. En todo el intervalo $I < I^{th}$, el coste operativo de este ejemplo comparativo es superior al de un sistema de acuerdo con la presente invención (línea continua de la Figura 6c) en el que el dispositivo de enfriamiento es alimentado con la potencia intermedia P_x y con la potencia máxima P_{max} . Por debajo de la corriente de umbral I^{th} es más conveniente no explotar totalmente el dispositivo de enfriamiento y renunciar a una parte del efecto de enfriamiento máximo lo que se podría obtener alimentando el dispositivo de enfriamiento con la potencia máxima P_{max} .

30 La línea de puntos de la Figura 3c representa la operación del segundo sistema de enfriamiento comparativo de la Figura 3a y muestra que, aunque la corriente I es inferior o igual a la corriente de umbral $I^{th} = 800$ A, el coste operativo aumenta hasta valores considerables porque el coste de transportar la potencia aumenta debido al incremento de la temperatura. El coste para operar el dispositivo de enfriamiento es 0 porque el dispositivo de enfriamiento está desactivado.

35 Incluso en unos valores de corriente relativamente bajos (por ejemplo, en aproximadamente 400 A), el coste del segundo dispositivo de enfriamiento comparativo es algo superior al generado con el sistema de enfriamiento de la presente forma de realización, porque el coste debido a la pérdida resistiva en un cable no enfriado resultó sorprendentemente ser más elevado que el coste de dotar al cable de un sistema de enfriamiento alimentado con una potencia intermedia P_x de acuerdo con la invención.

40 En $I = I^{th}$ el coste operativo del segundo dispositivo de enfriamiento comparativo disminuye vertiginosamente, principalmente debido al repentino, considerable descenso de la temperatura operada por el dispositivo de enfriamiento cuando es activado. Entonces, cuando la corriente I aumenta en mayor medida, el coste operativo comienza gradualmente a aumentar de nuevo debido tanto al incremento de la temperatura (lo que provoca un

incremento del coste de transportar la potencia sobre el sistema) como por el incremento de la velocidad del flujo de aire (lo que provoca un incremento del coste del coste para la operación del dispositivo de enfriamiento).

5 Según lo antes expuesto, la potencia intermedia P_x es una porción de la potencia máxima P_{max} . Normalmente $P_x = k \cdot P_{max}$ siendo k inferior a 1. k es igual a N^* / n . la relación N^* / N (y por tanto el valor de k) puede escogerse para reducir al mínimo el coste operativo del sistema de transmisión de potencia cuando la corriente I sea inferior o igual a la corriente de umbral I^{th} .

10 El valor de $k = N^* / n$ es preferentemente de 0,2 a 0,7. En el caso de la suposiciones anteriores sobre las que se basaron las simulaciones numéricas de las Figuras 3a, 3b, 3c el Solicitante ha estimado que se obtenía un coste operativo mínimo con respecto a la alternativa total $I = < I^{th}$ cuando $k = N^* / N = 0,2$. Esto se consiguió, por ejemplo, disponiendo cada transformador acoplado con los cables de transmisión de potencia con:

- un número total de giros igual a $N = 10$ o $N = 100$; y
- un terminal intermedio en una posición de manera que el número de giros comprendidos entre el primer terminal y el terminal intermedio del transformador sea igual a $N^* = 2$ cuando $N = 10$ o $N^* = 200$ cuando $N = 100$.

15 En el caso mostrado por la línea continua de las Figuras 3a, 3b y 3c, el Solicitante ha estimado que dicho valor de $k = N^* / N = 0,2$ corresponde a un coste operativo mínimo respecto de todo el intervalo $I = < I^{th}$, porque se corresponde con una componenda entre

- una reducción del coste debido a la reducción de la temperatura del sistema de transmisión de potencia debido al efecto de enfriamiento ejercido por el dispositivo de enfriamiento; y

20 - un incremento del coste debido a la operación del dispositivo de enfriamiento.

Escogiendo de forma apropiada k para reducir al mínimo el coste operativo del sistema de transmisión de potencia con respecto a la totalidad del intervalo $I = < I^{th}$, el procedimiento para enfriar el sistema de transmisión de potencia de acuerdo con la presente invención es, por consiguiente, muy eficiente también en el caso de cargas bajas.

25 Así mismo, el sistema de enfriamiento de la presente invención ventajosamente resulta muy seguro. La alimentación de potencia del dispositivo de enfriamiento está siempre garantizado cuando el sistema de transmisión de potencia está operando porque se deriva directamente del propio sistema de transmisión de potencia. Entonces, se reduce al mínimo el riesgo de que el sistema de transmisión de potencia opere sin ningún control de la temperatura, de modo ventajoso.

30 De acuerdo con formas de realización de la presente invención no mostradas en los dibujos, el dispositivo de enfriamiento puede comprender, además de o como alternativa, al sensor de la corriente, un sensor de la temperatura adaptado para detectar la temperatura máxima del sistema de transmisión de potencia, a saber la temperatura del sistema de transmisión de potencia en la salida de aire A_2 y / o la temperatura de la superficie de los cables que es una función de la temperatura del conductor.

35 De acuerdo con estas formas de realización, además o como alternativa a la corriente de umbral I^{th} , una temperatura de umbral T^{th} se determina de modo preferente. La temperatura de umbral, de modo preferente se establece igual a la máxima temperatura permitida T_{max}^* , a saber a la máxima temperatura que el sistema de transmisión de potencia, PTS, alcanza cuando la corriente I iguala la corriente de umbral I^{th} .

40 De acuerdo con estas formas de realización, la unidad de control del sistema de enfriamiento controla la alimentación de potencia del dispositivo de enfriamiento en base a la temperatura máxima detectada y su comparación con la temperatura de umbral T^{th} solo o en combinación con la corriente detectada y su comparación con la corriente de umbral I^{th} . En este último caso (combinación del control de la corriente y la temperatura), la detección - comparación de la temperatura ventajosamente permite que la unidad de control controle de una manera más precisa la alimentación de potencia del dispositivo de enfriamiento especialmente cuando la corriente I está próxima a la corriente de umbral I^{th} o a la temperatura máxima I_{max} . Esto ventajosamente impide que el sistema de
45 transmisión de potencia opere a una temperatura superior a la temperatura máxima permitida T_{max}^* de una manera más eficiente.

50

REIVINDICACIONES

- 1.- Un sistema de enfriamiento (CS) para enfriar un sistema de transmisión de potencia (PTS) que comprende un cable (C_1, C_2, C_3) que transporta una corriente (I) correspondiente a una potencia eléctrica transportada (P), comprendiendo el sistema de enfriamiento (CS):
- 5 - un dispositivo de enfriamiento (CD) dispuesto para suprimir el calor procedente del sistema de transmisión de potencia (PTS);
- un sistema de alimentación de potencia (T_1, T_2, T_3, JB) que comprende al menos un transformador (T_1, T_2, T_3) dispuesto para extraer una fracción (P_{max}, P_x) de dicha potencia eléctrica transportada (P) a partir del del cable (C_1, C_2, C_3) y para alimentar el dispositivo de enfriamiento (CD) con dicha fracción de la potencia
- 10 (P_{max}, P_x), comprendiendo dicho al menos un transformador (T_1, T_2, T_3) un primer terminal ($E_1(1), E_2(1), E_3(1)$), un segundo terminal ($E_1(2), E_2(2), E_3(2)$) y un terminal intermedio ($E_i(x)$) situado en una posición intermedia entre dicho primer terminal ($E_1(1), E_2(1), E_3(1)$) y dicho segundo terminal ($E_1(2), E_2(2), E_3(2)$);
- un sensor configurado para detectar un parámetro de la potencia (P) transportada en el cable;
- una unidad de control (CU) configurada para controlar la cantidad de fracción extraída de la potencia
- 15 (P_{max}, P_x) sensible a dicho parámetro de la potencia (P) transportada en el cable, de manera que
- cuando el parámetro es superior a un umbral (I^{th}) la fracción extraída de la potencia (P_{max}, P_x) es igual al primer valor (P_{max}) que depende de la potencia (P) transportada por el cable a través de una primera función, y
- cuando el parámetro es inferior al umbral (I^{th}), la fracción extraída de la potencia es igual al
- 20 segundo valor (P_x) que depende de la potencia transportada por el cable a través de una segunda función, correspondiendo la segunda función a la primera función multiplicada por un factor k , siendo k un valor superior a 0 e inferior a 1.
- 2.- El sistema de enfriamiento (CS) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el parámetro es la corriente (I) transportada por el cable (C_1, C_2, C_3)
- 25 3.- El sistema de enfriamiento (CS) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho al menos un transformador (T_1, T_2, T_3) comprende un núcleo magnético (M_c).
- 4.- El sistema de enfriamiento (CS) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicha unidad de control (CU) comprende al menos un conmutador que es operado por dicha unidad de control (CU) cuando dicho parámetro es superior a dicho umbral (I^{th}), de manera que el dispositivo de enfriamiento (CD) está conectado entre dicho primer
- 30 terminal ($E_1(1), E_2(1), E_3(1)$) y dicho segundo terminal ($E_1(2), E_2(2), E_3(2)$) de dicho al menos un transformador (T_1, T_2, T_3).
- 5.- El sistema de enfriamiento (CS) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicha unidad de control (CU) comprende al menos un conmutador que es operado por dicha unidad de control (CU) cuando dicho parámetro (I) es inferior o igual a dicho umbral (I^{th}), de manera que el dispositivo de enfriamiento (CD) está conectado entre dicho
- 35 primer terminal ($E_1(1), E_2(1), E_3(1)$) y dicho terminal intermedio ($E_1(x), E_2(x), E_3(x)$) de dicho al menos un transformador (T_1, T_2, T_3).
- 6.- El sistema de enfriamiento (CS) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el factor k es elegido para reducir al mínimo el coste operativo de enfriamiento de dicho sistema de transmisión de potencia (PTS) cuando el parámetro es inferior o igual a dicho umbral (I^{th}).
- 40 7.- El sistema de enfriamiento (CS) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el factor k es un valor constante.
- 8.- El sistema de enfriamiento (CS) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el factor k es de 0,2 a 0,7.
- 9.- El sistema de enfriamiento (CS) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el umbral (I^{th}) se determina como la corriente a la cual un conductor de dicho cable (C_1, C_2, C_3) alcanza una temperatura permitida máxima (T_{max}^*) en el caso de que no se aplique ningún enfriamiento.
- 45 10.- El sistema de enfriamiento (CS) de acuerdo con la reivindicación 9, en el que dicho umbral (I^{th}) es de un 30% a un 50% de una corriente máxima (I_{max}) transportada por dicho cable (C_1, C_2, C_3).
- 11.- El sistema de enfriamiento (CS) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho dispositivo (CD) de enfriamiento comprende al menos un ventilador de succión.
- 50 12.- Un procedimiento para enfriar un sistema de transmisión de potencia (PTS), comprendiendo dicho sistema de transmisión de potencia (PTS) un cable (C_1, C_2, C_3) que transporta una corriente (I) correspondiente a una potencia eléctrica transportada (P), comprendiendo dicho procedimiento, por medio de un sistema de alimentación de

potencia (T_1, T_2, T_3, JB) que comprende al menos un transformador (T_1, T_2, T_3) que comprende al menos un primer terminal ($E_1(1), E_2(1), E_3(1)$) y un segundo terminal ($E_1(2), E_2(2), E_3(2)$) y un terminal intermedio ($E_i(x)$) situado en una posición intermedia entre dicho primer terminal ($E_1(1), E_2(1), E_3(1)$) y dicho segundo terminal ($E_1(2), E_2(2), E_3(2)$):

- 5
- la extracción de una fracción (P_{max}, P_x) de dicha potencia eléctrica transportada (P) de dicho cable (C_1, C_2, C_3); y
 - la alimentación de dicho dispositivo de enfriamiento (CD, CD'), que está dispuesto para eliminar el calor de dicho sistema de transmisión de potencia (PTS) con dicha fracción de la potencia (P_{max}, P_x),
- 10

en el que el procedimiento comprende además la detección de un parámetro de la potencia (P) transportada por el cable por medio de un sensor, y en el que dicha fracción de la potencia (P_{max}, P_x) es extraída para que:

- 15
- cuando dicho parámetro de la potencia (P) transportada por el cable es superior a un umbral (I^{th}), dicha fracción extraída de la potencia (P_{max}, P_x) es igual a un primer valor (P_{max}) que depende de la potencia (P) transportada por el cable a través de una primera fracción;
 - cuando dicho parámetro es inferior a dicho umbral (I^{th}), dicha fracción extraída de la potencia (P_{max}, P_x) es igual a un segundo valor (P_x) que depende de la potencia (P) transportada por el cable a través de una segunda función, correspondiendo dicha segunda función dicha primera función multiplicada por un factor k , siendo k superior a 0 e inferior a 1.
- 20

13.- El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el factor k se escoge para reducir al mínimo un coste operacional de enfriamiento de dicho sistema de transmisión de potencia (PTS) cuando dicho parámetro (I) es inferior o igual a dicho umbral (I^{th}).

25

14.- El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el parámetro es la corriente (I) transportada por dicho cable (C_1, C_2, C_3).

30

15.- El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12 o 14, en el que dicho umbral (I^{th}) se determina como la corriente a la que un conductor de dicho cable (C_1, C_2, C_3) alcanza un máximo de temperatura permitida (T_{max}^*) en el caso de que no se aplique ningún enfriamiento.

35

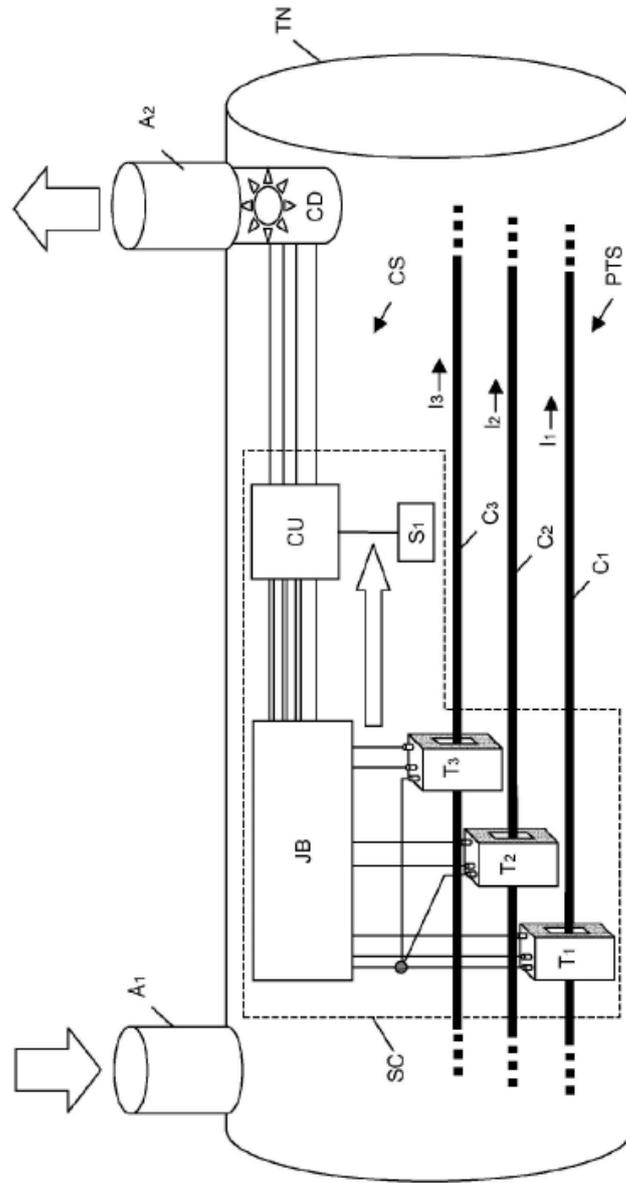


Figura 1

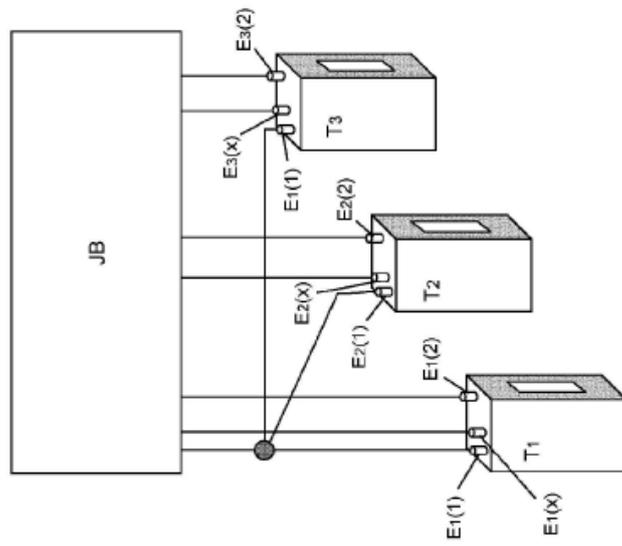


Figura 1a

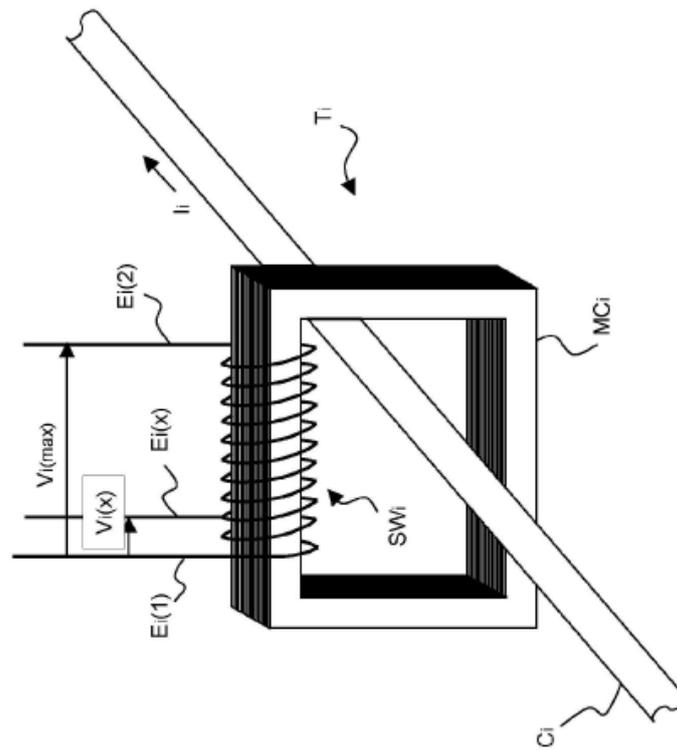


Figura 2

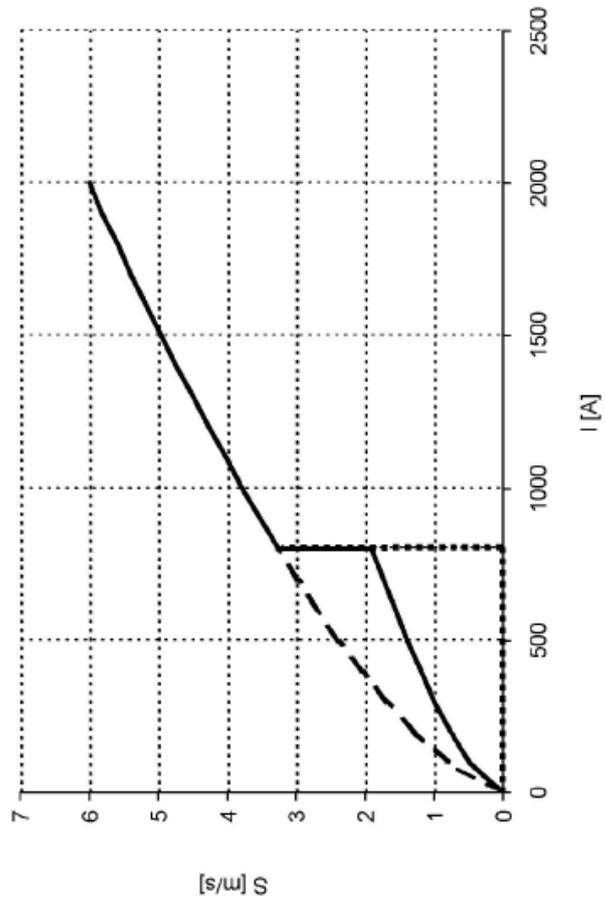


Figura 3a

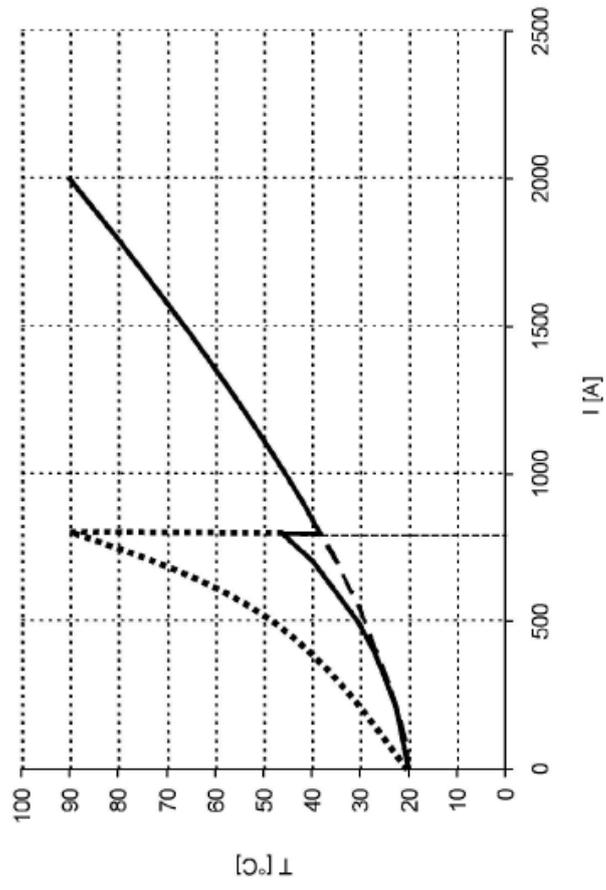


Figura 3b

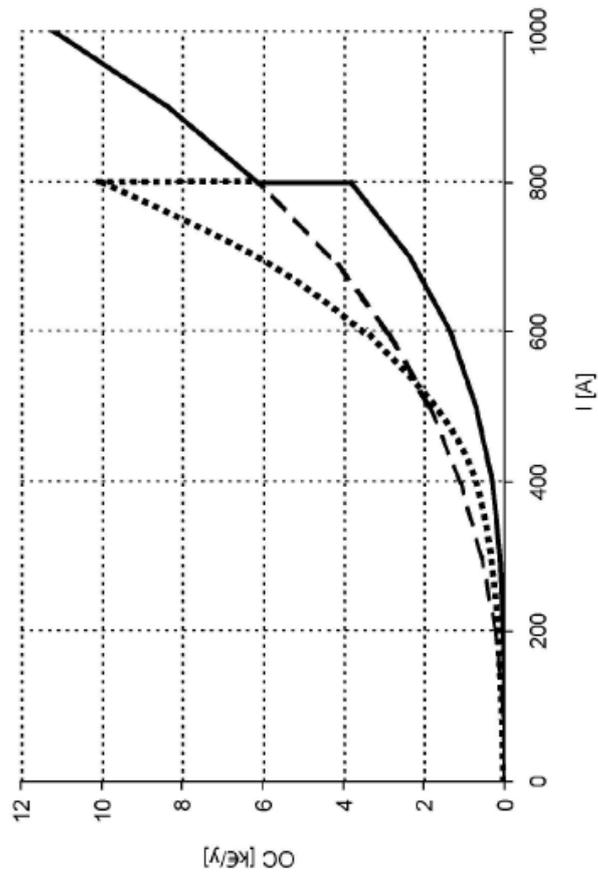


Figura 3c