

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 613**

51 Int. Cl.:
B64G 1/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07803943 .5**
- 96 Fecha de presentación: **26.06.2007**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2032440**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.03.2009**

54 Título: **Dispositivo de regulación térmica pasiva a base de bucle de fluido difásico con bombeo capilar con capacidad térmica**

30 Prioridad:
28.06.2006 FR 0605832

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.06.2012

73 Titular/es:
**ASTRIUM SAS
6, RUE LAURENT PICHAT
75016 PARIS, FR**

72 Inventor/es:
FIGUS, Christophe

74 Agente/Representante:
Veiga Serrano, Mikel

ES 2 382 613 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

Dispositivo de regulación térmica pasiva a base de bucle de fluido difásico con bombeo capilar con capacidad térmica

5

Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un dispositivo de regulación térmica puramente pasivo, a base de al menos un bucle de transferencia térmica con circulación de fluido usado para la refrigeración de fuentes disipadoras de energía térmica.

10

Estado de la técnica

Por el documento de patente FR 2 813 662, se conoce un evaporador capilar para bucle de transferencia térmica, que comprende, en una carcasa dotada de un tubo de entrada de líquido de transferencia de calor y de un tubo de salida de vapor, una masa microporosa que separa, en la carcasa, un volumen de recogida de líquido en conexión con el tubo de entrada y un volumen de evaporación que se comunica con el tubo de salida y cerrado por una placa metálica de superficie de contacto con la fuente caliente que va a refrigerarse, siendo la carcasa de un material de baja conductividad térmica y siendo la masa microporosa de material de plástico que contiene eventualmente cargas de material de baja conductividad térmica. Además, una arandela metálica incrustada en el fondo de la carcasa rodea la desembocadura del tubo de entrada y está conectada al exterior mediante un piñón metálico. Este documento de patente también describe un bucle de transferencia térmica que comprende un evaporador tal como se definió anteriormente, y un condensador, conteniendo el bucle un fluido de transferencia térmica constituido por amoníaco, metanol o agua.

15

20

25

Más precisamente, la invención se refiere a un dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, adecuado para transferir calor de al menos una fuente denominada caliente a al menos una fuente denominada fría, y que comprende al menos un bucle de un fluido difásico con bombeo capilar.

30

Según el estado de la técnica, un bucle de este tipo, comúnmente denominado LHP (acrónimo de la expresión en inglés "Loop Heat Pipe") es un bucle de transferencia térmica que comprende un evaporador, destinado a ponerse en relación de intercambio térmico con al menos una fuente denominada caliente, con el fin de extraer calor de dicha fuente caliente, y que se alimenta, a través de una masa microporosa conectada a una reserva de fluido difásico en estado líquido, con fluido difásico líquido destinado a vaporizarse en el evaporador. Este último está conectado mediante un conducto de vapor a un condensador, destinado a ponerse en relación de intercambio térmico con al menos una fuente denominada fría, y por tanto destinado a restituir el calor extraído de la fuente caliente a dicha fuente fría, a la que se transmite calor mediante la condensación en el condensador de fluido en fase de vapor para dar fluido en fase líquida, que se devuelve al evaporador mediante un conducto de líquido que conecta el condensador al evaporador.

35

40

Por tanto, el evaporador y el condensador están conectados mediante una tubería en bucle en la que circula un fluido difásico en estado líquido, en la parte fría del bucle o conducto de líquido, y en estado gaseoso en su parte caliente, o conducto de vapor.

45

En este tipo de bucle, el bombeo del fluido se garantiza mediante capilaridad (bucle capilar), gracias a la masa microporosa conectada a la reserva de fluido en estado líquido y que garantiza el bombeo de este fluido líquido mediante capilaridad en el evaporador. Por tanto, el fluido líquido presente en la reserva del evaporador se evapora al contacto de la fuente caliente, y el gas así creado se evacua hacia el condensador, en relación de intercambio térmico con la fuente fría, y en el que el gas se condensa y vuelve en estado líquido hacia el evaporador para crear un ciclo de transferencia de calor.

50

En un bucle de este tipo, la capilaridad se usa como presión motriz, y el intercambio de fase líquida-vapor se usa como medio de transporte de la energía.

55

La reserva de fluido líquido, situada en la proximidad de la fuente caliente, en general en la cara trasera del evaporador, permite alimentar el bucle en líquido en función de la temperatura o de la potencia de funcionamiento.

60

Una limitación de este tipo de bucle de transferencia térmica con evaporador capilar procede del hecho de que, cuando las condiciones externas reducen sensiblemente la temperatura de la fuente fría, o la temperatura de la fuente caliente, o las dos temperaturas a la vez, y esto sin que la temperatura de la fuente caliente se vuelva inferior a la de la fuente fría, el funcionamiento de un bucle de este tipo según el estado de la técnica tiene como efecto, en todos los casos, reducir aún más la temperatura de la fuente caliente, eventualmente por debajo de su intervalo de funcionamiento normal. En este caso, y tal como se conoce en el estado de la técnica, se recurre a calentadores que permiten regular la temperatura de la fuente caliente o de la fuente fría, instalándose lo más frecuentemente tales calentadores en contacto con dichas fuentes o sobre la pared de un depósito asociado con el evaporador y que contiene la reserva de fluido difásico líquido. No obstante, el uso de calentadores tiene el inconveniente de consumir

65

energía eléctrica, siempre disponible en cantidad limitada y con costes muy elevados a bordo de vehículos espaciales, concretamente de satélites. Eventualmente, además, el uso de calentadores necesita un control activo, a partir de sensores de temperatura, implantados concretamente en las fuentes mencionadas anteriormente o en el depósito mencionado anteriormente, así como de una unidad de control de los calentadores y de tratamiento de las señales de los sensores de temperatura, lo que hace que el dispositivo de regulación térmica sea más complejo y más costoso.

Objeto de la invención

El objetivo pretendido por la presente invención es aliviar estas limitaciones, y proponer un dispositivo de regulación térmica a base de bucle de fluido difásico con bombeo capilar, del tipo presentado anteriormente, que satisfaga mejor que los dispositivos conocidos del estado de la técnica las diversas exigencias de la práctica, y, en particular, que aporte otras ventajas, las cuales aparecerán a lo largo de la siguiente descripción.

La idea en la base de la invención se basa en la adición, a al menos un bucle tal como se presentó anteriormente, de al menos una capacidad térmica que, en funcionamiento nominal del dispositivo de regulación térmica, cuando dicho bucle recibe una potencia térmica que va a transportarse, acumula calor gracias a un flujo térmico que transita desde la fuente caliente a través del fluido difásico en estado líquido y presente en el, o en la proximidad del, evaporador, mientras que el bucle, en funcionamiento nominal, evacua la mayor parte de la potencia térmica que recibe hacia el condensador y la fuente fría, y que, cuando la potencia térmica que va a disiparse disminuye o se anula, o la temperatura de la fuente fría disminuye, restituye energía térmica al bucle, de manera que es posible controlar, incluso parar, el funcionamiento de dicho bucle, y ello de manera totalmente pasiva.

Para ello, la invención propone un dispositivo de regulación térmica del tipo presentado anteriormente, que comprende al menos un bucle de un fluido difásico con bombeo capilar tal como también se presentó anteriormente, y que se caracteriza porque comprende además al menos una capacidad térmica, en relación de intercambio térmico permanente con fluido en fase líquida de dicho al menos un bucle de fluido difásico.

Dicha al menos una capacidad térmica comprende al menos una masa de al menos un material de cambio de fase. En este caso, en efecto, el material de cambio de fase presenta, mediante absorción del calor latente de cambio de fase, una gran capacidad de almacenamiento térmico que mejora la capacidad de control del dispositivo de regulación térmica.

Al menos un material de cambio de fase también puede ser un fluido difásico de cambio de fase líquida-gaseosa, pudiendo este fluido difásico ser idéntico al de dicho al menos un bucle de fluido difásico del dispositivo de regulación, o diferente del fluido difásico de este bucle. No obstante, ventajosamente, al menos un material de cambio de fase es de cambio de fase sólida-líquida, lo que facilita la realización de la capacidad térmica adicional y su integración en el evaporador del bucle de fluido difásico, y lo que también ofrece la ventaja de facilitar la selección del o de los materiales de cambio de fase de la o de las capacidades térmicas adicionales para ajustar el intervalo de funcionamiento del bucle de fluido difásico correspondiente y de la fuente caliente.

Otra ventaja es que el o los materiales de cambio de fase de la o de las capacidades térmicas pueden seleccionarse de manera que el dispositivo de regulación funciona como interruptor térmico, parando el funcionamiento de dicho al menos un bucle de fluido difásico en condiciones de temperatura determinadas de la fuente fría y/o de la fuente caliente.

En todos los casos, el dispositivo de regulación térmica según la invención permite una transferencia térmica entre la o las capacidades térmicas y la reserva de fluido líquido de dicho al menos un bucle de transferencia de fluido difásico, estando dicha al menos una capacidad térmica en relación de intercambio térmico principalmente con al menos una parte del conducto de líquido de dicho al menos un bucle de fluido difásico, o, ventajosamente, estando dicha al menos una capacidad térmica en relación de intercambio térmico principalmente con dicha reserva de fluido líquido de dicho al menos un bucle de fluido difásico.

Esta transferencia térmica entre la capacidad térmica y la reserva de fluido líquido del bucle de transferencia, ya sea a nivel del evaporador, ya sea a nivel de la tubería de circulación del líquido, puede realizarse de manera directa, mediante conducción, en cuyo caso es ventajoso que dicha al menos una capacidad térmica esté en contacto directo con el evaporador de dicho al menos un bucle de fluido difásico.

Pero esta transferencia térmica también puede realizarse de manera indirecta, de manera que la capacidad térmica esté desviada de la reserva de fluido líquido del evaporador, en cuyo caso dicha capacidad térmica está en relación de intercambio térmico con dicho evaporador mediante al menos un caloducto y/o al menos un bucle intermedio de transferencia térmica.

Según un ejemplo de realización ventajosamente sencillo de poner en práctica, dicha al menos una capacidad térmica está fijada a o en una carcasa de dicho evaporador, que aloja dicha reserva de fluido líquido y dicha masa microporosa de dicho al menos un bucle de fluido difásico, y en la proximidad de una entrada de fluido líquido,

procedente de dicho conducto de líquido correspondiente, en dicha carcasa, en el lado de la carcasa que es opuesto a una cara caliente de dicho evaporador, formando superficie de contacto con dicha fuente caliente o bucle intermedio de transferencia térmica o con dicho caloducto, y en la proximidad de una salida de fluido de vapor en dicho conducto de vapor correspondiente.

5 Ventajosamente en este caso, para mejorar la acción conjunta del evaporador y de la masa microporosa, al menos un resorte, preferiblemente helicoidal, que se apoya contra un fondo de dicha carcasa adyacente a dicha capacidad térmica para empujar dicha masa microporosa hacia dicha cara caliente de dicho evaporador, está dispuesto en dicha reserva de fluido líquido.

10 Para facilitar la realización del bucle de fluido difásico, dicha carcasa de dicho evaporador está ventajosamente dotada de un tubo de entrada de fluido líquido procedente de dicho conducto de líquido y de un tubo de salida de fluido de vapor hacia dicho conducto de vapor, y encierra dicha masa microporosa que separa, en dicha carcasa, un volumen de reserva de fluido líquido, en comunicación con dicho tubo de entrada, de un volumen de evaporación en comunicación con dicho tubo de salida, y cerrado por dicha cara caliente dispuesta en placa térmicamente conductora de superficie de contacto con dicha fuente caliente que va a refrigerarse.

15 Por tanto, durante el funcionamiento de dicho al menos un bucle de fluido difásico del dispositivo de regulación térmica según la invención, dicha al menos una capacidad térmica asociada va a almacenar una parte de la energía proporcionada por la fuente caliente, y esto más allá de una determinada temperatura (de vaporización o de fusión) cuando ventajosamente un material de cambio de fase (respectivamente líquida-vapor o sólida-líquida) funciona como capacidad térmica. En el caso en el que la temperatura de la fuente caliente se reduce, eventualmente por debajo de un umbral de temperatura (temperatura de condensación o temperatura de solidificación) si un material de cambio de fase (respectivamente líquida-gaseosa o sólida-líquida) funciona como capacidad térmica, esta capacidad térmica devuelve la totalidad o parte de la energía térmica almacenada a la reserva de fluido con la que está en relación de intercambio térmico. Un primer efecto es calentar así el fluido difásico líquido que circula en el bucle o contenido en el evaporador de este bucle. Un segundo efecto es disminuir, de manera totalmente pasiva, el rendimiento térmico del bucle de transferencia, que es muy sensible a la temperatura de este fluido en estado líquido. En efecto, un bucle de fluido difásico de este tipo transporta casi la totalidad de la energía térmica mediante cambio de fase del fluido, y requiere para funcionar algunas frigorías para mantener en estado líquido el fluido que circula del condensador hacia el evaporador. El calentamiento de este líquido, según la invención, mediante al menos una capacidad térmica adicional, permite modificar muy sensiblemente el rendimiento de transferencia térmica del bucle, que funciona por tanto como regulador térmico (rendimiento térmico no nulo, poca transferencia), incluso como interruptor térmico (rendimiento térmico nulo, ninguna transferencia).

20 El dispositivo de regulación térmica según la invención es apropiado para numerosas aplicaciones. En particular, pueden mencionarse aplicaciones a bordo de vehículos espaciales, cuando un vehículo de este tipo experimenta grandes amplitudes térmicas en su intervalo de funcionamiento, por ejemplo entre fases en las que está iluminado directamente por el sol, y fases de eclipse en las que ya no está directamente expuesto a la radiación solar.

25 En este tipo de vehículo espacial, la potencia térmica de los equipos disipadores a bordo, en particular equipos electrónicos, se disipa tal como se conoce a partir del estado de la técnica, mediante radiación por medio de radiadores en contacto con el espacio frío, estando definido el tamaño de esos radiadores por el entorno térmico caliente del vehículo. En fase de eclipse, para los casos fríos, y según el estado de la técnica, los radiadores o los equipos disipadores pueden calentarse por medio de calentadores.

30 La invención también tiene por tanto como objeto la aplicación de un dispositivo de regulación térmica propio de la invención, y tal como se definió anteriormente, para la regulación de temperatura de una fuente caliente, que comprende al menos un equipo disipador de una nave espacial, tal como un satélite, con transferencia térmica a una fuente fría que es un sumidero de calor que comprende al menos un radiador de dicha nave espacial.

35 Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la descripción facilitada a continuación, a modo no limitativo, de un ejemplo de realización descrito con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

40 **Descripción de las figuras**

- la figura 1 es una vista parcial, parcialmente en sección y parcialmente en alzado lateral, de un dispositivo de regulación térmica según la invención, en la parte de extremo de su bucle de fluido difásico con bombeo capilar que comprende el evaporador y una capacidad térmica propia de la invención,

60 - la figura 2a es una vista esquemática en alzado lateral del dispositivo de regulación térmica parcialmente representado en la figura 1, que conecta una fuente caliente a una fuente fría, para explicar el principio de funcionamiento del bucle de fluido difásico del dispositivo, en la configuración en la que la fuente caliente debe refrigerarse, y

65

- la figura 2b es una vista análoga a la figura 2a para explicar el principio de funcionamiento de dicho bucle, cuando este último está parado.

Descripción detallada de la invención

5 El ejemplo de dispositivo de regulación térmica (o regulador térmico) puramente pasivo representado en las figuras 1 a 2b comprende un único bucle de fluido difásico con bombeo capilar, designado en su conjunto por la referencia (1), interpuesto en bucle de transferencia térmica con circulación de fluido caloportador entre una fuente (A) denominada
10 fuente caliente que va a refrigerarse, por ejemplo un equipo electrónico disipador de calor a bordo de un satélite, y una fuente (B) denominada fría, en este ejemplo un radiador soportado sobre una cara externa del satélite, cuya estructura portadora se indica esquemáticamente como (S).

15 El bucle (1) comprende esencialmente, en sus dos extremos, un evaporador designado en su conjunto por la referencia (2), que extrae calor del equipo (A) disipador en funcionamiento, y un condensador (3) que restituye este calor al radiador (B). El bucle (1) también comprende un primer conducto (4) de fluido que conecta la salida (5) del evaporador (2) a la entrada (6) del condensador (3), y por el que el evaporador (2) alimenta al condensador (3) con fluido difásico (por ejemplo amoniaco de fórmula NH_3) en fase de vapor, razón por la cual el conducto (4) se denomina conducto de vapor, y un segundo conducto (7) de fluido que conecta la salida (8) del condensador (3) a la
20 entrada (9) del evaporador (2), y por el que el condensador (3) alimenta al evaporador (2) con fluido difásico en fase líquida, razón por la cual este conducto (7) se denomina conducto de líquido.

25 El evaporador (2) es adecuado para absorber calor extraído del equipo (A) disipador mediante evaporación del fluido difásico que circula en el bucle (1), transfiriéndose el fluido gaseoso que sale del evaporador (2) por el conducto (4) de vapor al condensador (3), adecuado para restituir y evacuar el calor hacia el radiador (B) mediante condensación del fluido vaporizado, volviendo entonces el fluido en estado líquido por el conducto (7) de líquido al evaporador (2), de manera que se forma así un bucle de fluido de transferencia de calor.

30 Tal como se representa en la figura 1, el evaporador (2) comprende una carcasa (10) metálica, dotada de un tubo (9) de entrada del fluido líquido procedente del conducto (7) de líquido, y de un tubo (5) de salida de fluido de vapor hacia el conducto (4) de vapor, y la carcasa (10) encierra una masa (11) microporosa que separa, en el interior de la carcasa (10), un volumen (12) de reserva de fluido líquido en el que desemboca el tubo (9) de entrada, de un volumen (13) de evaporación, que se comunica con el tubo (5) de salida, y que está cerrado, en el lado opuesto a la
35 masa (11) microporosa, por una cara (14) caliente del evaporador (2), manteniéndose esta cara caliente a poca distancia de la masa (11) por una estructura en rejilla que forma un separador, y que está constituida por una placa gruesa térmicamente conductora que cierra la carcasa (10) en un extremo y que constituye una placa de superficie de contacto con el equipo (A) disipador que va a refrigerarse en funcionamiento, y placa (14) mediante la cual se fija el evaporador (2) aplicado contra este equipo (A).

40 La masa (11) microporosa garantiza por tanto el bombeo por capilaridad del fluido líquido de la reserva (12) hacia el volumen (13) de evaporación, en el que el fluido líquido así bombeado se vaporiza mediante el calor extraído del equipo (A) disipador por la cara (14) caliente, y el fluido vaporizado se escapa por el tubo (5) de salida hacia el conducto (4) de vapor y el condensador (3), en el que se condensa y vuelve por el conducto (7) de líquido hacia el evaporador (2) para crear un ciclo de transferencia de calor.

45 Para favorecer el bombeo capilar garantizado por la masa (11) microporosa, esta última se empuja elásticamente en la carcasa (10) hacia la placa conductora de la cara (14) caliente por un resorte (15), por ejemplo helicoidal, dispuesto en el volumen (12) de reserva de fluido líquido, y aplicado por un extremo contra la masa (11) microporosa apoyándose, por su otro extremo, contra un fondo (16) que cierra la reserva (12) de fluido líquido y realizado de un metal o aleación metálica buen conductor del calor.

50 Según la invención, una capacidad (17) térmica está asociada al bucle (1) de manera que está en relación permanente de intercambio térmico con el fluido líquido de la reserva (12).

55 Esto se obtiene ventajosamente, tal como se representa en la figura 1, fijando la capacidad (17) térmica en contacto directo con el evaporador (2), de manera que la relación de intercambio térmico entre el fluido líquido de la reserva (12) y la capacidad (17) térmica se realiza mediante conducción.

60 Pero, como variante, la capacidad (17) térmica puede desviarse con respecto al evaporador (2), en cuyo caso la capacidad (17) térmica puede fijarse en relación permanente de intercambio térmico con una parte del conducto (7) de líquido, y preferiblemente con el tubo (9) de entrada, que contiene fluido en estado líquido, o incluso acoplarse térmicamente al evaporador (2) mediante al menos un caloducto o al menos un bucle intermedio de transferencia térmica.

65 La capacidad (17) térmica puede estar constituida por una masa de inercia térmica importante (bloque metálico con buena conductividad térmica) fijada por ejemplo al fondo (16) de la reserva (12) de fluido líquido, o montada en la carcasa (10) del evaporador (2).

Según la invención, la capacidad (17) térmica comprende un depósito (18), que se fija bajo el fondo (16) y/o a la carcasa (10), en la prolongación de esta última, del evaporador (2), y contiene una masa de un material (19) de cambio de fase, que puede ser un fluido difásico análogo, incluso idéntico, al del bucle (1), pero que es preferiblemente un material (19) de cambio de fase sólida-líquida. Las transferencias térmicas entre la capacidad (17) térmica y la reserva (12) de fluido líquido se permiten por tanto directamente mediante conducción a través del fondo (16) y de la carcasa (10).

De manera inevitable, existe una conexión térmica parásita, pero débil, entre la fuente (A) caliente (equipo disipador) y la capacidad (17) térmica.

Disponiendo un material (19) de cambio de fase (o bien sólida-líquida, mediante el uso de una parafina por ejemplo, o bien de cambio de fase líquida-gaseosa), como capacidad de almacenamiento térmico mediante absorción del calor latente de cambio de fase, a nivel de la cara trasera del evaporador (2), es decir en el otro lado del fondo (16) de la carcasa (10) con respecto a la reserva (12) de fluido líquido, es posible usar esta capacidad (17) térmica para modificar el rendimiento cuando el bucle (1) disipa una potencia, tal como se representa en la figura 2a. En este caso, el equipo (A) disipador irradia calor (radiación r_1), y transfiere un flujo de calor principal (Q1) al evaporador (2), del que se transfiere un flujo de calor (Q2) por el fluido vaporizado por el evaporador (2) y que circula en el conducto (4) de vapor al condensador (3), transfiriendo un flujo de calor (Q3) al radiador (B), que irradia este calor hacia el espacio frío (radiación r_2), mientras que se transfiere un flujo de calor (Q4) por la reserva (12) de fluido líquido del evaporador (2) a la capacidad (17) térmica. Por tanto, en funcionamiento nominal, cuando el bucle (1) recibe una potencia térmica que va a transportarse al condensador (3), el material (19) de cambio de fase acumula calor, mediante licuefacción o vaporización del material, debido al flujo de calor (Q4) que transita a través del evaporador (2), mientras que el bucle (1), que funciona de manera nominal, evacua la mayor parte de la potencia térmica mediante el flujo (Q2) hacia el evaporador (3) y la fuente (B) fría.

Por el contrario, si el bucle (1) ya no funciona en potencia transportada, tal como se describió anteriormente con referencia a la figura 2a, sino en gradiente de temperatura (véase la figura 2b), es decir cuando la potencia térmica que va a disiparse por el equipo (A) disminuye hasta anularse, o cuando la temperatura de la fuente (B) fría se reduce, ensayos han mostrado que es suficiente con mantener la reserva (12) de fluido líquido del evaporador (2) más caliente que la cara (14) caliente de este evaporador (2), con el fin de eliminar completamente el funcionamiento del bucle (1). Esto se obtiene por el hecho de que el material (19) de cambio de fase restituye energía térmica mediante el flujo (Q5) a la reserva (12) de fluido líquido del evaporador (2), mediante condensación o solidificación del material (19) de cambio de fase, de manera que por medio de esto, es posible controlar e incluso parar el funcionamiento del bucle (1) de fluido difásico con bombeo capilar, de manera completamente pasiva.

En este caso, no se transporta ningún flujo térmico por el bucle (1), y el evaporador (2) calienta el equipo (A) que irradia hacia el interior del satélite (radiación r_3).

Se crea así un interruptor térmico con un dimensionamiento apropiado de la capacidad (17) térmica (mediante ajuste de la masa (y de la naturaleza) del material (19) de cambio de fase) y por tanto es posible regular/controlar el bucle (1) a lo largo de un periodo muy grande, tanto más cuanto que la acumulación de calor del material (19) de cambio de fase de una capacidad (17) térmica montado directamente en la reserva (12) de fluido líquido de un bucle (1) es mucho más rápida que su restitución de energía térmica.

Para reiniciar el bucle (1), basta o bien con volver a poner el equipo (A) disipador en funcionamiento, de manera que vuelva a disiparse potencia térmica, o bien con que la temperatura de la fuente (B) fría vuelva a aumentarse.

El uso de un bucle (1) de transferencia capilar cuyo evaporador (2) está equipado con una capacidad (17) térmica basado en el uso de un material (19) de cambio de fase según la invención permite, por un lado, transferir eficazmente energía térmica del equipo (A) hacia el radiador (B) cuando la temperatura del equipo (A) es superior a la temperatura de fusión del material (19), en el caso de un material (19) de cambio de fase sólida-líquida, y todo ello calentando también la capacidad (17) térmica por medio del flujo térmico parásito que transita a través del evaporador (2). Cuando la temperatura del equipo (A) se reduce por debajo de un determinado umbral, definido por la temperatura de solidificación del material (19) de cambio de fase, la capacidad (17) térmica restituye calor a la reserva (12) líquida del bucle (1) capilar, lo que tiene como efecto calentar el líquido frío procedente del condensador (3), y disminuir el rendimiento térmico del bucle (1) de transferencia, de manera que el equipo (A) se mantendrá de manera pasiva en un intervalo de temperatura limitado impidiendo una transferencia eficaz de calor del equipo (A) hacia el radiador (B) durante esta fase.

También puede mencionarse la aplicación del dispositivo a la regulación pasiva de temperatura de un equipo (A) cuya disipación térmica es variable (estando la fuente (B) fría a una temperatura supuesta aproximadamente constante). En este caso, el uso del dispositivo según la invención permite de la misma manera reducir sensiblemente el intervalo de variación de temperatura del equipo (A) y ello de manera totalmente pasiva. En efecto, en este caso, la capacidad (17) térmica absorbe una parte del excedente de energía de gran potencia, permitiendo así una transferencia térmica muy buena con la fuente (B) fría (acoplamiento fuerte) y restituye esta energía al

líquido que circula hacia el evaporador (2) a baja potencia, permitiendo una baja transferencia térmica hacia el condensador (3), y por tanto el radiador (B), a baja potencia (acoplamiento débil).

- 5 En un caso de aplicación muy general, el dispositivo según la invención se aplica a un sistema sometido a limitaciones de funcionamiento y de entorno tales como, al mismo tiempo, la disipación de la fuente (A) caliente y el flujo térmico externo recibido por la fuente (B) fría varían. En todos los casos, el uso del dispositivo según la invención permite limitar de manera pasiva los desvíos de temperatura de la fuente (A) caliente, filtrando las perturbaciones térmicas de cada uno de los extremos del bucle de transferencia, a nivel del evaporador (2) y del condensador (3).
- 10 En todos estos ejemplos de aplicación, debe observarse que la regulación térmica se realiza de manera totalmente pasiva, sin uso de termistancia, termostato, calentador, medio de adquisición y de tratamiento de datos, o de cualquier tipo de sistema de control térmico activo o semiactivo que use uno o varios de esos elementos.
- 15 De manera general, es posible modificar el comportamiento de este regulador térmico, aislando térmicamente más o menos la capacidad (17) térmica del entorno y del bucle (1) de transferencia, o en cuanto a la elección del material (19) de cambio de fase. El regulador puede por tanto ajustarse en función del intervalo de temperatura de uso.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, adecuado para transferir calor de al menos una fuente (A) denominada caliente a al menos una fuente (B) denominada fría, y que comprende al menos un bucle (1) de un fluido difásico con bombeo capilar, que comprende un evaporador (2), destinado a ponerse en relación de intercambio térmico con dicha al menos una denominada fuente (A) caliente, y alimentado, a través de una masa (11) microporosa conectada a una reserva (12) de fluido difásico en estado líquido, con fluido difásico líquido destinado a vaporizarse en el evaporador (2), conectado mediante un conducto (4) de vapor a un condensador (3), destinado a ponerse en relación de intercambio térmico con dicha al menos una
- 10 fuente (B) denominada fría, a la que se transmite calor mediante la condensación en el condensador (3) de fluido en fase de vapor para dar fluido en fase líquida, que se devuelve al evaporador (2) mediante un conducto (7) de líquido que conecta el condensador (3) al evaporador (2), comprendiendo el dispositivo además al menos una capacidad (17) térmica, en relación de intercambio térmico permanente con fluido en fase líquida de dicho al menos un bucle (1) de fluido difásico, caracterizado porque dicha al menos una capacidad (17) térmica comprende al menos una masa de al menos un material (19) de cambio de fase; cuando la temperatura de la fuente (A) caliente se reduce por debajo de un umbral de temperatura de cambio de fase, la capacidad (17) térmica es apropiada para restituir calor a dicha reserva de fluido (12) del bucle (1).
- 20 2. Dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, según la reivindicación 1, caracterizado porque al menos un material (19) de cambio de fase también es un fluido difásico de cambio de fase líquida-gaseosa, idéntico al de dicho al menos un bucle (1) de fluido difásico o diferente del fluido difásico de dicho bucle (1).
- 25 3. Dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque al menos un material (19) de cambio de fase es de cambio de fase sólida-líquida.
- 30 4. Dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque dicho material (19) de cambio de fase se selecciona para ajustar el intervalo de funcionamiento de dicho al menos un bucle (11) de fluido difásico y de dicha fuente (A) denominada caliente.
- 35 5. Dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el material (19) de cambio de fase se selecciona de manera que el dispositivo de regulación funciona como interruptor térmico, parando el funcionamiento de dicho al menos un bucle (1) de fluido difásico en condiciones de temperatura determinadas de la fuente (B) denominada fría y/o de la fuente (A) denominada caliente.
- 40 6. Dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque dicha al menos una capacidad (17) térmica está en relación de intercambio térmico principalmente con al menos una parte del conducto (7) de líquido de dicho al menos un bucle (1) de fluido difásico.
- 45 7. Dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque dicha al menos una capacidad (17) térmica está en relación de intercambio térmico principalmente con dicha reserva (12) de fluido líquido de dicho al menos un bucle (1) de fluido difásico.
- 50 8. Dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, según la reivindicación 7, caracterizado porque dicha al menos una capacidad (17) térmica está en contacto directo con el evaporador (2) de dicho al menos un bucle (1) de fluido difásico.
- 55 9. Dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, según la reivindicación 7, caracterizado porque dicha al menos una capacidad (17) térmica está desviada con respecto al evaporador (2) de dicho al menos un bucle (1) de fluido difásico, y en relación de intercambio térmico con dicho evaporador (2) mediante al menos un caloducto y/o un bucle intermedio de transferencia térmica.
- 60 10. Dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque dicha al menos una capacidad (17) térmica está fijada a, o en, una carcasa (10) de dicho evaporador (2), que aloja dicha reserva (12) de fluido líquido y dicha masa (11) microporosa de dicho al menos un bucle de fluido difásico, y en la proximidad de una entrada (9) de fluido líquido, procedente de dicho conducto (7) de líquido correspondiente, en dicha carcasa (10), en el lado de la carcasa (10) que es opuesto a una cara (14) caliente de dicho evaporador (2), formando superficie de contacto con dicha fuente (A) denominada caliente o bucle intermedio de transferencia térmica o con dicho caloducto, y en la proximidad de
- 65 una salida (5) de fluido de vapor en dicho conducto (4) de vapor correspondiente.

- 5 11. Dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, según la reivindicación 10, caracterizado porque al menos un resorte (15), por ejemplo helicoidal, que se apoya contra un fondo (16) de dicha carcasa (10) adyacente a dicha capacidad (17) térmica para empujar dicha masa (11) microporosa hacia dicha cara (14) caliente de dicho evaporador (2), está dispuesto en dicha reserva (12) de fluido líquido.
- 10 12. Dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, según una de las reivindicaciones 10 y 11, caracterizado porque dicha carcasa (10) de dicho evaporador (2) está dotada de un tubo (9) de entrada de fluido líquido procedente de dicho conducto (7) de líquido y de un tubo (5) de salida de fluido de vapor hacia dicho conducto (4) de vapor, y encierra dicha masa (11) microporosa que separa, en dicha carcasa (10), un volumen (12) de reserva de fluido líquido, en comunicación con dicho tubo (9) de entrada, de un volumen (13) de evaporación en comunicación con dicho tubo (5) de salida, y cerrado por dicha cara (A) caliente dispuesta en placa térmicamente conductora de superficie de contacto con dicha fuente (A) denominada caliente que va a refrigerarse.
- 15 13. Uso de un dispositivo de regulación térmica con circulación de fluido caloportador en circuito cerrado, según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque su uso se hará en la regulación de temperatura de una fuente (A) denominada caliente que comprende al menos un equipo disipador de una nave espacial, tal como un satélite (S), con transferencia térmica a una fuente (8) denominada fría que es un sumidero de calor que comprende al menos un radiador de dicha nave espacial.
- 20

FIG.1.



