

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 811**

51 Int. Cl.:

F04B 15/06 (2006.01)

F04B 49/06 (2006.01)

F25B 23/00 (2006.01)

F28D 15/02 (2006.01)

F28F 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2022** **E 22180651 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2024** **EP 4108917**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente**

30 Prioridad:

24.06.2021 FR 2106761

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.01.2025

73 Titular/es:

THALES (100.00%)
4 Rue de la Verrerie
92190 Meudon, FR

72 Inventor/es:

DOMPNIER, RÉMI;
SACCONI, GIACOMO;
DELMAS, ANTHONY;
HUGON, JULIEN y
CHAIX, ALAIN

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 994 811 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 y procedimiento de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente

5 La presente invención pertenece al campo del control térmico de conjuntos de equipos disipadores. La invención se refiere a un dispositivo y un procedimiento de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente. Se describe en el ámbito de las naves espaciales tipo satélite, pero puede aplicarse a cualquier sistema de bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente.

10 Tradicionalmente, un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente comprende un circuito cerrado por el que circula un fluido caloportador, un evaporador, por el que circula el fluido y se evapora a un estado parcialmente gaseoso (denominado bifásico) bajo el efecto de la energía suministrada por el equipo disipador, un condensador, por cuya entrada circula el fluido en estado parcialmente gaseoso y se transforma en un fluido líquido, una bomba, situada entre la salida del condensador y la entrada del evaporador, diseñada para mover el fluido en el circuito cerrado desde el evaporador al condensador en estado parcialmente gaseoso y desde el condensador al evaporador en estado líquido, un depósito de fluido conectado al circuito cerrado, diseñado para compensar las variaciones en el volumen de fluido en el circuito cerrado.

20 En termodinámica, el término saturación define una condición en la que una mezcla de vapor y líquido pueden existir juntos a una temperatura y presión dadas. La temperatura a la que comienza a producirse la vaporización (ebullición) para una presión dada se denomina temperatura de saturación o punto de ebullición. La presión a la que comienza a producirse la vaporización (ebullición) para una temperatura dada se denomina presión de saturación. Cuando la calidad del vapor es igual a 0, hablamos de un estado líquido saturado. Cuando la calidad del vapor es igual a 1, se dice que el vapor está saturado. Entre estos dos estados, se habla de mezcla vapor-líquido. A presión constante, un aporte de energía no modifica la temperatura de la mezcla, pero sí la calidad del vapor. Los parámetros a los que se produce la saturación de un fluido predefinido se tabulan en tablas de vapor y son conocidos por el experto en la materia. En un diagrama de fases, en las regiones bifásicas, sobre todo cerca de los límites de las fases vapor/líquido, especificar sólo la temperatura define la presión y la presión especifica la temperatura. En otras palabras, existe una relación entre la presión y la temperatura de saturación. A continuación, cuando hablamos de control de la temperatura de saturación, debemos entender el control de la presión y viceversa.

30 El subenfriamiento es la diferencia entre la temperatura del fluido líquido y la temperatura de saturación (fijada por la presión).

La necesidad consiste en controlar un bucle de fluido bifásico de este tipo con el fin de respetar ciertas restricciones de funcionamiento de los equipos disipadores instalados y de los subsistemas que constituyen el bucle.

35 Más concretamente, uno de los componentes críticos de un bucle bombeado mecánicamente es su bomba. Para garantizar su correcto funcionamiento durante toda la vida útil del satélite, la bomba debe funcionar únicamente con un fluido líquido (sin NCG -gases no condensables- ni vapor de NH₃) y con un nivel de subenfriamiento suficientemente elevado para eliminar cualquier riesgo de cavitación. Por lo tanto, en el resto de este documento, nos referiremos al parámetro crítico como subenfriamiento mínimo.

Otros componentes también deben funcionar a un nivel mínimo de subenfriamiento para evitar la cavitación (restrictores, trampas de gas). En aras de la simplicidad, aquí sólo se tratará el ejemplo de la bomba.

40 Los equipos disipadores también tienen ciertas restricciones de funcionamiento, una temperatura máxima pero también una limitación de los ciclos térmicos que sufren (en número y amplitud) para limitar los fenómenos de fatiga de sus constituyentes.

45 En el estado de la técnica conocido, el control de la presión en el bucle de fluido se consigue mediante un control muy simple que consiste en fijar un nivel de presión en el bucle en un valor máximo restringido por el límite de temperatura del equipo disipador instalado en el satélite. En función de la presión de regulación, el bucle de fluido es monofásico o bifásico.

El estado de la técnica se ejemplifica en el documento WO 2013/034170. 11

50 Para los bucles monofásicos, los fallos son los siguientes. El caudal debe ser muy elevado para transportar toda la potencia sin saturar el fluido y mantenerse dentro de un rango de temperatura compatible con los equipos del satélite. Por tanto, para una misma capacidad de transporte, la masa de un bucle de este tipo es mucho mayor. Además, una solución de este tipo presenta importantes faltas de homogeneidad de temperatura a lo largo de los intercambiadores de calor, ya que la energía del equipo disipador se almacena en forma de diferencia de temperatura.

55 Para los bucles bifásicos, este procedimiento no garantiza en absoluto un subenfriamiento mínimo en la bomba, lo que es destructivo para el subsistema. Esta solución tampoco garantiza una variación limitada de la temperatura en el equipo disipador, para evitar problemas de ciclos de temperatura.

Otra desventaja está relacionada con las altas tensiones termoelásticas con los componentes en contacto tanto con el fluido saturado como con el fluido subenfriado. Esta solución tampoco garantiza la homogeneidad térmica entre el equipo situado a la entrada del evaporador y el situado a la salida.

Además, la solución existente reduce la gama de eficacia del producto. Las soluciones actuales consisten en controlar un nivel de saturación en el bucle, pero no se centran en las limitaciones operativas del producto. El resultado es un producto que no está optimizado para las limitaciones operativas. Otra limitación importante asociada a un alto nivel de subenfriamiento son las tensiones termoelásticas en los intercambiadores de calor.

La invención pretende aliviar todos o algunos de los problemas mencionados anteriormente proponiendo el control de un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente, en particular para una aplicación espacial. Las leyes de control se utilizan para regular dinámicamente la presión dentro del bucle con el fin de ajustar la temperatura de saturación para limitar la intensidad de sus variaciones en el tiempo o la diferencia entre la temperatura de saturación y la temperatura del líquido (subenfriamiento). En particular, la invención proporciona control del bucle bombeado mecánicamente para garantizar condiciones de sólo líquido en la bomba (u otro equipo que requiera un subenfriamiento mínimo), con un nivel de subenfriamiento lo suficientemente alto como para eliminar cualquier riesgo de cavitación.

A tal fin, el objeto de la invención es un dispositivo de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente, comprendiendo el bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente:

- un circuito cerrado en el que circula un fluido caloportador;
- al menos un evaporador que comprende una entrada y una salida, a través del cual el fluido fluye desde la entrada del evaporador en estado líquido hacia la salida del evaporador, estando el evaporador configurado para transformar el fluido en estado líquido en un fluido en estado parcialmente gaseoso;
- al menos un condensador que comprende una entrada y una salida, a través de las cuales fluye fluido en estado parcialmente gaseoso desde la entrada del condensador hacia la salida del condensador, estando el condensador configurado para transformar el fluido en estado parcialmente gaseoso en fluido en estado líquido;
- una bomba, situada entre la salida del condensador y la entrada del evaporador, diseñada para mover el fluido en el circuito cerrado del evaporador al condensador en estado parcialmente gaseoso y del condensador al evaporador en estado líquido;
- un depósito de fluido conectado al circuito cerrado, diseñado para compensar las variaciones del volumen de fluido en el circuito cerrado;

estando el dispositivo de control caracterizado porque comprende:

- un dispositivo para medir la temperatura del fluido en estado líquido, capaz de proporcionar un valor medido de la temperatura del fluido en estado líquido;
- un dispositivo para medir la presión del fluido en un punto del circuito cerrado, capaz de suministrar un valor medido de presión del fluido;
- un dispositivo para ajustar la presión en el circuito cerrado;
- un medio de control del dispositivo para ajustar la presión, o la temperatura de saturación, en función del valor medido de presión del fluido, o de temperatura de saturación, y de un valor de consigna de presión, o de temperatura de saturación, siendo dicho valor de consigna de presión, o de temperatura de saturación, variable en función del valor medido de temperatura del fluido en estado líquido y del valor máximo de temperatura del depósito o de presión máxima en el circuito durante un período previamente definido.

Ventajosamente, el dispositivo de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la invención comprende además:

- un dispositivo para medir la temperatura del fluido en el depósito, capaz de proporcionar un valor medido de la temperatura del fluido en el depósito,
- un dispositivo para calentar el fluido del depósito,

y en el que los medios de control están configurados para activar el dispositivo de calentamiento del fluido en el depósito, a fin de controlar una diferencia entre el valor medido de la temperatura del fluido en estado líquido y el valor medido de la temperatura del fluido en el depósito.

Ventajosamente, el dispositivo de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la invención comprende además:

- un calculador de una diferencia entre el valor medido de la temperatura de saturación, o de la presión en el circuito, y un valor máximo previamente definido de la temperatura de saturación, o de la presión en el circuito cerrado,

y en el que los medios de control están configurados para activar el dispositivo de ajuste de la presión en el circuito cerrado si la diferencia es superior a un valor umbral previamente definido.

Ventajosamente, el dispositivo para medir la temperatura del fluido en estado líquido es un sensor de temperatura sumergido en el circuito cerrado o dispuesto en una pared externa del circuito cerrado.

5 Ventajosamente, el dispositivo para medir la presión del fluido en un punto del circuito cerrado es un sensor de presión dispuesto en el circuito cerrado o un sensor de temperatura del fluido en estado parcialmente gaseoso dispuesto en el circuito cerrado entre la salida del evaporador y la entrada del condensador o un sensor de temperatura dispuesto en el depósito.

Ventajosamente, el dispositivo para ajustar la presión en el circuito cerrado es un dispositivo mecánico de control de la presión o un dispositivo para calentar el fluido en el depósito.

10 La invención también se refiere a un procedimiento de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente, el bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente que comprende:

- un circuito cerrado en el que circula un fluido caloportador;
- al menos un evaporador que comprende una entrada y una salida, a través del cual el fluido fluye desde la entrada del evaporador en estado líquido hacia la salida del evaporador, estando el evaporador configurado para transformar el fluido en estado líquido en un fluido en estado parcialmente gaseoso;
- 15 • al menos un condensador que comprende una entrada y una salida, a través de las cuales fluye fluido en estado parcialmente gaseoso desde la entrada del condensador hacia la salida del condensador, estando el condensador configurado para transformar el fluido en estado parcialmente gaseoso en fluido en estado líquido;
- una bomba, situada entre la salida del condensador y la entrada del evaporador, diseñada para mover el fluido en el circuito cerrado del evaporador al condensador en estado parcialmente gaseoso y del condensador al
- 20 evaporador en estado líquido;
- un depósito de fluido conectado al circuito cerrado, diseñado para compensar las variaciones del volumen de fluido en el circuito cerrado;

estando el procedimiento de control caracterizado porque comprende:

- una etapa para medir la temperatura del fluido en estado líquido, proporcionando un valor medido para la temperatura del fluido en estado líquido;
- una etapa para medir la presión o la temperatura de saturación del fluido en el circuito cerrado, proporcionando un valor medido para la presión o la temperatura de saturación del fluido;
- una etapa de ajuste de la presión o de la temperatura de saturación en el circuito cerrado en función del valor medido de la presión del fluido o de la temperatura de saturación y de un valor de presión o de temperatura de consigna, siendo dicho valor de presión o de temperatura de consigna variable en función del valor medido de la temperatura del fluido en estado líquido y de la presión o de la temperatura de saturación a lo largo de un período previamente definido.

35 Ventajosamente, la etapa de ajuste de la presión se lleva a cabo calentando el fluido, o por acción mecánica, en el depósito, a fin de controlar una diferencia entre el valor de temperatura medido del fluido en estado líquido y un valor de temperatura medido del fluido en el depósito.

Ventajosamente, la etapa de ajuste de la presión se realiza si una diferencia entre el valor medido de la temperatura de saturación y un valor máximo previamente definido de la temperatura de saturación es mayor que un valor umbral previamente definido.

40 La invención se entenderá mejor y otras ventajas se harán evidentes a partir de la descripción detallada de una realización dada a modo de ejemplo, una descripción ilustrada por los dibujos adjuntos en los que:

[Fig.1] La figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la invención;

[Fig.2] La figura 2 representa esquemáticamente una realización de un dispositivo de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la invención;

45 [Fig.3] La figura 3 representa una ley de control de subenfriamiento en función de la temperatura del fluido líquido según la invención;

[Fig.4] La figura 4 representa esquemáticamente otra realización de un dispositivo de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la invención;

50 [Fig.5] La figura 5 representa la evolución de la temperatura de saturación en función del tiempo en un punto del bucle de fluido bifásico, sin y con control de la variación de la temperatura en el tiempo de acuerdo con la invención;

[Fig.6] La figura 6 representa esquemáticamente un diagrama de flujo de las etapas del procedimiento de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la invención.

En aras de la claridad, los mismos elementos llevarán las mismas marcas de referencia en las distintas figuras. Para una mejor visibilidad y comprensión, los elementos no siempre se muestran a escala.

La figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo (10) de control de la presión de un fluido caloportador en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la invención. El bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente comprende un circuito cerrado 11 por el que circula un fluido caloportador 20. El bucle comprende al menos un evaporador 12 que comprende una entrada 13 y una salida 14, a través de los cuales el fluido fluye desde la entrada 13 del evaporador 12 en estado líquido 20-liq hacia la salida 14 del evaporador 12, estando el evaporador 12 configurado para transformar el fluido en estado líquido 20-liq en fluido en estado parcialmente gaseoso 20-g. El evaporador está configurado para recuperar y captar cierta cantidad de energía térmica del exterior del bucle, en particular del equipo disipador del satélite. El fluido caloportador 20, entonces en estado líquido 20-liq a la entrada del evaporador, recibe esta energía térmica y se evapora parcialmente para transformarse en un fluido en estado parcialmente gaseoso 20-g en el evaporador, y abandona el evaporador en fluido en estado parcialmente gaseoso 20-g. El bucle comprende al menos un condensador 15 que comprende una entrada 16 y una salida 17, a través de los cuales el fluido en estado parcialmente gaseoso 20-g fluye desde la entrada 16 del condensador 15 hacia la salida 17 del condensador 15, estando configurado el condensador 15 para transformar el fluido en estado parcialmente gaseoso 20-g en fluido en estado líquido 20-liq. El condensador está configurado para liberar cierta cantidad de energía térmica fuera del bucle, por ejemplo en el espacio frío que rodea al satélite. El fluido caloportador 20, entonces en estado parcialmente gaseoso 20-g a la entrada del condensador, pierde esta energía térmica y se condensa parcial o totalmente, transformándose en un fluido en estado líquido 20-liq en el condensador, y saliendo del condensador como un fluido en estado líquido o bifásica 20-liq. El bucle comprende una bomba 18, dispuesta entre la salida 17 del condensador 15 y la entrada 13 del evaporador 12, diseñada para mover el fluido en el circuito cerrado 11 desde el evaporador 12 al condensador 15 en estado parcialmente gaseoso 20-g, y desde el condensador 15 al evaporador 12 en estado líquido 20-liq. Por último, el bucle incluye un depósito de fluido 19 conectado al circuito cerrado 11, diseñado para compensar las variaciones del volumen de fluido en el circuito cerrado 11, en relación con la cantidad de vapor, debido a la evaporación, presente en el circuito cerrado.

Según la invención, el dispositivo de control 10 comprende un dispositivo para medir 21 la temperatura del fluido en estado líquido 20-liq capaz de proporcionar un valor medido 22 de temperatura del fluido en estado líquido, un dispositivo para medir 23 la presión del fluido en un punto del circuito cerrado 11 capaz de proporcionar un valor medido 24 de presión del fluido, un dispositivo 25 de regulación de la presión en el circuito cerrado 11, unos medios 26 de acoplamiento del dispositivo 25 de regulación de la presión en función del valor 24 de presión del fluido medido y de un valor Pcons de presión de consigna, siendo dicho valor Pcons de presión de consigna variable en función de los valores 22 y 24 respectivamente medidos de temperatura del fluido en estado líquido 20-liq y de presión en el bucle.

El dispositivo según la invención permite así una regulación dinámica de la presión dentro del bucle para ajustar la diferencia entre la temperatura de saturación (función de la presión interna en el bucle) y la temperatura del fluido en estado líquido aguas arriba de la bomba. En efecto, el dispositivo 25 de regulación de la presión en el circuito cerrado 11 se activa en función del valor 24 de la presión medida del fluido y de un valor de consigna Pcons, y el valor de consigna Pcons de la presión (objetivo) no es un valor fijo sino que depende del valor 22 de la temperatura del fluido en estado líquido 20-liq.

La figura 2 representa esquemáticamente una realización de un dispositivo 50 de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la invención. En esta realización, el dispositivo de control 50 comprende un dispositivo para medir 28 la temperatura del fluido en el depósito 19, capaz de proporcionar un valor medido 29 de la temperatura del fluido en el depósito 19, y un dispositivo para calentar 30 el fluido en el depósito 19. En esta disposición, en la que el contenido del depósito es bifásico, la temperatura del depósito 19 está directamente vinculada a la temperatura de saturación, que a su vez está vinculada a la presión en el circuito 11. Además, los medios de control 26 están configurados para activar el dispositivo para calentar el fluido en el depósito 19, con el fin de controlar una diferencia entre el valor medido 22 para la temperatura del fluido en estado líquido 20-liq y el valor medido 29 para la temperatura del fluido en el depósito 19. De este modo, se puede controlar la diferencia de temperatura entre la temperatura del fluido y la del depósito.

El resultado es la regulación de la diferencia entre la temperatura de saturación y la temperatura del fluido en estado líquido. También se conoce como ley de control del subenfriamiento. Esta ley de regulación elimina el riesgo de cavitación y la presencia de burbujas en la bomba o en cualquier otro componente sensible.

La figura 3 muestra una ley de control del subenfriamiento (eje de ordenadas) en función de la temperatura del fluido líquido (eje de abscisas) según la invención. El subenfriamiento cuantifica la diferencia entre la temperatura de saturación y la temperatura del fluido. A una determinada temperatura del fluido (por ejemplo T_α), se asigna un nivel de subenfriamiento (nivel α). En nuestro ejemplo, el fluido utilizado es amoníaco. En este caso, el requisito de subenfriamiento aumenta a medida que disminuye la temperatura del fluido porque la solubilidad de los gases no condensables (NCG) disminuye a medida que disminuye la temperatura. Por tanto, la ley garantiza la disolución de las burbujas de NCG. La elección de los niveles α y β se basa en el subenfriamiento necesario para eliminar el riesgo de cavitación en la bomba y otros componentes sensibles, así como en el volumen del bucle, la cantidad estimada de

NCG en el bucle y el rango de temperatura de funcionamiento. La curva de la figura 3 es un ejemplo de curva de la ley de subenfriamiento. Esta curva se determina experimentalmente a partir de una serie de mediciones de temperatura y corresponde a un fluido caloportador y un equipo determinados. El subenfriamiento se controla calentando el fluido en el depósito para controlar la diferencia entre la temperatura del fluido en el depósito, es decir, la presión y el nivel de saturación en el bucle, y la temperatura del fluido en estado líquido, es decir, la diferencia de temperatura entre la entrada de la bomba y el depósito.

La figura 4 representa esquemáticamente otra realización de un dispositivo (60) de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la invención. En esta realización, el dispositivo de control 60 también comprende un calculador 40 para calcular una diferencia 41 entre el valor medido 24 de la presión en el circuito 11 en un tiempo t y un valor máximo 42 de la presión en el circuito 11 medido durante un período previamente definido. Los medios de control 26 están configurados para activar el dispositivo de ajuste de presión 25 en el circuito cerrado 11 si la diferencia 41 es mayor que un valor umbral predefinido 43. De este modo, el fluido del circuito cerrado 11 puede presurizarse para limitar la variación de la temperatura de saturación. Todo este procedimiento de control puede realizarse en función de las temperaturas de saturación en lugar de las presiones.

El resultado es el control de la amplitud de variación de la presión y, por tanto, de la temperatura de saturación durante un periodo determinado. El objetivo es limitar la altura de variación de la temperatura de saturación durante un periodo definido para limitar los ciclos térmicos de los equipos disipadores.

La figura 5 muestra la evolución de la temperatura de saturación (eje y) en función del tiempo (eje x) en un punto del bucle de fluido bifásico, sin (lado izquierdo de la figura) y con (lado derecho de la figura) control de la variación de la temperatura en el tiempo de acuerdo con la invención.

La temperatura del equipo está estrechamente vinculada a la temperatura de saturación (fijada por la presión) en el bucle. Las variaciones en el entorno del satélite generan variaciones en la temperatura de saturación y, por tanto, en la temperatura del equipo disipador. Estas variaciones pueden provocar problemas de fatiga debido a los numerosos ciclos a lo largo de la vida útil del satélite. Esto se muestra en la curva de la izquierda de la Figura 5. Sin controlar la variación de la temperatura en el tiempo, podemos ver que la temperatura de saturación oscila entre un valor máximo 42 y valores mínimos. En este caso, la diferencia 44 entre la temperatura de saturación y el valor máximo puede ser muy grande.

La solución innovadora de la invención es una ley que limita la variación de la temperatura de saturación durante un periodo determinado. Por ejemplo, durante un periodo determinado, se observa la temperatura máxima del fluido en el depósito. Así se puede determinar el valor máximo 42. Se define un valor umbral 43 entre el valor medido 29 de la temperatura del fluido en el depósito (temperatura de saturación) y el valor máximo 42. El valor umbral 43 se elige en función de las tensiones de fatiga del equipo disipador. El periodo de deslizamiento sobre el que se efectúa este control depende del tipo de satélite, de su órbita y del equipo disipador que haya que controlar. Una vez definidos el valor umbral 43 y el valor máximo 42, el dispositivo de control 60 está configurado para observar la temperatura actual del depósito 29 a intervalos regulares y determinar si la diferencia actual 41 entre la temperatura actual del depósito 29 y la temperatura máxima 42 es inferior al valor umbral 43. Si es inferior, significa que la temperatura actual del tanque 29 está dentro del rango de temperatura aceptable. Si es superior, para evitar variaciones térmicas excesivas en el bucle, se activa el dispositivo de ajuste de presión 25 en el circuito cerrado 11. En otras palabras, se activa la presurización en el bucle.

Ventajosamente, el dispositivo 21 para medir la temperatura del fluido en estado líquido 20-liq es un sensor de temperatura sumergido en el circuito cerrado 11 o dispuesto en una pared exterior del circuito cerrado 11.

Ventajosamente, el dispositivo 23 para medir la presión del fluido en un punto del circuito cerrado 11 es un sensor de presión dispuesto en el circuito cerrado 11, en un punto cualquiera del circuito cerrado 11 o un sensor de temperatura del fluido en estado parcialmente gaseoso 20-g dispuesto en el circuito cerrado 11 entre la salida 14 del evaporador 12 y la entrada 16 del condensador 15, es decir, en la denominada zona bifásica, o de nuevo, en el caso del uso de un depósito bifásico 19, un sensor de temperatura del fluido en el depósito 19 del circuito 11.

Ventajosamente, el dispositivo 25 para ajustar la presión en el circuito cerrado 11 es un dispositivo mecánico de control de la presión, por ejemplo un pistón o un diafragma, o un dispositivo para calentar el fluido en el depósito 19.

La figura 6 representa esquemáticamente un diagrama de flujo de las etapas del procedimiento de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la invención. El procedimiento de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente descrito anteriormente comprende las siguientes etapas:

- una etapa 101 de medición de la temperatura del fluido en estado líquido 20-liq que proporciona un valor medido 22 de la temperatura del fluido en estado líquido;
- una etapa 102 para medir la presión o la temperatura de saturación del fluido en el circuito cerrado, proporcionando un valor medido 24 para la presión del fluido o la temperatura de saturación 29. Este valor 29 se almacena durante un periodo determinado. El valor máximo del valor 29 durante este periodo determinado es el valor máximo 42.

- una etapa 103 de ajuste de la presión o de la temperatura de saturación en el circuito cerrado en función del valor medido de la presión del fluido 24 o de la temperatura de saturación y de un valor de consigna de presión Pset o de un valor de consigna de temperatura Tset, siendo variable dicho valor de consigna de presión Pset o dicho valor de consigna de temperatura Tset en función del valor medido de la temperatura 22 del fluido en estado líquido y de la presión o de la temperatura de saturación máximas 42 durante un período determinado.

5

Las etapas de medición de temperatura y presión 101 y 102 pueden realizarse simultánea o secuencialmente.

En una realización del procedimiento de la invención, la etapa 103 de ajuste de la presión se lleva a cabo calentando 104 el fluido, o por acción mecánica, en el depósito 19, con el fin de controlar una diferencia entre el valor medido 22 de temperatura del fluido en estado líquido y los valores medidos 29 y 42 de temperatura del fluido en el depósito bifásico 19.

10

En otra realización de la invención, además o alternativamente a la realización precedente, la etapa 103 de ajuste de la presión se realiza si una diferencia 41 entre el valor medido 22 de la temperatura del fluido en estado líquido y un valor máximo 42 previamente definido de la temperatura del fluido en el depósito bifásico 19 es superior a un valor umbral 43 previamente definido.

15

Gracias a la invención, la regulación se basa directamente en los parámetros que intervienen en las limitaciones operativas del equipo disipador o del propio satélite. La solución ofrece así una regulación que garantiza la buena salud del bucle de fluido, así como del equipo disipador, al tiempo que optimiza la capacidad de transporte de calor del sistema.

20

La invención proporciona un control dinámico de la saturación en el bucle de fluido. Se denomina control activo porque la presión en el circuito cerrado se ajusta en tiempo real en función de los parámetros observados y los valores fijados de las leyes aplicadas.

25

La invención también permite el control dinámico del subenfriamiento mediante el control de una diferencia entre la temperatura actual del fluido en estado líquido y la del fluido en el depósito. Este control dinámico del subenfriamiento se consigue recalentando el fluido del depósito, no constantemente, sino en función de la temperatura del fluido en estado líquido en el circuito cerrado.

La invención también permite controlar la amplitud de los ciclos de temperatura del equipo.

Por último, la invención proporciona un control activo del nivel de solubilidad de los NCG teniendo en cuenta el subenfriamiento.

30

De forma más general, será evidente para el experto en la materia que se pueden realizar varias modificaciones a las realizaciones descritas anteriormente, a la luz de la información que se acaba de revelar.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (10, 50, 60) de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente, comprendiendo el bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente:

- 5 - un circuito cerrado (11) en el que circula un fluido caloportador (20);
- al menos un evaporador (12) que comprende una entrada (13) y una salida (14), a través de las cuales el fluido fluye desde la entrada (13) del evaporador (12) en estado líquido (20-liq) hacia la salida (14) del evaporador (12), estando el evaporador (12) configurado para transformar el fluido en estado líquido (20-liq) en fluido en estado parcialmente gaseoso (20-g);
- 10 - al menos un condensador (15) que comprende una entrada (16) y una salida (17), a través de las cuales el fluido en estado parcialmente gaseoso (20-g) fluye desde la entrada (16) del condensador (15) hacia la salida (17) del condensador (15), estando el condensador (15) configurado para transformar el fluido en estado parcialmente gaseoso (20-g) en fluido en estado líquido (20-liq);
- una bomba (18), dispuesta entre la salida (17) del condensador (15) y la entrada (13) del evaporador (12), destinada a poner en movimiento el fluido del circuito cerrado (11) desde el evaporador (12) hacia el condensador (15) en estado parcialmente gaseoso (20-g) y desde el condensador (15) hacia el evaporador (12) en estado líquido (20-liq);
- 15 - un depósito de fluido (19) conectado al circuito cerrado (11), destinado a compensar las variaciones del volumen de fluido en el circuito cerrado (11);

comprendiendo el dispositivo de control (10)

- 20 - un dispositivo (21) para medir la temperatura del fluido en estado líquido (20-liq) capaz de proporcionar un valor medido (22) de la temperatura del fluido en estado líquido;
- un dispositivo (23) para medir la presión del fluido en un punto del circuito cerrado (11), capaz de suministrar un valor medido de presión del fluido (24);
- un dispositivo (25) para ajustar la presión en el circuito cerrado (11);
- 25 - un medio (26) para controlar el dispositivo (25) de ajuste de la presión, o de la temperatura de saturación, en función del valor medido (24, 29) de presión del fluido, o de temperatura de saturación, y de un valor de consigna (Pcons, Tcons) de presión, o de temperatura de saturación, 2. **caracterizado porque** dicho valor de consigna de presión (Pcons), o de temperatura de saturación (Tcons), es variable en función del valor medido (22) de temperatura del fluido en estado líquido (20-liq) y de un valor máximo (42) de temperatura del depósito (19) o de presión máxima en el circuito cerrado (11) durante un período previamente definido.
- 30

2. Dispositivo (50) de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la reivindicación 1, que comprende además:

- un dispositivo (28) para medir la temperatura del fluido en el depósito (19), capaz de suministrar un valor medido (29) de la temperatura del fluido en el depósito (19),
- 35 - un dispositivo (30) para calentar el fluido del depósito (19),

y en el que el medio de control (26) está configurado para activar el dispositivo de calentamiento del fluido en el depósito (19), a fin de controlar una diferencia entre el valor medido (22) de temperatura del fluido en estado líquido (20-liq) y el valor medido (29) de temperatura del fluido en el depósito (19).

3. Dispositivo (60) de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la reivindicación 1 o 2, que comprende además:

- 40 - un calculador (40) de una diferencia (41) entre el valor medido (29, 24) de la temperatura de saturación, o de la presión en el circuito cerrado (11), y un valor máximo (42) previamente definido de la temperatura de saturación, o de la presión en el circuito cerrado (11),

45 y en el que el medio de control (26) está configurado para activar el dispositivo (25) de ajuste de la presión en el circuito cerrado (11) si la diferencia (41) es superior a un valor umbral (43) previamente definido.

4. Dispositivo (10, 50, 60) de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el dispositivo (21) para medir la temperatura del fluido en estado líquido (20-liq) es un sensor de temperatura sumergido en el circuito cerrado (11) o dispuesto en una pared exterior del circuito cerrado (11).

50 5. Dispositivo (10, 50, 60) de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el dispositivo (23) para medir la presión del fluido en un punto del circuito cerrado (11) es un sensor de presión dispuesto en el circuito cerrado (11) o un sensor de temperatura del fluido en estado parcialmente gaseoso (20-g) dispuesto en el circuito cerrado (11) entre la salida (14) del evaporador (12) y la entrada (16) del condensador (15) o un sensor de temperatura dispuesto en el depósito (19).

6. Dispositivo (10, 50, 60) de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el dispositivo (25) para ajustar la presión en el circuito cerrado (11) es un dispositivo mecánico de control de la presión o un dispositivo para calentar el fluido en el depósito (19).

5 7. Procedimiento de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente, comprendiendo el bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente:

- un circuito cerrado (11) en el que circula un fluido caloportador (20);
- al menos un evaporador (12) que comprende una entrada (13) y una salida (14), a través de las cuales el fluido fluye desde la entrada (13) del evaporador (12) en estado líquido (20-liq) hacia la salida (14) del evaporador (12),
10 estando el evaporador (12) configurado para transformar el fluido en estado líquido (20-liq) en fluido en estado parcialmente gaseoso (20-g);
- al menos un condensador (15) que comprende una entrada (16) y una salida (17), a través de las cuales el fluido en estado parcialmente gaseoso (20-g) fluye desde la entrada (16) del condensador (15) hacia la salida (17) del condensador (15), estando el condensador (15) configurado para transformar el fluido en estado parcialmente gaseoso (20-g) en fluido en estado líquido (20-liq);
15
- una bomba (18), dispuesta entre la salida (17) del condensador (15) y la entrada (13) del evaporador (12), para poner en movimiento el fluido del circuito cerrado (11) desde el evaporador (12) hacia el condensador (15) en estado parcialmente gaseoso (20-g) y desde el condensador (15) hacia el evaporador (12) en estado líquido (20-liq);
20
- un depósito de fluido (19) conectado al circuito cerrado (11), destinado a compensar las variaciones del volumen de fluido en el circuito cerrado (11);
- una etapa (101) de medición de la temperatura del fluido en estado líquido (20-liq), proporcionando un valor medido (22) de la temperatura del fluido en estado líquido;
- una etapa (102) para medir la presión o la temperatura de saturación del fluido en el circuito cerrado, proporcionando un valor medido (24) de la presión del fluido o de la temperatura de saturación (29);
25
- una etapa (103) de ajuste de la presión o de la temperatura de saturación en el circuito cerrado en función del valor medido (24) de la presión del fluido o de la temperatura de saturación y de un valor de consigna (Pcons, Tcons) de presión o de temperatura, siendo dicho valor de consigna (Pcons, Tcons) de presión o de temperatura variable en función del valor medido (22) de la temperatura del fluido en estado líquido y de la presión o de la temperatura de saturación durante un período previamente definido.
30

8. Procedimiento de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según la reivindicación 7, en el que la etapa de ajuste de la presión (103) se efectúa calentando (104) el fluido, o por acción mecánica, en el depósito (19), a fin de controlar una diferencia entre el valor de temperatura medido (22) del fluido en estado líquido y un valor de temperatura medido (29) del fluido en el depósito (11).

35 9. Procedimiento de control de la presión de un fluido en un bucle de fluido bifásico bombeado mecánicamente según una de las reivindicaciones 7 u 8, en el que la etapa (103) de ajuste de la presión se realiza si una diferencia (41) entre el valor medido (29) de la temperatura de saturación y un valor máximo (42) de la temperatura de saturación previamente definido es superior a un valor umbral (43) previamente definido.

[Fig. 3]

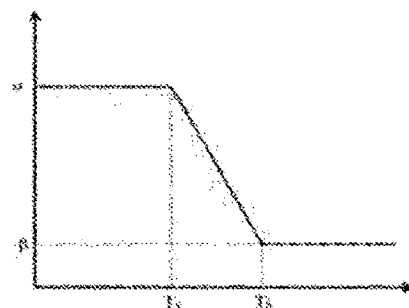


FIG. 3

[Fig. 4]

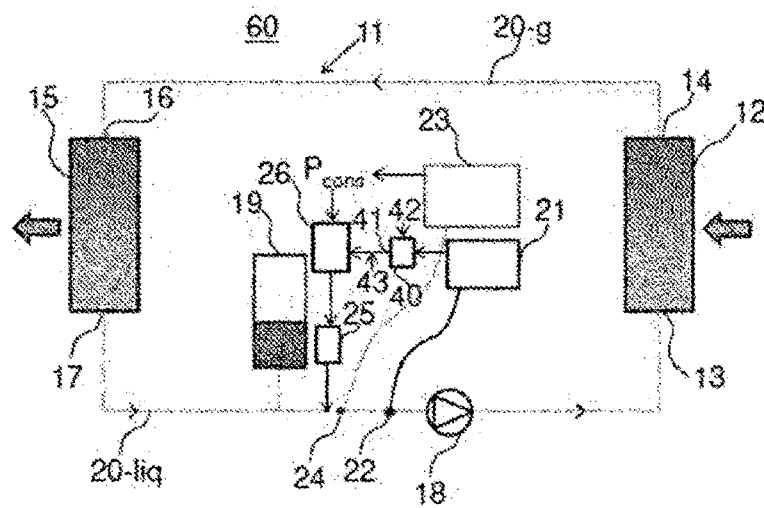


FIG. 4

[Fig. 5]

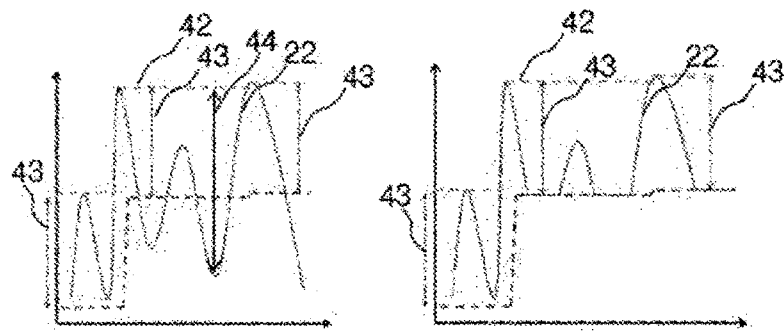


FIG. 5

[Fig. 6]

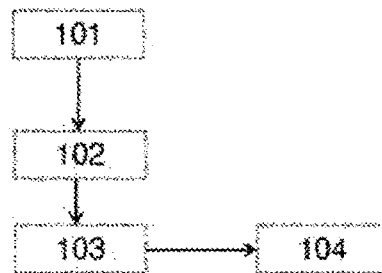


FIG. 6