

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 986**

51 Int. Cl.:

H01M 8/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.07.2008** **E 08159975 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2012** **EP 2015385**

54 Título: **Sistema y procedimiento de regulación de temperatura de una pila de combustible**

30 Prioridad:

12.07.2007 FR 0756460

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

18.02.2013

73 Titular/es:

**SNECMA (100.0%)
2, BOULEVARD DU GÉNÉRAL MARTIAL VALIN
75015 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

LE GONIDEC, SERGE

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 395 986 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de regulación de temperatura de una pila de combustible.

Antecedentes de la invención

5 La invención concierne a la regulación de temperatura de un dispositivo de alimentación eléctrica. Más en particular, el campo de aplicación de la invención es el de las pilas, en particular de las pilas de combustible.

La regulación de temperatura de una pila de combustible tiene como objetivo compensar las perturbaciones térmicas de la pila y/o proseguir una evolución de consigna referida a temperatura de la pila. Con carácter general, la regulación de temperatura de la pila de combustible se realiza mediante un fluido caloportador que recorre un circuito de refrigeración.

10 En la figura 5 se muestra un esquema tradicional de regulación de temperatura de la pila de combustible. De acuerdo con este esquema, el encargado de la refrigeración de la pila 101 es un fluido caloportador que recorre la pila 101 a través de un circuito de refrigeración 109 que recorre unas placas bipolares de la pila, absorbiendo así las calorías desprendidas por la reacción de la pila 101. El fluido caloportador es alimentado mediante un foco frío 111 vinculado al circuito de refrigeración 109. Por otro lado, el circuito de refrigeración 109 está controlado por un lazo de control 105 dotado de un medio de control 105a que regula el caudal Q_c del fluido caloportador en función de una medida de temperatura T_{sm} del fluido caloportador en la salida de la pila 101.

Sin embargo, este lazo de control 105 obedece únicamente a una necesidad de control automático de temperatura de la pila 101 y no obedece a problemas de seguridad que pueden surgir, por ejemplo, en caso de un fallo de la modulación del caudal de fluido caloportador o de otros modos de avería.

20 La solicitud de patente internacional WO2005/043661 A y la patente estadounidense US6186254 B1 daban a conocer sistemas de regulación de temperatura de pilas de combustible de cuya refrigeración se encarga un fluido caloportador que recorre la pila. La publicación de solicitud de patente japonesa JP2002184435 A daba a conocer además un procedimiento de regulación de temperatura de una pila de combustible de este tipo.

Objeto y sumario de la invención

25 La invención propone al efecto un sistema de regulación de temperatura de una pila de combustible de cuya refrigeración se encarga un fluido caloportador que recorre la pila, incluyendo el sistema un primer medio de control para medir la temperatura del fluido caloportador y para controlar el caudal del fluido caloportador en función de dicha medida de temperatura de dicho fluido caloportador, y un segundo medio de control para medir el caudal de dicho fluido caloportador y para controlar la temperatura de entrada del fluido caloportador en función de una desviación de caudal entre el comando de caudal generado por dicho primer medio de control y dicha medida correspondiente del caudal de dicho fluido caloportador, y un actuador de temperatura para regular la temperatura del fluido caloportador, conectado al segundo medio de control para recibir el comando de temperatura de entrada, de modo que dicho comando de temperatura generado por el segundo medio de control compensa dicha desviación de caudal.

35 Así, en caso de un fallo de la alimentación de fluido de refrigeración, por ejemplo en caso de que las capacidades de refrigeración dejen de estar cubiertas por la corrección de caudal (falta de frigorías), el comando de temperatura así generado permite mantener la pila a una temperatura aceptable y mantener entonces sus prestaciones y aumentar su vida útil.

40 El sistema incluye un medio de compensación térmica para determinar el valor del comando de la temperatura del fluido caloportador generado por dicho segundo medio de control comparando el comando de caudal generado por dicho primer medio de control y la correspondiente medida del caudal realizada por dicho segundo medio de control.

Así, el medio de compensación térmica permite compensar de manera simple y precisa cualquier desajuste de caudal del fluido caloportador.

45 De acuerdo con una peculiaridad de la presente invención, la medición de temperatura del fluido caloportador en función de la cual actúa el primer medio de control corresponde a la medida de temperatura de salida de la pila y la temperatura del fluido caloportador controlada por el segundo medio de control corresponde a la temperatura de entrada de la pila.

Esta forma de realización permite aumentar la precisión de la regulación térmica de la pila teniendo en cuenta varias variables (a saber, la temperatura de entrada, la temperatura de salida que refleja bien el intercambio térmico y el caudal) que pueden afectar a la potencia térmica intercambiada entre el fluido caloportador de refrigeración y la pila.

50 Ventajosamente, el sistema incluye un medio de corrección térmica para adaptar el comando de temperatura de entrada en función de una desviación entre una temperatura de entrada que interesa y la correspondiente medida de dicha temperatura de entrada.

Esto permite optimizar la vida útil y las prestaciones de la pila al compensar los errores de temperatura a la entrada de la pila. En concreto, esto permite cubrir las incertidumbres de la regulación térmica de un foco frío del fluido caloportador de refrigeración y compensar las pérdidas térmicas de una línea de alimentación del fluido caloportador.

- 5 De acuerdo con un ejemplo de la presente invención, el sistema de regulación incluye:
- un primer sensor de temperatura para medir dicha temperatura de salida del fluido caloportador en la salida de la pila,
 - un primer medio de validación para validar dicha medida de temperatura de salida,
 - un primer medio de comparación para comparar dicha medida validada de temperatura de salida con una temperatura de salida de consigna predeterminada con el fin de detectar una desviación eventual de temperatura de salida,
 - un primer medio de corrección para determinar el comando de caudal del fluido caloportador generado por dicho primer medio de control en función de dicha desviación de temperatura de salida, y
 - un primer medio de filtrado para filtrar dicho comando de caudal.
- 10 Ello permite regular el caudal del fluido de refrigeración protegiendo al propio tiempo el sistema de regulación y la pila contra un comando de caudal aberrante.
- El sistema incluye además:
- un sensor de caudal para medir el caudal del fluido caloportador,
 - un segundo medio de validación para validar dicha medida del caudal,
 - un segundo medio de comparación para comparar la medida de caudal validada del fluido de refrigeración con dicho comando de caudal generado por el primer medio de control con el fin de determinar dicha desviación de caudal,
 - un segundo medio de filtrado para filtrar dicha desviación de caudal,
 - un segundo medio de corrección para determinar la corrección de temperatura que ha de introducirse en una temperatura de entrada de consigna predeterminada,
 - un tercer medio de filtrado para filtrar dicha corrección de temperatura de entrada, y
 - un medio de suma para añadir dicha corrección de temperatura a la temperatura de entrada de consigna predeterminada con el fin de definir dicho comando de temperatura de entrada generado por el segundo medio de control.
- 25 Ello permite compensar un desajuste térmico causado por cualquier desviación de caudal actuando sobre la temperatura del fluido, protegiendo al propio tiempo el sistema de regulación y la pila contra un comando de temperatura aberrante.
- El sistema incluye además:
- un segundo sensor de temperatura para medir la temperatura de entrada del fluido caloportador en la entrada de la pila,
 - un tercer medio de validación para validar la medida de dicha temperatura de entrada,
 - un tercer medio de comparación para comparar dicha medida validada de la temperatura de entrada con dicho comando de temperatura de entrada procedente del segundo medio de control con el fin de detectar una desviación eventual de temperatura de entrada,
 - un tercer medio de corrección para adaptar el comando de temperatura de entrada en función de dicha desviación de temperatura de entrada, y
 - un cuarto medio de filtrado para filtrar dicho comando de temperatura de entrada.
- 40 Ello permite compensar las pérdidas térmicas del fluido de refrigeración antes de su entrada en la pila, protegiendo al propio tiempo el sistema de regulación y la pila contra cualquier comando de temperatura erróneo.
- 45 Ventajosamente, dichos medios de corrección primero, segundo y tercero incluyen sendos integradores dotados de un medio de protección de tipo anti-windup. Esto permite evitar los errores debidos a la saturación entre los

diferentes comandos o medidas para preservar la estabilidad y las prestaciones de los lazos de control.

La invención está orientada igualmente a una pila de combustible que incluye un sistema de regulación según al menos una de las citadas características y a un circuito de refrigeración que se encarga de la refrigeración de la pila mediante el fluido caloportador, estando vinculado dicho circuito de refrigeración al sistema de regulación para recibir del mismo los comandos de caudal y/o de temperatura.

La invención también está orientada a un procedimiento de regulación de temperatura de una pila de combustible de cuya refrigeración se encarga un fluido caloportador que recorre la pila, que incluye las siguientes etapas:

- medir la temperatura del fluido caloportador,
- controlar el caudal de dicho fluido caloportador en función de dicha medida de temperatura,
- medir el caudal del fluido caloportador,
- controlar la temperatura del fluido caloportador en función de una desviación entre la medida del caudal del fluido caloportador y el comando de caudal de dicho fluido caloportador para compensar dicha desviación de caudal.

El comando del caudal del fluido caloportador se realiza en función de la medida de temperatura de salida de la pila y el comando de la temperatura del fluido caloportador corresponde al comando de la temperatura de entrada de la pila.

Ventajosamente, el procedimiento incluye una etapa de corrección térmica para corregir el comando de temperatura de entrada en función de una desviación entre una temperatura de entrada que interesa y la correspondiente medida de dicha temperatura de entrada.

Breve descripción de los dibujos

Se comprenderá mejor la invención con la lectura de la descripción que a continuación se lleva a cabo, a título indicativo pero no limitativo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la figura 1 es una vista esquemática de un dispositivo que comprende una pila de combustible y un sistema de regulación de temperatura de la pila, según la invención;

la figura 2 es una vista esquemática de otra forma de realización de un sistema de regulación de temperatura, según la invención;

la figura 3 es una vista más detallada de una forma de realización del sistema de regulación de temperatura de la pila de combustible según la figura 1;

la figura 4 es una vista más detallada de una forma de realización del sistema de regulación de temperatura de la pila de combustible según la figura 2; y

la figura 5 es una vista esquemática de un sistema de regulación de temperatura de la pila, según la técnica anterior.

Descripción detallada de las formas de realización de la invención

La figura 1 muestra un esquema de un dispositivo que comprende una pila de combustible 1 (PAC) y un sistema de regulación 3 de temperatura de la pila de combustible 1 de cuya refrigeración se encarga un fluido caloportador o fluido de refrigeración que recorre la pila 1.

Este sistema de regulación 3 incluye un primer lazo de control 5 acoplado a un segundo lazo de control 7. Se hace notar que los lazos de control primero y segundo están asociados con unos medios de supervisión o de control 5a, 7a adaptados para la puesta en práctica de estos lazos de control. El primer lazo de control 5 comprende un primer medio de control 5a que recoge una medida de temperatura T_{sm} de ese fluido caloportador y genera un comando de caudal Q_c para controlar el caudal de ese fluido caloportador en función de la medida de temperatura T_{sm} del fluido caloportador. El segundo lazo de control 7 está acoplado al primer lazo de control 5 por intermedio de un segundo medio de control 7a. Este último recoge una medida del caudal Q_m del fluido caloportador y controla la temperatura T_{ec} del fluido caloportador en función de una desviación de caudal entre el comando de caudal Q_c generado por el primer lazo de control 5 y la correspondiente medida del caudal Q_m del fluido caloportador, de modo que el comando de temperatura T_{ec} generado por el segundo lazo de control 7 compensa un fallo eventual de regulación térmica causado por la desviación del caudal. Se hace notar que el caudal, o más exactamente la masa del fluido caloportador calentada, da una indicación de la potencia térmica intercambiada entre el fluido caloportador y la pila de combustible 1.

Más en particular, el dispositivo de la figura 1 muestra que el encargado de la refrigeración de la pila de combustible 1 es en un circuito de refrigeración 9 que recorre unas placas bipolares (no representadas) de la pila 1, absorbiendo así las calorías desprendidas por la reacción de la pila 1. Este circuito de refrigeración 9 está vinculado a un foco frío

- 11 que comprende unos medios de regulación 13 para regular la temperatura del fluido caloportador. A título de ejemplo, el fluido caloportador puede ser agua o cualquier otro fluido que brinde un buen transporte térmico. Así, antes de su entrada en el circuito de refrigeración 9 de la pila 1, el fluido caloportador atraviesa el foco frío 11, cuya tarea es la de llevar la temperatura del fluido caloportador a un valor de consigna o de referencia Tsr. Se hace notar que, inicialmente, el comando de temperatura Tec es igual a la temperatura de consigna Tsr. Esta temperatura de consigna Tsr la proporciona un dispositivo de supervisión de temperatura de consigna 27 externo o eventualmente interno al sistema de regulación de temperatura (véase la figura 3). Así, cuando se tiene controlada la temperatura de consigna Tsr del fluido caloportador, la regulación de temperatura de la pila 1 consiste en modular el caudal a su entrada.
- 10 Ventajosamente, la medición de temperatura del fluido caloportador en función de la cual actúa el primer lazo de control 5 corresponde a la medida de temperatura de salida Tsm de la pila 1. En efecto, la temperatura del fluido caloportador en la salida de la pila de combustible 1 refleja convenientemente la temperatura global de esa pila 1. Así, para regular la temperatura de la pila de combustible 1, el primer lazo de control 5 modula el caudal del fluido caloportador a su entrada en la pila 1 operando sobre un actuador de caudal 13a dispuesto al exterior de la pila 1, por ejemplo en los medios de regulación 13 del foco frío 11.
- 15 Por otro lado, se hace notar que la potencia térmica intercambiada entre el fluido caloportador y la pila de combustible 1 también está vinculada a la desviación entre la temperatura del fluido caloportador en su entrada y en su salida de la pila de combustible 1. Así, el ajuste de la temperatura del fluido caloportador puede dotar de un segundo medio de acción para regular la temperatura de la pila de combustible 1.
- 20 En efecto, en caso de saturación del actuador de caudal 13a que modula el caudal del fluido caloportador, el segundo lazo de control 7 modula la temperatura del fluido caloportador antes de su entrada en la pila 1 operando sobre un actuador de temperatura 13b dispuesto en los medios de regulación 13 del foco frío 11. Así, el comando de la temperatura del fluido caloportador corresponde a una vía de emergencia en caso de indisponibilidad de modulación del comando principal (comando de caudal).
- 25 Más en particular, el segundo lazo de control 7 incluye un medio de compensación térmica 7b para determinar el valor del comando de la temperatura Tec del fluido caloportador generado por el segundo lazo de control 7 comparando el comando de caudal Qc generado por el primer lazo de control 5 y la correspondiente medida del caudal Qm realizada por el segundo lazo de control 7.
- 30 Si bien se ha descrito anteriormente el hecho de que la medición de temperatura del fluido caloportador, en función de la cual actúa el primer lazo de control 5, corresponde a una medida de temperatura de salida Tsm de la pila 1 y que el comando de temperatura Tec del fluido caloportador generado por el segundo lazo de control 7 corresponde a la temperatura de entrada de la pila 1, se pueden contemplar otras posibilidades.
- 35 Se hace notar que la figura 1 es asimismo una ilustración de las principales etapas del procedimiento de regulación según la invención en el que se mide la temperatura del fluido caloportador, se controla el caudal del fluido caloportador en función de la medida de temperatura, se mide el caudal del fluido caloportador y se controla la temperatura del fluido caloportador en función de una desviación entre la medida del caudal del fluido caloportador y el comando de caudal del fluido caloportador para compensar un fallo de regulación térmica causado por la desviación de caudal.
- 40 La figura 2 muestra otra forma de realización de un sistema de regulación 3 de temperatura de una pila de combustible 1 que incluye un medio de corrección térmica 15 además de los lazos de control primero y segundo 5 y 7 anteriormente descritos.
- 45 En efecto, este sistema corresponde a una regulación multinivel de la temperatura de la pila 1 que incluye un primer lazo de control 5 acoplado a un segundo lazo de control 7 y un medio de corrección térmica 15. Este último permite adaptar el comando de temperatura de entrada Tec en función de una desviación entre una temperatura de entrada que interesa y la correspondiente medida de la temperatura de entrada Tem del fluido caloportador.
- Igualmente, la figura 2 es asimismo una ilustración de las principales etapas del procedimiento de regulación según la invención que incluye, además de las etapas de la figura 1, una etapa de corrección térmica para corregir el comando de temperatura de entrada Tec.
- 50 La figura 3 es una vista más detallada de una forma de realización del sistema de regulación 3 de temperatura de la pila de combustible 1 según la figura 1.
- La figura 3 muestra que el primer lazo de control 5 incluye un primer sensor de temperatura 17a, un primer medio de validación 19a, un primer medio de comparación 21a, un primer medio de corrección 23a y un primer medio de filtrado 25a.
- 55 El primer sensor de temperatura 17a permite medir la temperatura de salida Tsm del fluido caloportador en la salida de la pila 1, dando así una buena indicación de la temperatura de esa pila 1. Se hace notar que el primer sensor de

temperatura 17a puede corresponder a una pluralidad de sensores de temperatura para recoger una pluralidad de medidas en paralelo.

El primer medio de validación 19a permite validar la medida de temperatura de salida Tsm. En concreto, mediante el primer sensor de temperatura 17a se pueden recoger en paralelo varias medidas de temperatura antes de ser filtradas y validadas por el primer medio de validación 19a para asegurarse de que la medida de temperatura de salida Tsm es correcta.

El primer medio de comparación 21a permite comparar la medida validada de temperatura de salida Tsm con una temperatura de salida de consigna Tsr predeterminada con el fin de detectar una desviación eventual de temperatura de salida ($\Delta T_s = T_{sm} - T_{sr}$). La consigna referida a temperatura de salida Tsr y eventualmente de entrada Ter son unas temperaturas predeterminadas mediante un dispositivo de supervisión 27 (representado en línea de puntos).

El primer medio de corrección 23a incluye un primer integrador 31a dotado de un medio de protección en amplitud (anti-windup) y permite determinar el comando de caudal Qc del fluido caloportador en función de la desviación de temperatura de salida ΔT_s . Así, el comando de caudal Qc generado por el primer lazo de control 5 se puede modular para regular la temperatura de la pila 1.

El primer medio de filtrado 25a permite filtrar en velocidad y en amplitud el comando de caudal Qc antes de enviar este comando al foco frío 11 con el fin de proteger el dispositivo contra un comando de caudal aberrante. En efecto, la señal del comando de caudal Qc generada por el primer medio de corrección 23a se somete a una limitación en amplitud y en velocidad con relación a las máximas prestaciones admitidas por el dispositivo antes de ser enviada hacia el foco frío 11 para operar sobre el actuador del caudal 13a del circuito de refrigeración 9.

Así, el primer lazo de control 5 regula la temperatura de salida del fluido caloportador en la salida de la pila 1 generando un comando de caudal Qc que ajusta el caudal de ese fluido caloportador en el circuito de refrigeración 9.

El segundo lazo de control 7 incluye un sensor de caudal 29, un segundo medio de validación 19b, un segundo medio de comparación 21b, un segundo medio de filtrado 25b, un segundo medio de corrección 23b, un tercer medio de filtrado 25c y un medio de suma 33.

El sensor de caudal 29 permite medir el caudal Qm del fluido caloportador en el circuito de refrigeración 9, por ejemplo a nivel de la entrada de la pila de combustible 1. Se hace notar que el sensor de caudal 29 puede corresponder a una pluralidad de sensores de caudal para recoger una pluralidad de medidas en paralelo.

El segundo medio de validación 19b permite validar la medida del caudal Qm. En concreto, mediante el sensor de caudal 29 se pueden recoger en paralelo varias medidas de caudal antes de ser filtradas y validadas por el segundo medio de validación 19b para asegurarse de que la medida del caudal Qm es correcta.

El segundo medio de comparación 21b permite comparar la medida de caudal Qm validada del fluido de refrigeración con el comando de caudal Qc generado por el primer lazo de control 5 con el fin de determinar una desviación eventual de caudal $\Delta Q = Q_m - Q_c$.

El segundo medio de filtrado 25b permite filtrar esta desviación de caudal ΔQ con el fin de limitarla en amplitud antes de atacar el segundo medio de corrección 23b.

El segundo medio de corrección 23b permite determinar la corrección de temperatura ΔT_e con respecto a una temperatura de entrada de consigna o de referencia Ter predeterminada. La temperatura de entrada de consigna Ter es una temperatura predeterminada por el dispositivo de supervisión 27. Esta temperatura de entrada de consigna Ter se puede graduar inicialmente a una temperatura inferior en algunos grados (por ejemplo 10 °C) a la temperatura que interesa de salida de consigna Tsr. Así, conociendo la desviación de caudal ΔQ , el segundo medio de corrección 23b puede calcular la corrección necesaria de temperatura de entrada ΔT_e para el correcto funcionamiento de la pila 1. Se hace notar que esta corrección puede aplicarse para una saturación positiva o negativa de caudal. Por supuesto, el segundo medio de corrección 23b no modifica la temperatura de entrada de consigna Ter cuando no hay saturación de caudal. Por otro lado, en caso de un posicionamiento en lazo abierto de la regulación de temperatura de entrada de consigna Ter, se inhibe la función de compensación de temperatura del segundo lazo de control 7.

Más en particular, el segundo medio de corrección 23b incluye un segundo integrador 31b dotado de un medio de protección en amplitud (anti-windup). Así, el segundo integrador 31b queda protegido por la función anti-windup en velocidad y en amplitud. Por otro lado, aguas arriba del integrador 31b se pueden instalar zonas muertas con el fin de limitar las consecuencias de las fluctuaciones o ruido en las proximidades de cero.

El tercer medio de filtrado 25c permite filtrar la corrección de temperatura de entrada ΔT_e .

El medio de suma 33 permite añadir la corrección de temperatura ΔT_e a la temperatura de entrada de consigna Ter predeterminada con el fin de definir la señal de control de temperatura Tec que es enviada hacia el foco frío 11 para

operar sobre el actuador de temperatura 13b del circuito de refrigeración 9. Así, la señal de control de temperatura de entrada Tec permite operar sobre la temperatura de entrada del fluido caloportador para compensar el desajuste térmico eventual causado por cualquier desviación de caudal.

5 Así, el segundo lazo de control 7 tiene como función generar una nueva consigna de temperatura del fluido caloportador si dejan de estar cubiertas las capacidades de refrigeración por la corrección de caudal del primer lazo de control 5.

10 Se hace notar que si el caudal vuelve después de saturación dentro del campo de funcionamiento, es ventajoso mantener en su estado la consigna de temperatura con el fin de evitar acoplamientos que pueden generar oscilaciones entre el primer y el segundo lazos de control 5 y 7. No obstante, una saturación negativa de caudal puede permitir volver a subir la temperatura para regresar a la situación de consigna inicial (es decir, la temperatura de entrada de comando Tec igual a la temperatura de entrada de consigna Ter).

La figura 4 es una vista más detallada de una forma de realización del sistema de regulación de temperatura de la pila de combustible según la figura 2.

15 La forma de realización de la figura 4 se distingue de aquella de la figura 3 por el hecho de que incluye además un medio de corrección térmica 15 que comprende un segundo sensor de temperatura 17b, un tercer medio de validación 19c, un tercer medio de comparación 21c, un tercer medio de corrección 23c y un cuarto medio de filtrado 25d.

20 El medio de corrección térmica 15 tiene como función compensar los errores en cuanto a temperatura a la entrada de la pila 1. Permite cubrir las incertidumbres de la regulación térmica del foco frío 11 y compensar las pérdidas térmicas de la línea de alimentación entre la pila 1 y el foco frío 11. Además, el medio de corrección térmica 15 permite compensar permanentemente las derivas eventuales de los sensores de medida o la evolución de los coeficientes de intercambio térmicos del dispositivo con el paso del tiempo, con lo cual permite contribuir al aumento de la vida útil de la pila de combustible.

25 Más en particular, el segundo sensor de temperatura 17b permite medir la temperatura de entrada Tem del fluido caloportador en la entrada de la pila 1. Se hace notar que el segundo sensor de temperatura 17b puede corresponder a una pluralidad de sensores de temperatura para recoger una pluralidad de medidas en paralelo.

El tercer medio de validación 19c permite validar la medida de la temperatura de entrada Tem. En efecto, al igual que antes, se pueden recoger en paralelo varias medidas de temperatura antes de ser filtradas y validadas por el tercer medio de validación 19c para asegurarse de que la medida de la temperatura de entrada Tem es correcta.

30 El tercer medio de comparación 21c permite comparar el valor de la medida validada de la temperatura de entrada Tem con el valor del comando de temperatura de entrada Tec con el fin de detectar una desviación eventual de temperatura de entrada.

35 El tercer medio de corrección 23c permite adaptar el comando de temperatura de entrada Tec en función de esa desviación eventual de temperatura de entrada. Al igual que antes, el tercer medio de corrección 23c incluye un tercer integrador 31c dotado de un medio de protección en amplitud (anti-windup). Así, el tercer integrador 31c permite modificar permanentemente la consigna referida a temperatura de entrada emitida hacia el foco frío 11 con el fin de garantizar la debida temperatura del fluido caloportador en la entrada de la pila 1.

El cuarto medio de filtrado 25d permite filtrar el comando de temperatura de entrada Tec para limitar la amplitud de la temperatura con el fin de cumplir con las imposiciones del dispositivo.

40 Eventualmente, el medio de corrección térmica 15 puede incluir otro medio de filtrado 35 (representado en punteado) entre el medio de suma 33 y el tercer medio de comparación 21c.

45 Así, el sistema de regulación 3 de temperatura según la invención da respuesta a las perturbaciones procedentes de las condiciones de interfaz o a las derivas de componentes internos del sistema. Estas perturbaciones, procedentes de una degradación o modificaciones de prestaciones según el punto de funcionamiento, en general son de tipo muy baja frecuencia. En general, estas faltas de régimen estacionario se hallan como mínimo en una década inferior a la banda de paso de regulación.

50 Más en particular, los medios de validación 19a, 19b, 19c permiten una adquisición de los datos o parámetros de medida de temperatura o de caudal según un período predeterminado, un filtrado de cada una de las medidas (por ejemplo, aplicando un filtro de segundo orden), una validación de cada una de las medidas respecto a su intervalo físico y una prueba de coherencia entre las diferentes medidas. Así, son validados todos los datos de medida de temperatura o de caudal necesarios para el control del sistema. En su defecto, el sistema de regulación 3 se posicionará en lazo abierto en un punto de funcionamiento seguro.

Los medios de filtrado 25a a 25d y 35 permiten limitar las órdenes y las velocidades de variación emitidas hacia los órganos o actuadores de ajuste 13a y 13b.

Adicionalmente, los medios de corrección 23a a 23c incluyen ventajosamente unos integradores 31a a 31c dotados de medios anti-wind-up que permiten no controlar los actuadores de ajuste 13a y 13b según órdenes demasiado elevadas frente a la dinámica natural de estos actuadores y proteger el sistema contra variaciones demasiado rápidas de los comandos.

- 5 Se hace notar que el sistema de regulación de temperatura se puede realizar mediante una o varias tarjetas electrónicas que pueden comprender según es convencional una unidad de proceso, una o varias memorias, una unidad de entrada y una unidad de salida adaptadas para la puesta en práctica de los medios de validación de medida, de los medios de gestión de los comandos y de las seguridades y de los medios de control automático según la invención.

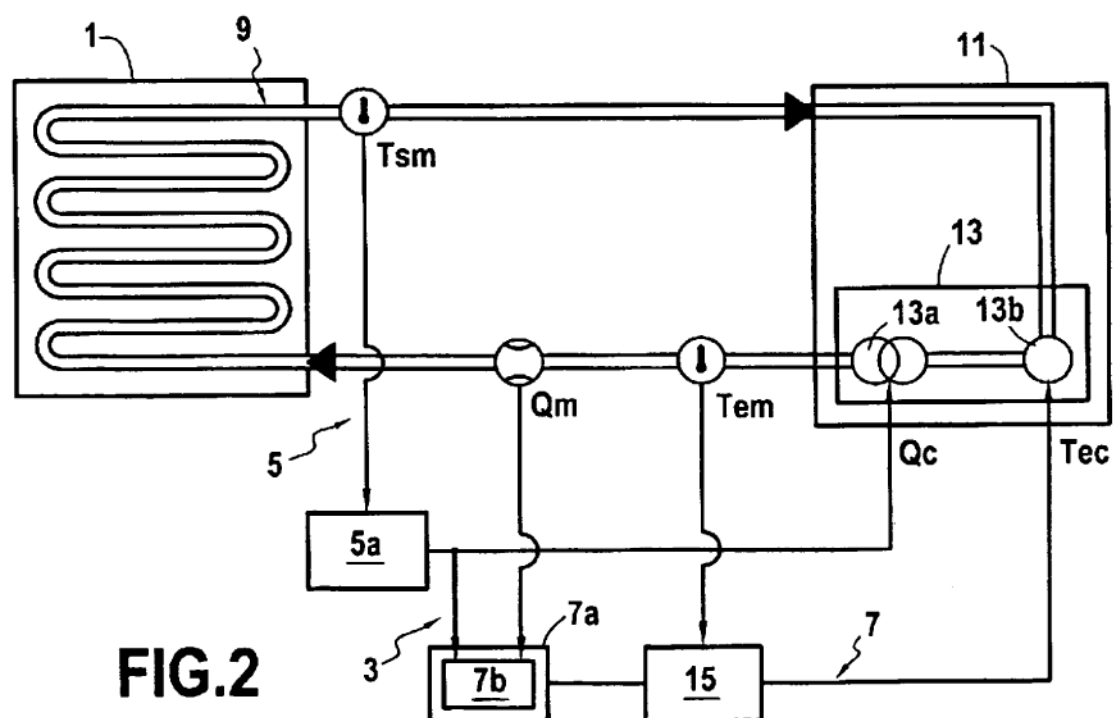
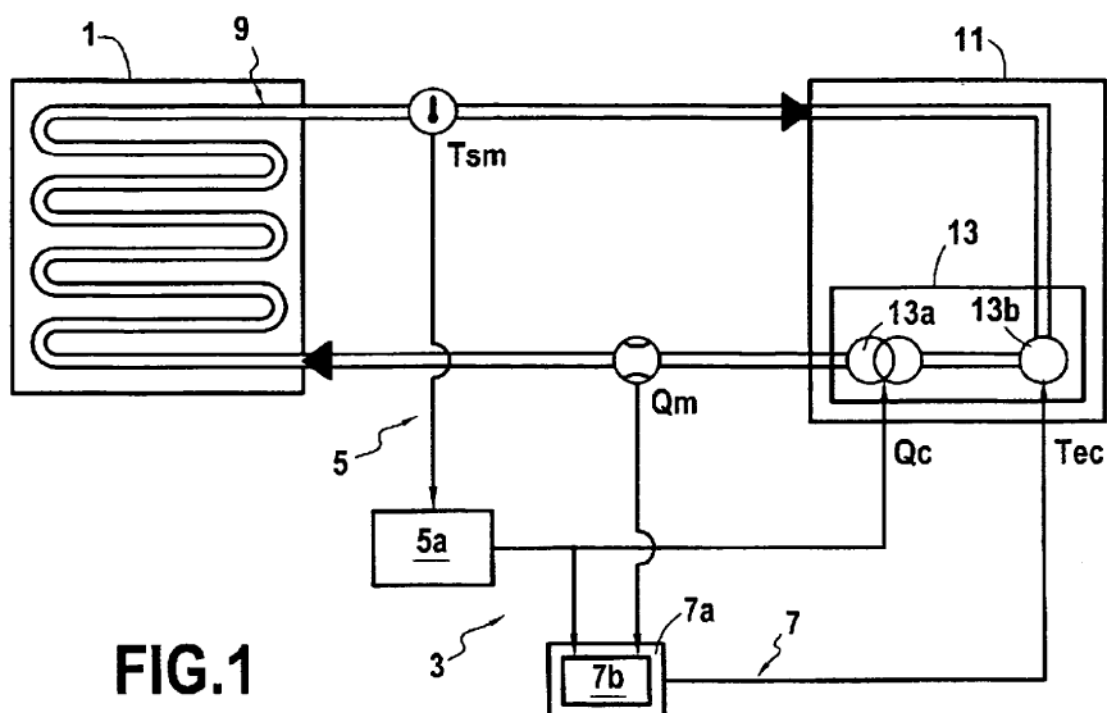
10

REIVINDICACIONES

1. Sistema de regulación de temperatura de una pila de combustible (1) de cuya refrigeración se encarga un fluido caloportador que recorre la pila, incluyendo dicho sistema de regulación de temperatura un primer medio de control (5a) para medir la temperatura (Tsm) del fluido caloportador y para controlar el caudal del fluido caloportador en función de dicha medida de temperatura (Tsm) de dicho fluido caloportador, caracterizado porque incluye un segundo medio de control (7a) para medir el caudal (Qm) del fluido caloportador y para controlar la temperatura de entrada (Tec) del fluido caloportador en función de una desviación de caudal entre el comando de caudal (Qc) generado por dicho primer medio de control (5a) y dicha medida correspondiente del caudal (Qm) de dicho fluido caloportador, y un actuador de temperatura (13b) para regular la temperatura del fluido caloportador, conectado al segundo medio de control para recibir el comando de temperatura de entrada (Tec), de modo que dicho comando de temperatura (Tec) generado por el segundo medio de control (7a) compensa dicha desviación de caudal.
2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye un medio de compensación térmica (7b) para determinar el valor del comando de la temperatura (Tec) del fluido caloportador generado por dicho segundo medio de control (7a) comparando el comando de caudal (Qc) generado por dicho primer medio de control (5a) y la correspondiente medida del caudal (Qm) realizada por dicho segundo medio de control (7a).
3. Sistema según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el primer medio de control (5a) es apto para medir la temperatura del fluido caloportador a la salida (Tsm) de la pila de combustible (1) y para controlar el caudal del fluido caloportador en función de esa medida efectuada a la salida de dicha pila (1) y porque el segundo medio de control (7a) es apto para medir el caudal (Qm) del fluido caloportador y para controlar la temperatura del fluido caloportador en la entrada (Tec) de la pila de combustible (1).
4. Sistema según la reivindicación 3, caracterizado porque incluye un medio de corrección térmica (15) para adaptar el comando de temperatura de entrada (Tec) en función de una desviación entre una temperatura de entrada que interesa y la correspondiente medida de dicha temperatura de entrada.
5. Sistema según la reivindicación 3, caracterizado porque incluye:
 - un primer sensor de temperatura (17a) para medir dicha temperatura de salida (Tsm) del fluido caloportador en la salida de la pila (1),
 - un primer medio de validación (19a) para validar dicha medida de temperatura de salida (Tsm),
 - un primer medio de comparación (21a) para comparar dicha medida validada de temperatura de salida (Tsm) con una temperatura de salida de consigna (Tsr) predeterminada con el fin de detectar una desviación eventual de temperatura de salida,
 - un primer medio de corrección (23a) para determinar el comando de caudal (Qc) del fluido caloportador generado por dicho primer medio de control (5a) en función de dicha desviación de temperatura de salida, y
 - un primer medio de filtrado (25a) para filtrar dicho comando de caudal (Qc).
6. Sistema según la reivindicación 5, caracterizado porque además incluye:
 - un sensor de caudal (29) para medir el caudal (Qm) del fluido caloportador,
 - un segundo medio de validación (19b) para validar dicha medida del caudal,
 - un segundo medio de comparación (21b) para comparar la medida de caudal (Qm) validada del fluido de refrigeración con dicho comando de caudal (Qc) generado por el primer medio de control (5a) con el fin de determinar dicha desviación de caudal,
 - un segundo medio de filtrado (25b) para filtrar dicha desviación de caudal,
 - un segundo medio de corrección (23b) para determinar la corrección de temperatura que ha de introducirse en una temperatura de entrada de consigna (Ter) predeterminada,
 - un tercer medio de filtrado (25c) para filtrar dicha corrección de temperatura de entrada, y
 - un medio de suma (33) para añadir dicha corrección de temperatura a la temperatura de entrada de consigna (Ter) predeterminada con el fin de definir dicho comando de temperatura de entrada (Tec) generado por el segundo medio de control (7a).
7. Sistema según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado porque además incluye:
 - un segundo sensor de temperatura (17b) para medir la temperatura de entrada (Tem) del fluido caloportador en la entrada de la pila,

- un tercer medio de validación (19c) para validar la medida de dicha temperatura de entrada (Tem),
 - un tercer medio de comparación (21c) para comparar dicha medida validada de la temperatura de entrada (Tem) con dicho comando de temperatura de entrada (Tec) procedente del segundo medio de control (7a) con el fin de detectar una desviación eventual de temperatura de entrada,
- 5 - un tercer medio de corrección (23c) para adaptar el comando de temperatura de entrada en función de dicha desviación de temperatura de entrada, y
- un cuarto medio de filtrado (25d) para filtrar dicho comando de temperatura de entrada.
8. Sistema según la reivindicación 7, caracterizado porque dichos medios de corrección primero, segundo y tercero (23a, 23b, 23c) incluyen sendos integradores (31a, 31b, 31c) dotados de un medio de protección de tipo anti-windup.
- 10
9. Pila de combustible que incluye un sistema de regulación (3) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque incluye un circuito de refrigeración (9) que se encarga de la refrigeración de la pila (1) mediante el fluido caloportador, estando vinculado dicho circuito de refrigeración al sistema de regulación (3) para recibir del mismo los comandos de caudal y/o de temperatura.
- 15 10. Procedimiento de regulación de temperatura de una pila de combustible de cuya refrigeración se encarga un fluido caloportador que recorre la pila, que incluye las siguientes etapas:
- medir la temperatura del fluido caloportador, y
 - controlar el caudal de dicho fluido caloportador en función de dicha medida de temperatura, caracterizado porque además incluye las siguientes etapas:
- 20 - medir el caudal del fluido caloportador,
- controlar la temperatura del fluido caloportador en función de una desviación entre la medida del caudal del fluido caloportador y el comando de caudal de dicho fluido caloportador para compensar un fallo de regulación térmica causado por dicha desviación de caudal.
- 25 11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque el comando del caudal del fluido caloportador se realiza en función de la medida de temperatura de salida Tsm de la pila y porque el comando de la temperatura del fluido caloportador corresponde al comando de la temperatura de entrada Te de la pila.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque incluye una etapa de corrección térmica para corregir el comando de temperatura de entrada Tec en función de una desviación entre una temperatura de entrada que interesa y la correspondiente medida de dicha temperatura de entrada.

30



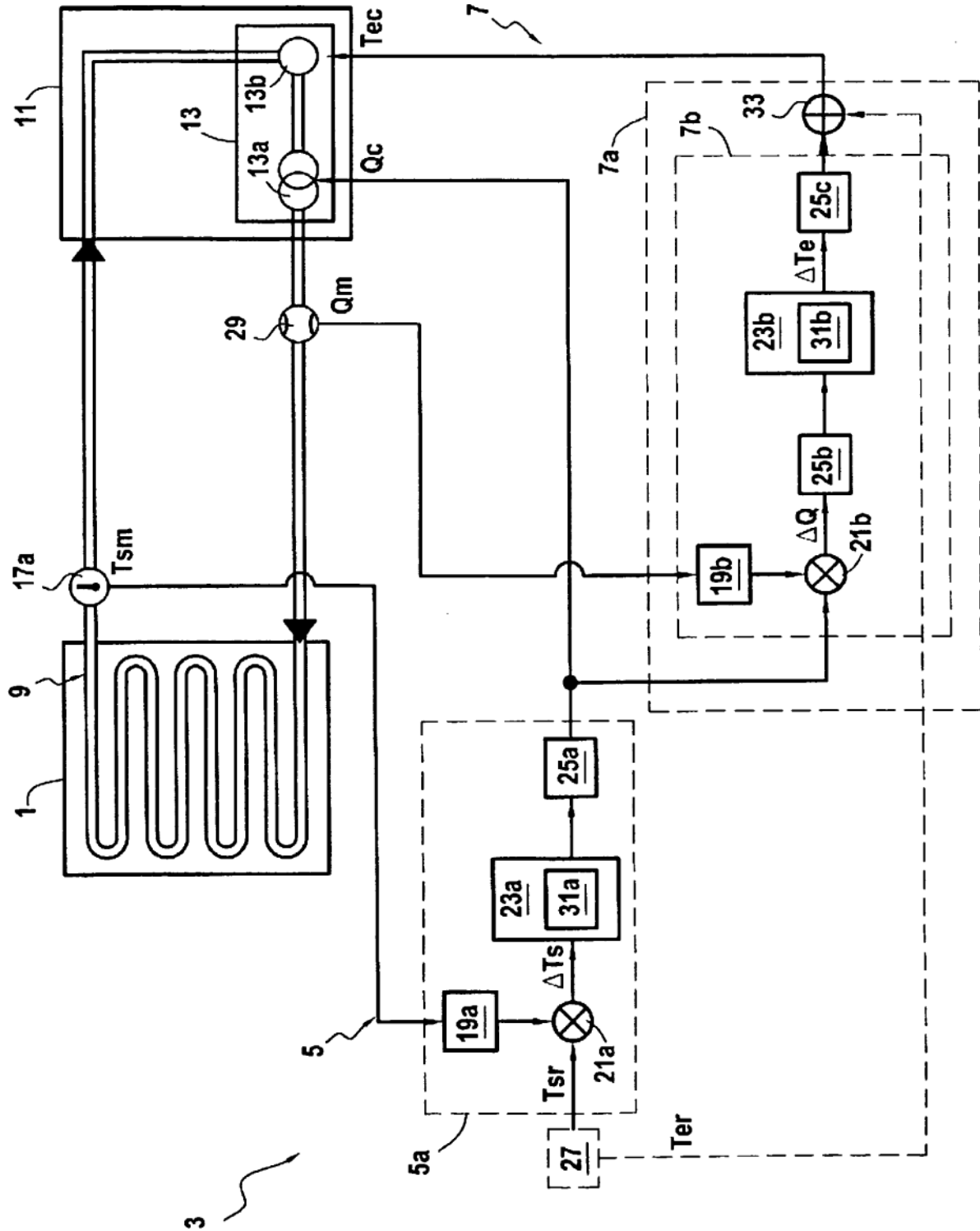
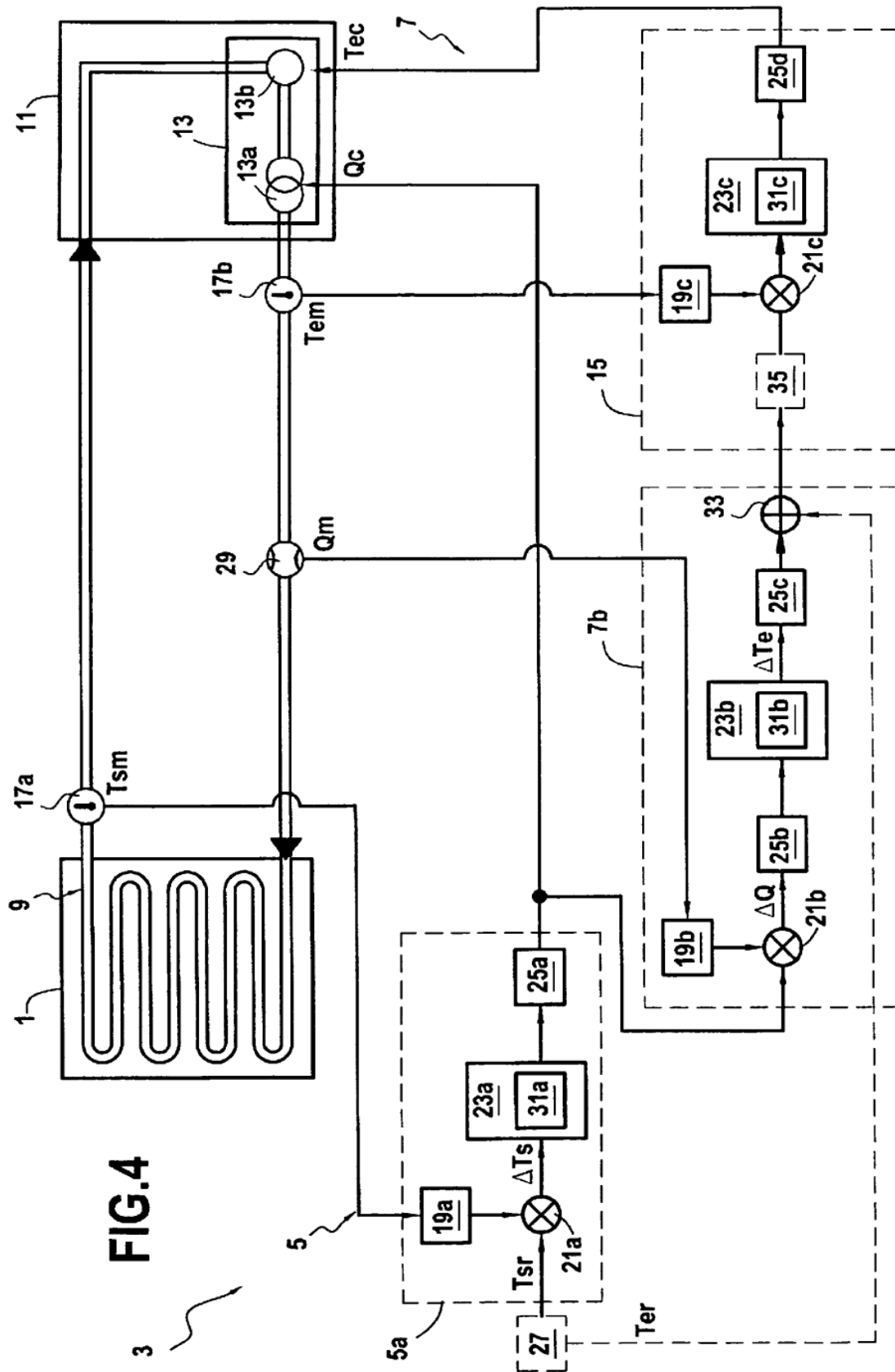


FIG.3



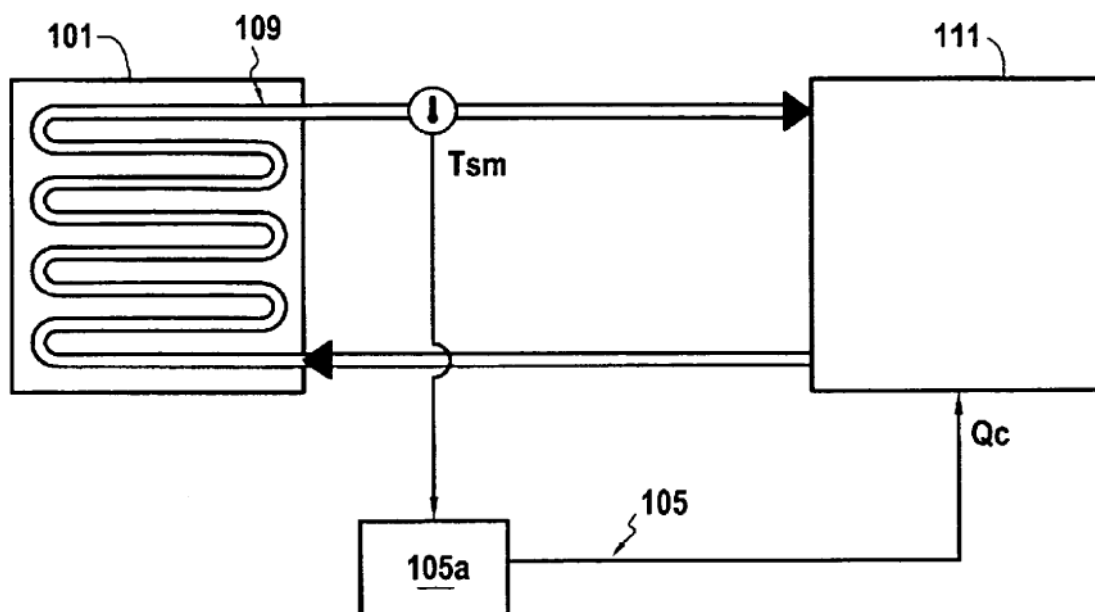


FIG.5
TÉCNICA ANTERIOR