



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 331 803**

(51) Int. Cl.:
H01M 8/04 (2006.01)
H01M 8/06 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **05733822 .0**
(96) Fecha de presentación : **16.03.2005**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1726056**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **29.11.2006**

(54) Título: **Instalación de células de combustible, procedimiento para el arranque y procedimiento para la desconexión de esta instalación.**

(30) Prioridad: **17.03.2004 DE 10 2004 013 337**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
15.01.2010

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
15.01.2010

(73) Titular/es: **Viessmann Werke GmbH & Co. KG.**
Viessmannstrasse 1
35107 Allendorf, DE
elcomax membranes GmbH

(72) Inventor/es: **Britz, Peter;**
Heikrodt, Klaus;
Melzner, Dieter y
Reiche, Annette

(74) Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 331 803 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

Instalación de células de combustible, procedimiento para el arranque y procedimiento para la desconexión de esta instalación.

La invención se refiere a una instalación de células de combustible de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 de la patente, a un procedimiento para el arranque de esta instalación de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 5 de la patente así como a un procedimiento para la desconexión de esta instalación de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 7 de la patente.

Se conoce a partir del documento DE 101 60 463 A1 una instalación de células de combustible del tipo mencionado al principio. Esta instalación consta de una fase del reformador para la reforma de vapor de hidrocarburos o bien de gas hidrocarburo (especialmente gas natural) y vapor de agua en hidrógeno y otros productos de reformador como dióxido de carbono y monóxido de carbono. La fase del reformador se puede calentar a tal fin con un quemador de gas. Para la preparación química de los productos del reformador, es decir, especialmente para la conversión del monóxido de carbono en dióxido de carbono (el monóxido de carbono es, por decirlo así, un tóxico de las células de combustible), a continuación de la fase del reformador está conectada a menos una fase de desviación. De acuerdo con el grado de pureza necesario de los productos del reformador, se pueden prever también dos más fases de purificación del gas, por ejemplo también una llamada fase de purificación fina del gas, como una fase de metanización o una fase para la oxidación selectiva (fase Selox). A continuación de la al menos una fase de desviación está conectada al menos una pila de células de combustible que presenta una pluralidad de ánodos y cátodos con conexiones de entrada y salida correspondientes para la conversión del hidrógeno en agua para la generación de corriente y calor. En el documento DE 101 60 463 A1 se trata en este caso de una llamada pila de células de combustible PEM, que es accionada a una temperatura de aproximadamente 70°C. Puesto que el hidrógeno generado en el aparato reformador y los otros productos del reformador abandona la última fase de purificación del gas aproximadamente a 120°C, entre esta fase y la pila de células de combustible está previsto un intercambiador de calor, que se ocupa de la reducción necesaria de la temperatura. Pero al mismo tiempo este intercambiador de calor está configurado también todavía como separador de condensado, por una parte, para perjudicar en la menor medida posible el presupuesto de agua relativamente sensible de la célula de combustible y, por otra parte, para poder alimentar cantidades de agua producidas de nuevo al proceso general.

Además, se conoce a partir del documento DE 101 32 064 A1 un procedimiento para el funcionamiento de un aparato para la generación de hidrógeno, en el que para el arranque del aparato se alimenta al reformador, a través de una conexión de alimentación, al menos durante una fase determinada, aire precalentado exclusivamente desde un quemador, hasta que el reformador y la al menos una fase de desviación conectada a continuación han alcanzado la temperatura de funcionamiento. Puesto que la función de la célula de combustible depende en gran medida del grado de humedad de la membrana y ésta es en este aspecto forzosamente sensible al aire en el lado del ánodo, durante el arranque de la instalación, después de la última fase de desviación (regularmente la fase de purificación fina de gas) debe estar prevista una válvula de varios pasos correspondiente, para poder impedir una alimentación de aire hacia los ánodos de la célula de combustible.

Esta medida se puede realizar, en efecto, desde el punto de vista de la construcción, de la misma manera sencilla que el intercambiador de calor conectado a continuación de la última fase de desviación y el separador de condensado según el documento DE 101 60 463 A1, pero el salto de temperatura forzosamente existente (por ejemplo al final del proceso de arranque a través de la conexión adicional de la corriente de reformado sobre la célula de combustible) entre el aparato reforzador y la célula de combustible es más bien desfavorable en lo que se refiere al rendimiento general de la instalación.

De acuerdo con ello, la invención tiene el cometido de desarrollar una instalación de células de combustible del tipo mencionado al principio, en el sentido de que se puede prescindir de una reducción de la temperatura y una separación del condensado entre la fase de desviación y la pila de células de combustible. Otro cometido de la presente invención consiste en simplificar la fase de arranque descrita anteriormente de la instalación de acuerdo con el documento DE 101 32 064 A1 y también la parada de la instalación por medio de alimentación de aire tanto en lo que se refiere a la construcción como también en cuanto al procedimiento.

Estos cometidos se solucionan en cuanto a la construcción con una instalación de células de combustible del tipo mencionado al principio a través de las características indicadas en la parte de caracterización de la reivindicación 1 de la patente. En cuanto al procedimiento, los rasgos característicos de las reivindicaciones 5 y 7 de la patente solucionan estos cometidos.

Por lo tanto, de acuerdo con la invención, con relación a la construcción está previsto que la pila de células de combustible esté configurada como pila de células de combustible de alta temperatura con una temperatura de funcionamiento entre 100°C y 200°C, que la fase de desviación esté conectada en el lado de salida directamente y sin intercambiador de calor con la conexión de alimentación de los ánodos de la pila de células de combustible y que la conexión de salida de los ánodos de la pila de células de combustible esté conectada con una conexión de alimentación de aire en el quemador de gas.

Una pila de células de combustible de alta temperatura correspondientemente adecuada se conoce, por ejemplo, a partir del documento DE 101 55 543 C2. De esta manera, el contenido de esta publicación forma parte también

del objeto de esta solicitud. La pila descrita allí es, en principio, una llamada célula de combustible de membrana de electrolito de polímero (célula de combustible PEM), pero con la diferencia de que la temperatura de funcionamiento no está en 70°C aproximadamente, sino entre 100°C y 200°C. Ya el empleo de esta pila posibilita conectar la salida de la fase de desviación hidráulicamente directamente con la entrada del ánodo de la célula de combustible, puesto que, por una parte, en virtud de la temperatura elevada de funcionamiento de la pila no es necesaria ninguna reducción de la temperatura entre el aparato reformador y la célula de combustible y puesto que, por otra parte, a esta temperatura de funcionamiento no se obstruyen las membranas de la célula de combustible y, por lo tanto, no se produce agua líquida que degrada la pila.

Para completar, se hace referencia todavía al documento DE 102 09 681 A1. También este documento publica una instalación de células de combustible de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 de la patente. Pero en este documento, hasta que se alcanza una calidad óptima del gas, no se alimenta el gas de escape de la fase de desviación hacia la célula de combustible. Esto requiere una válvula de paso dispuesta entre la fase de desviación y la célula de combustible, que debe activarse a través de un sensor y un circuito de correspondiente. Esta constelación es, por lo tanto, claramente más costosa y no presenta tampoco las ventajas indicadas todavía más adelante. Lo mismo se aplica para el documento DE 102 35 430 A1.

En lo que se refiere al procedimiento para el arranque de una instalación de células de combustible de acuerdo con la invención está previsto que en una primera etapa de arranque se conduzca aire precalentado a través de la fase del reformador, a través de la fase de desviación y en el lado del ánodo a través de la pila de células de combustible, de manera que el aire que circula en el lado del ánodo a través de la pila de células de combustible es alimentado al quemador de gas previsto para la calefacción de la fase del reformador y de manera que en una segunda etapa de arranque se desconecta la alimentación de aire y se conecta al menos la alimentación de vapor de agua y opcionalmente también la alimentación de gas hidrocarburo.

En cuanto al procedimiento, para la desconexión de una instalación de células de combustible de acuerdo con la invención está previsto que en una primera etapa de desconexión se desconecte la alimentación de gas hidrocarburo y la alimentación de vapor de agua y que en una segunda etapa de desconexión se conecte la alimentación de aire y se conduzca el aire a través de la fase del reformador, a través de la fase de desviación y en el lado del ánodo a través de la pila de células de combustible, de manera que el aire que circula en el lado del ánodo a través de la pila de células de combustible sea alimentado al quemador de gas previsto para la calefacción de la fase del reformador.

También estas medidas se pueden realizar ya en virtud de la aplicación según la invención de una célula de combustible de alta temperatura, especialmente de la célula de combustible según el documento DE 101 55 543 C2, pero solamente cuando la célula de combustible es insensible al aire en el lado del ánodo, se puede utilizar el aire, por una parte, durante el arranque no sólo para la calefacción del reformador y de la(s) fase(s) de desviación, sino también para la calefacción de la pila y, por otra parte, en caso de reducción de la marcha de la instalación de células de combustible se puede utilizar también para la refrigeración paulatina de todos los componentes mencionados, lo que conduce de manera ventajosa en el lado del ánodo incluso al secado de los mismos.

Para completar, se hace referencia todavía al documento DE 102 09 681 A1, a partir del cual se conoce una instalación de reformador, que está conectada con una célula de combustible. Esta instalación presenta un reformador, un reactor de desviación y un sensor de monóxido de carbono. Además, en esta instalación están previstos una fase de catalizador adicional, dos válvulas de varios pasos y un sistema de recirculación. El técnico conoce que el sistema de recirculación no sólo sirve para el enriquecimiento del monóxido de carbono, sino que la fase de desviación asume al mismo tiempo también la función de un intercambiador de calor entre el reformador y la célula de combustible, es decir, que esta solución no está "sin intercambiador de calor".

Otras configuraciones ventajosas se deducen a partir de las reivindicaciones dependientes de la patente.

La instalación de células de combustible de acuerdo con la invención, incluidas sus configuraciones ventajosas re acuerdo con las reivindicaciones dependientes de la patente, se explica en detalle a continuación con la ayuda de la representación del dibujo de un ejemplo de realización preferido con respecto a sus características constructivas, pero también con respecto a su funcionamiento.

En este caso:

La figura 1 muestra esquemáticamente la instalación de células de combustible de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra como diagrama el procedimiento de arranque de acuerdo con la invención de la instalación de células de combustible; y

La figura 3 muestra como diagrama el procedimiento de desconexión de acuerdo con la invención de la instalación de células de combustible.

En la figura 1 se representa de forma esquemática una forma de realización preferida de la instalación de células de combustible de acuerdo con la invención. Esta instalación está constituida por una fase de reformador 1 para la reforma

ES 2 331 803 T3

de vapor de hidrocarburos (con preferencia gas hidrocarburo) y vapor de agua en hidrógeno y otros productos de reformador. A la fase de reformador 1 está asociado de manera conocida en sí un quemador de gas 8, para acondicionar el calor necesario para el proceso de reforma, es decir, que la fase del reformador 1 se puede calentar con el quemador de gas 8. En una instalación para la alimentación de energía doméstica, de la que se trata con preferencia en el presente caso, se alimenta tanto al quemador 8 como también a la fase del reformador 1 en el funcionamiento estacionario, como gas hidrocarburo, gas natural (gas metano), que se toma con preferencia de una toma de gas prevista en la casa. El calor del quemador de gas 8 se puede desacoplar, además, también para otros fines de calefacción (calefacción doméstica).

Puesto que en la reforma de vapor se produce regularmente, además de hidrógeno y dióxido de carbono, también monóxido de carbono, para la preparación química de los productos del reformador, es decir, especialmente para la reducción de la porción de monóxido de carbono, a continuación de la fase del reformador 1 está conectada igualmente de la manera conocida en sí al menos una fase de desviación 2. De acuerdo con el grado de pureza necesario con respecto a la porción de monóxido de carbono se conocen también (como se ha mencionado más arriba) instalaciones con dos o más fases de desviación (fase de purificación fina del gas como fase de metanización o fase Selox).

A continuación de la al menos una fase de desviación 2 está conectada al menos una pila de células de combustible 3, que presenta una pluralidad de ánodos y cátodos 5 con conexiones de entrada y salida 6, 7 correspondiente, para la conversión del hidrógeno en agua y para la generación de corriente y de calor, de manera que, como se ha mencionado anteriormente, la pila está configurada, por decirlo así, como célula de combustible de membrana de electrolito de polímero (célula de combustible PEM).

Puesto que la temperatura de salida del gas después de la última fase de desviación 2 en la instalación de células de combustible conocida está siempre por encima de 100°C, regularmente entre la última fase de desviación 2 o también fase de purificación fina del gas y la pila de células de combustible 3 está dispuesto un intercambiador de calor, con frecuencia adicionalmente también un separador de condensado.

Para reducir este gasto de construcción, está previsto de acuerdo con la invención que la pila de células de combustible 3 esté configurada como pila de células de combustible de alta temperatura con una temperatura de funcionamiento entre 100°C y 200°C, con preferencia a 160°C. A este respecto, está previsto, además, que en la pila se utilicen membranas de electrolito de alta temperatura conductoras de protones. Éstas comprenden en el sentido del documento DE 101 55 543 C2 al menos un material de base y al menos un medio de dotación, en el que el medio de dotación es un producto de reacción de un ácido inorgánico al menos bibásico con un compuesto orgánico, en el que el producto de reacción presenta un grupo hidroxilo ácido no reaccionado del ácido inorgánico, o el producto de condensación de este compuesto con un ácido polibásico. Estas membranas de electrolito de alta temperatura son adecuadas para el funcionamiento a estas temperaturas relativamente altas para las células de combustible PEM.

Además, de acuerdo con la invención, está previsto que la fase de desviación 2 esté conectada hidráulicamente en el lado de salida (como se representa claramente en la figura 1) directamente y sin intercambiador de calor con la conexión de alimentación 6 de los ánodos 4 de la pila de células de combustible 3, es decir, que entre la fase de desviación 2 y la pila de células de combustible de acuerdo con la invención con preferencia solamente está previsto un trozo de tubo corto (y especialmente ningún intercambiador de calor), para conectar los dos componentes de la instalación entre sí hidráulicamente.

Como se representa claramente en la figura 1, está previsto, además, que la conexión de salida 7 de los ánodos de la pila de células de combustible 3 esté conectada con una conexión de alimentación de aire 9 en el quemador de gas 8. De acuerdo con esta medida, por una parte, durante el funcionamiento estacionario se puede quemar gas residual de ánodo en el quemador de gas 8, además, por otra parte, en la fase de arranque, que se explica todavía con más detalle, se puede alimentar aire precalentado, que circula en el lado del ánodo a través de la pila, hacia el quemador de gas 8, es decir, que el aire precalentado para el arranque se puede continuar utilizando de manera energética conveniente y no sólo se descarga al medio ambiente. Para el ajuste de los valores correctos de la combustión está prevista de manera conocida en sí una sonda lambda correspondiente en el quemador de gas 9.

Para el arranque y/o para la desconexión de la instalación de células de combustible está previsto de manera conocida en sí que a la fase del reformador 1 y a la fase de desviación 2 sea alimentado exclusivamente aire al menos por fases.

Además, de acuerdo con la invención, sobre la base de las características constructivas descritas anteriormente (célula de combustible de alta temperatura, conexión sin intercambiador de calor entre la fase de desviación y la pila), está previsto que opcionalmente durante el arranque y/o la desconexión de la instalación de células de combustible, el aire que circula a través de la fase del reformador 1 y a través de la fase de desviación 2 sea alimentado también a los ánodos de la pila de células de combustible 3. Esto tiene, por una parte, (durante el arranque) la ventaja de que no debe preverse ninguna válvula de conmutación entre la fase de desviación 2 y la pila de células de combustible 3 y que el aire precalentado por el quemador de gas 8 se puede utilizar también para el calentamiento previo de la pila de células de combustible 3; por otra parte, (durante la parada de la instalación) en virtud de la medida de acuerdo con la invención, se puede secar, en principio, la pila de células de combustible 3 en el lado del ánodo, lo que conduce de manera ventajosa durante un nuevo arranque a condiciones de arranque exactamente definidas.

ES 2 331 803 T3

En la figura 2 se representa una fase de arranque preferida y en la figura 3 se representa una fase de desconexión preferida. Respectivamente, en la ordenada izquierda se indica la porción porcentual de gases de proceso y en la ordenada derecha se indica la temperatura del aire alimentado por fases. Sobre la abscisa se registra el tiempo continuo.

Como se representa en la figura 2, está previsto que para el arranque de la instalación de células de combustible, se conduzca aire m_{aire} precalentado en una primera etapa de arranque I_s , a través de la fase del reformador 1, a través de la fase de desviación 2 y en el lado del ánodo a través de la pila de células de combustible 3. Además, en este caso está previsto de manera ventajosa que la temperatura T_{aire} del aire utilizado para el arranque de la instalación de células de combustible se incremente a medida que aumenta la longitud de la primera etapa de arranque, es decir, que la instalación se precalienta cada vez más hasta la desconexión del aire. El calentamiento del aire se realiza por medio del quemador de gas 8.

A continuación está previsto de manera ventajosa que en una segunda etapa de arranque II_s se desconecte la alimentación de aire y se conecte al menos la alimentación de vapor de agua m_{vapor} y se desconecte opcionalmente también la alimentación de gas hidrocarburo m_{CH_4} . De acuerdo con la figura 2, la alimentación de gas hidrocarburo m_{CH_4} se incrementa linealmente hasta el comienzo de la tercera fase estacionaria III_s . En la tercera fase III_s , la cantidad alimentada de gas hidrocarburo y vapor de agua es 100%, respectivamente, no se alimenta ya aire (tampoco es posible debido a la amenaza de reacción de gas detonante).

Como se representa en la figura 3, está previsto que para la desconexión de la instalación de células de combustible de marcha estacionaria (fase de funcionamiento $III_A = III_s$), en una primera etapa de desconexión II_A , se desconecte la alimentación de gas hidrocarburo m_{CH_4} y la alimentación de vapor de agua m_{vapor} , y en concreto el gas hidrocarburo con preferencia de forma continua y el valor de agua a continuación de forma repentina.

Además, está previsto de manera ventajosa que en una segunda etapa de desconexión I_A se conecte la alimentación de aire m_{aire} y se conduzca el aire a través de la fase del reformador 1, a través de la fase de desviación 2 y en el lado del ánodo a través de la pila de células de combustible 3. Como se deduce a partir de la figura 3, en este caso (en virtud de la potencia estrangulada voluntariamente del quemador de gas 9) se reduce la temperatura T_{aire} del aire utilizado para la desconexión de la instalación de células de combustible a medida que se incrementa la longitud de la segunda etapa de desconexión I_A .

Como se ha mencionado y se representa en la figura 1, está previsto, además, de manera ventajosa que el aire que circula durante el arranque y/o desconexión en el lado del ánodo a través de la pila de células de combustible 3 sea alimentado al quemador de gas 8 previsto para la calefacción de la fase del reformador 1.

Por último, está previsto de manera ventajosa (no se representa) que para garantizar la temperatura de funcionamiento de 100°C a 200°C está presente una instalación de regulación de la temperatura que, a una temperatura de funcionamiento por encima de 200°C, se desconecta la pila de células de combustible 3.

Lista de signos de referencia

- 1 Fase del reformador
- 2 Fase de desviación
- 3 Pila de células de combustible
- 4 Ánodo
- 5 Cátodo
- 6 Conexión de alimentación
- 7 Conexión de salida
- 8 Quemador de gas
- 9 Conexión de alimentación de aire
- I_s Primera etapa de arranque
- II_s Segunda etapa de arranque
- III_s Fase estacionaria de funcionamiento
- III_A Fase estacionaria de funcionamiento
- II_A Primera etapa de desconexión
- I_A Segunda etapa de desconexión

REIVINDICACIONES

1. Instalación de células de combustible, que comprende

- una fase del reformador (1) configurada de manera que se puede calentar con un quemador de gas (8) para la reforma del vapor de hidrocarburos en hidrógeno y otros productos del reformador,
- al menos una fase de desviación (2) conectada a continuación de la fase del reformador (1) para la preparación química de los productos del reformador y
- al menos una pila de células de combustible (3) conectada a continuación de la fase de desviación (2) y que presenta una pluralidad de ánodos (4) y cátodos (5) con conexiones de entrada y salida (6, 7) correspondientes, para la conversión del hidrógeno en agua para la generación de corriente y de calor, **caracterizada**
- porque la pila de células de combustible (3) está configurada como pila de células de combustible de alta temperatura con una temperatura de funcionamiento entre 100°C y 200°C,
- porque la fase de desviación (2) está conectada en el lado de salida y sin intercambiador de calor con la conexión de alimentación (6) de los ánodos (4) de la pila de células de combustible (3), y
- porque la conexión de salida (7) de los ánodos (4) de la pila de células de combustible (3) está conectada con una conexión de alimentación de aire (9) en el quemador de gas (8).

2. Instalación de células de combustible de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** porque la pila de células de combustible (3) está provista con membranas de electrolito de alta temperatura conductoras de protones.

3. Instalación de células de combustible de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizada** porque las membranas de electrolito de alta temperatura comprenden al menos un material de base y al menos un medio de dotación, en la que el medio de dotación es un producto de reacción de un ácido inorgánico al menos bibásico con un compuesto orgánico, en la que el producto de reacción presenta un grupo hidroxilo ácido no reaccionado del ácido inorgánico o el producto de condensación de este compuesto con un ácido polibásico.

4. Instalación de células de combustible de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque para garantizar la temperatura de funcionamiento de 100°C a 200°C está prevista una instalación de regulación de la temperatura, que desconecta la pila de células de combustible (3) a una temperatura de funcionamiento por encima de 200°C.

5. Procedimiento para arrancar una instalación de células de combustible de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que a la fase del reformador (1) y a la fase de desviación (2) se alimenta exclusivamente aire, al menos por fases, durante el arranque de la instalación, **caracterizado**

- porque en una primera etapa de arranque (I_s) se conduce aire precalentado a través de la fase del reformador (1), a través de la fase de desviación (2) y en el lado del ánodo a través de la pila de células de combustible (3), en la que el aire que circula en el lado del ánodo a través de la pila de células de combustible (3) es conducido al quemador de gas (8) previsto para la calefacción de la fase del reformador (1), y
- porque en una segunda etapa de arranque (II_s), se desconecta la alimentación de aire y se conecta al menos la alimentación de vapor de agua y opcionalmente también la alimentación de gas hidrocarburo.

6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque la temperatura del aire utilizado para arrancar la instalación de células de combustible se incrementa a medida que aumenta la longitud de la primera etapa de arranque.

7. Procedimiento para desconectar una instalación de células de combustible de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que a la fase del reformador (1) y a la fase de desviación (2) se alimenta exclusivamente aire, al menos en fases, durante el arranque/desconexión de la instalación, **caracterizado**

- porque en una primera etapa de desconexión (II_A) se desconecta la alimentación de gas hidrocarburo y la alimentación de vapor de agua, y
- porque en una segunda etapa de desconexión (I_A), se conecta la alimentación de aire y se conduce el aire a través de la fase del reformador (1), a través de la fase de desviación (2) y en el lado del ánodo a través de la pila de células de combustible (3), en el que el aire que circula en el lado del ánodo a través de la pila de células de combustible (3) es conducido al quemador de gas (8) previsto para la calefacción de la fase del reformador (1).

ES 2 331 803 T3

8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque la temperatura del aire utilizado para la desconexión de la instalación de células de combustible se reduce a medida que aumenta la longitud de la segunda etapa de desconexión.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

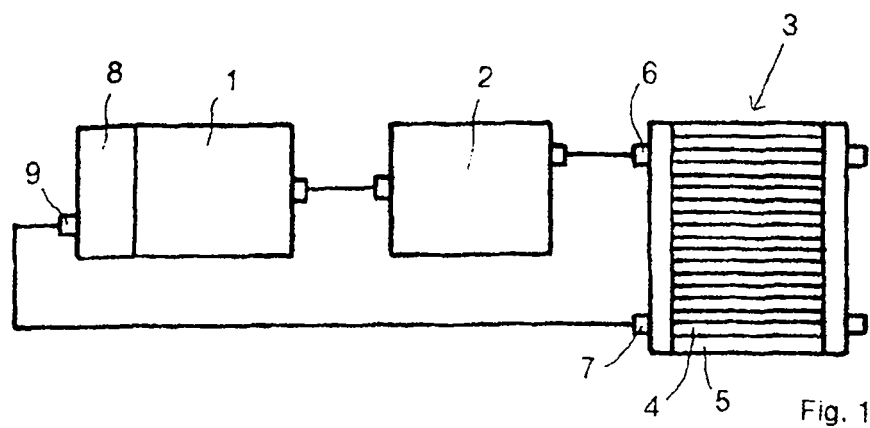


Fig. 1

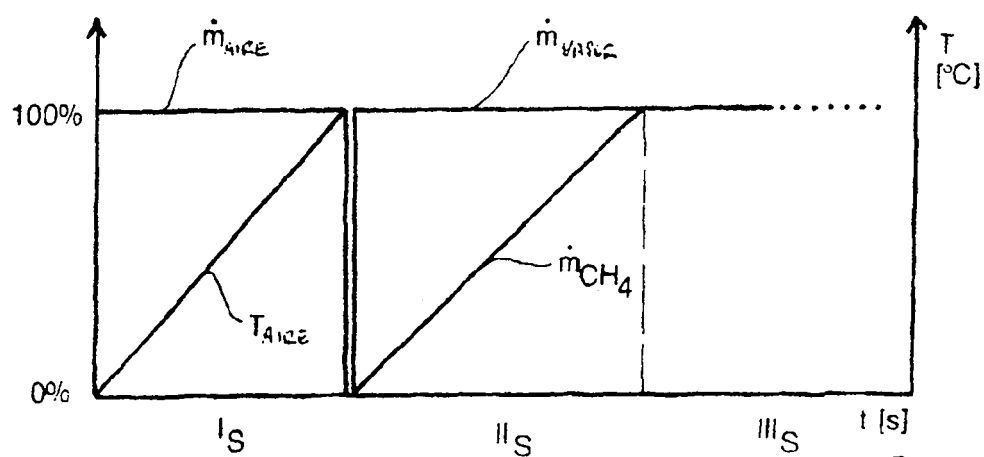


Fig. 2

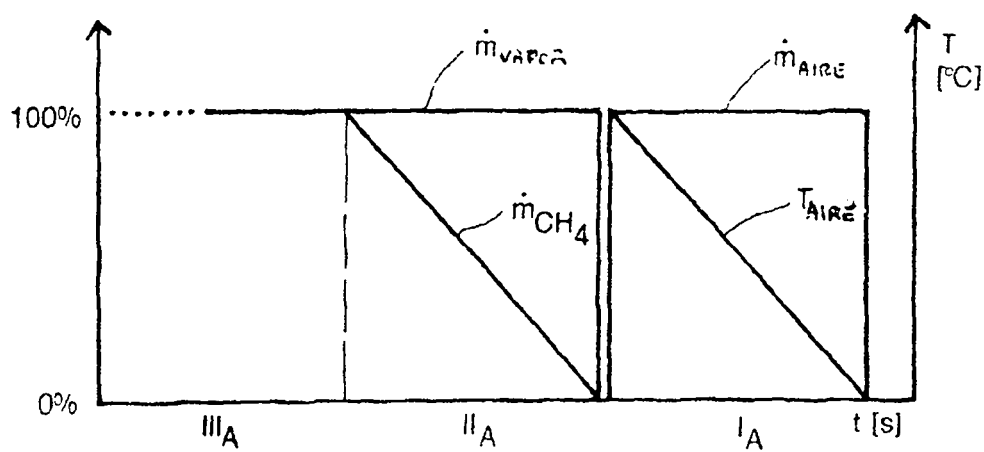


Fig. 3