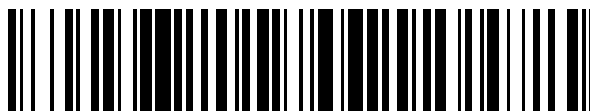


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 557 816**

51 Int. Cl.:

H01M 8/04 (2006.01)

H01M 8/06 (2006.01)

H01M 8/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.2005** **E 05016543 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.12.2015** **EP 1750321**

54 Título: **Procedimiento de operación de una disposición de células de combustible con una mezcla gaseosa con una proporción de gas de reacción y una proporción de gas inerte, así como una disposición de células de combustible apropiada para ello**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.01.2016

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

MATTEJAT, ARNO, DR.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 557 816 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

Procedimiento de operación de una disposición de células de combustible con una mezcla gaseosa con una proporción de gas de reacción y una proporción de gas inerte, así como una disposición de células de combustible apropiada para ello.

5 La presente invención se relaciona con un procedimiento de operación de una disposición de células de combustible con una mezcla gaseosa con una proporción de gas de reacción y una proporción de gas inerte, atravesando la mezcla gaseosa sucesivamente varios grupos de células de combustible, cuyas células de combustible son
10 atravesadas en cada caso en paralelo por la mezcla gaseosa. La invención se relaciona además con una disposición de células de combustible con varios grupos de células de combustible, conectadas en serie en un dispositivo de suministro de gas y cuyas células de combustible pueden ser atravesadas en cada caso en paralelo a través del dispositivo de suministro de gas por una mezcla gaseosa con una proporción de gas de reacción y una proporción de gas inerte.

En las células de combustible se produce habitualmente energía eléctrica mediante la conducción conjunta de los gases de reacción hidrógeno y oxígeno en una reacción electroquímica. El hidrógeno se alimenta a las células de
15 combustible o bien en forma pura o como gas combustible con una proporción de hidrógeno y el oxígeno se alimenta a las células de combustible o bien en forma pura o en forma de aire.

La forma, en que se alimentan el hidrógeno y el oxígeno a las células de combustible, depende considerablemente del entorno operativo en que operan las células de combustible. Si las células de combustible operaran por ejemplo en un espacio herméticamente cerrado, deberían las células de combustible producir una cantidad lo más baja
20 posible de gases de escape, pues de lo contrario este debe recogerse y en cada caso comprimirse. Estas células de combustible operan por tanto generalmente con oxígeno puro e hidrógeno puro, con el objeto de que estos gases de reacción reaccionen, durante la operación de las células de combustible, esencialmente sin residuos para dar agua y las células de combustible generen por consiguiente prácticamente ningún gas de escape.

Si se produce gas combustible en un reformador, este no estará a su salida en forma pura, sino como mezcla gaseosa con altas proporciones de agua y gases inertes como por ejemplo dióxido de carbono, nitrógeno y monóxido de carbono. Para poder posibilitar también aquí una operación lo más libre de gases de escape posible, primero se purifica la mezcla gaseosa y se libera de los componentes indeseables. El monóxido de carbono perjudicial para las células de combustible puede transformarse por vía química en dióxido de carbono o metano. El
25 agua puede extraerse fácilmente por condensación. Para la extracción de las proporciones de gas inerte remanentes, típicamente en una cantidad del 10 al 60% en volumen, se utilizan normalmente membranas de separación, que consisten en finas láminas metálicas. Estas membranas son, sin embargo, caras, propensas a cargas térmicas alternantes y se vuelven inservibles en caso de fugas.

El documento US 2004/0185316 A1 muestra una disposición de células de combustible, en la que una mezcla gaseosa, consistente en una proporción de gas de reacción y una proporción de gas inerte, atraviesa sucesivamente
35 varios grupos de células de combustible, cuyas células de combustible son atravesadas en cada caso en paralelo por la mezcla gaseosa. La proporción de gas inerte contenida en la mezcla gaseosa se recoge en una célula de limpieza, disminuyendo el rendimiento de la célula de limpieza. Cuando un sensor de tensión de la célula de limpieza detecta una caída de rendimiento por debajo de un valor límite, se abre una válvula de limpieza y se evacúa la proporción de gas inerte mediante un incremento del suministro de gas a la disposición de células de combustible.

40 En el documento US 3,711,333 se describe una disposición de células de combustible, en la que una mezcla gaseosa conteniendo oxígeno atraviesa sucesivamente varios grupos de células de combustible, cuyas células de combustible son atravesadas en cada caso en paralelo por la mezcla gaseosa. Mediante la distribución de las células de combustible en forma de cascada con número decreciente de células de combustible crece el flujo volumétrico de la mezcla gaseosa mediante las células de combustible. Simultáneamente aumenta la proporción de
45 gas inerte en la mezcla gaseosa y disminuye la proporción de oxígeno.

En la US 3 668 011 A se describe una batería de células de combustible, que comprende varios grupos de células de combustible conectados en serie. Cada grupo de células de combustible contiene varias células de combustible, conectadas paralelamente. Además, disminuye en dirección de flujo el número de células de combustible en cada grupo adicional de células de combustible, en comparación con el grupo de células de combustible anterior.
50 Propósito de esta distribución es vencer una alta resistencia al flujo en las células de combustible y posibilitar un suministro suficiente de gas de reacción.

Es objeto de la presente invención especificar un procedimiento de operación de una disposición de células de combustible y una disposición de células de combustible apropiada para la puesta en marcha del procedimiento, que, en caso de empleo de mezclas gaseosas conteniendo gas de reacción con relativamente altas proporciones de
55 gas inerte superiores al 10% en volumen, posibilita una operación de la disposición de células de combustible con un

buen grado de efectividad y pequeñas cantidades de gases de escape, pudiendo prescindirse del empleo de membranas de separación para la extracción de los componentes de gas inerte de la mezcla gaseosa.

El objeto dirigido al procedimiento se resuelve mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. El objeto dirigido a la disposición de células de combustible se resuelve mediante una disposición de células de combustible con las características de la reivindicación 6. Configuraciones favorables son en cada caso objeto de las subreivindicaciones.

La invención parte de la consideración de que puede prescindirse de la membrana de separación, cuando la disposición de células de combustible se proyecta de tal modo que pueda operar con las altas proporciones de gas inerte de más del 10% en volumen.

Fundamentalmente puede observarse una generación estable de energía y un buen grado de efectividad durante la operación de una disposición de células de combustible con una mezcla gaseosa conteniendo gas de reacción con altas proporciones de gas inerte de más del 10% en volumen, cuando todas las células de combustible de la disposición de células de combustible son atravesadas en paralelo por la mezcla gaseosa, llevándose esto a cabo con un flujo volumétrico claramente mayor que el realmente necesario para la completa reacción electroquímica de la proporción de gas de reacción en las células de combustible. De este modo sin embargo una mayor proporción del gas de reacción abandona las células de combustible, sin implicarse en la reacción, lo que, por un lado, vuelve no rentable la operación del sistema completo constituido por reformador y disposición de células de combustible, aunque por otro tampoco es deseable en muchos casos de aplicación, particularmente durante la operación de la disposición de células de combustible en un espacio herméticamente cerrado.

Las pérdidas de gas de reacción pueden mantenerse de nuevo pequeñas cuando la mezcla gaseosa conteniendo gas de reacción no atraviesa las células de combustible en paralelo, sino secuencialmente (y/o en serie). De este modo siempre se consume más completamente el gas de reacción en la dirección de flujo mediante las células de combustible. Evidentemente esto conlleva una concentración de las proporciones de gas inerte en la mezcla gaseosa, es decir la proporción de gases inertes en la mezcla gaseosa conteniendo gas de reacción crece constantemente, lo que se asocia a un correspondiente empeoramiento del grado de efectividad de las células de combustible.

Estos efectos contrarios se combinan conforme a la invención aumentando la relación entre el flujo volumétrico de mezcla gaseosa conducido en el correspondiente grupo de células respecto del flujo volumétrico de mezcla gaseosa estequiométricamente necesario para una reacción completa de la proporción de gas de reacción en este grupo de células para tres grupos de células atravesados sucesivamente.

La conexión en serie de los grupos de células de combustible conlleva en realidad una concentración de la proporción de gas inerte en la dirección de flujo de la mezcla gaseosa, es decir que la proporción de los gases inertes en la mezcla gaseosa aumenta continuamente en la dirección de flujo de la mezcla gaseosa, aunque al mismo tiempo aumenta también la relación del flujo volumétrico de mezcla gaseosa entrando en los grupos de células respecto del flujo volumétrico de mezcla gaseosa realmente necesario para la completa reacción electroquímica. La menor proporción de gas de reacción en la mezcla gaseosa en un siguiente grupo de células atravesado se equilibra por consiguiente al menos parcialmente mediante un correspondientemente mayor flujo volumétrico de la mezcla gaseosa en el siguiente grupo de células atravesado en comparación con el anterior grupo de células atravesado. De este modo se proporciona a las células de combustible del siguiente grupo de células atravesado, suficiente gas de reacción para una reacción electroquímica estable y un buen grado de efectividad, con disminución simultánea de la concentración del gas de reacción en la mezcla gaseosa. Por consiguiente, la disposición de células de combustible elimina una mezcla gaseosa residual, que en comparación con un único grupo de células alimentado puramente en paralelo contiene una concentración considerablemente menor de gas de reacción. La pérdida de gas de reacción se reduce de este modo considerablemente. La mezcla de gases residuales puede alimentarse sin gran pérdida de grado de efectividad al sistema global constituido por el reformador y la disposición de células de combustible, por ejemplo, al quemador del reformador.

El procedimiento puede emplearse tanto para el lado anódico de las células de combustible como también para el lado catódico de las células de combustible, es decir, que el gas de reacción puede ser, por el lado anódico, un gas combustible generado por el reformador y/o, por el lado catódico, aire.

El deseado aumento de la relación de flujos volumétricos puede ajustarse a través del número y/o tamaño de las células de combustible y/o la densidad de corriente de los grupos de células individuales. Los grupos de células de combustible incluyen preferentemente en cada caso células de combustible similares, y el deseado aumento de la relación se ajusta a través del número de células de combustible en los grupos de células de combustible. Se entiende por células de combustible similares en este contexto células de combustible iguales en lo que se refiere a tamaño y estructura.

La mezcla gaseosa preferentemente atraviesa sucesivamente tantos grupos de células, hasta que la proporción de gas de reacción en la mezcla gaseosa quede por debajo de un valor predefinido deseado.

5 En una disposición de células de combustible conforme a la invención se conectan varios grupos de células de combustible en serie en un dispositivo de suministro de gas. Las células de combustible de los grupos de células de combustible pueden ser atravesadas en cada caso en paralelo por el gas de reacción, configurándose los grupos de células de combustible de tal manera que tres grupos de células conectados en serie en el dispositivo de suministro de gas puedan ser atravesados, con una relación en cada caso creciente entre el flujo volumétrico de mezcla gaseosa alimentado en el correspondiente grupo de células respecto del flujo volumétrico de mezcla gaseosa estequiométricamente necesaria para una reacción completa de la proporción de gas de reacción en este grupo de células, ajustándose la relación creciente a través del número de células de combustible y/o su tamaño y/o la densidad de corriente de los grupos de células de combustible.

Los grupos de células de combustible pueden consistir, por ejemplo, en, en cada caso, un lote de células de combustible. Todos estos lotes de células de combustible se pueden entonces combinar en un único bloque de células de combustible, es decir que forman un denominado bloque de células de combustible "en cascada".

15 Cada uno de los grupos de células de combustible puede consistir también sin embargo en uno o varios bloques de células de combustible alimentados en cada caso en paralelo con la mezcla gaseosa y por consiguiente forman una etapa de una instalación de células de combustible con varias etapas dispuestas en cascada.

Las consideraciones y ventajas mencionadas respecto al procedimiento conforme a la invención sirven conforme al sentido también para la disposición de células de combustible conforme a la invención.

20 La presente invención, así como configuraciones favorables de la invención conformes a las características de las subreivindicaciones se describen a continuación más a fondo en base a los ejemplos de ejecución en las Figuras. Muestran:

FIG 1 una representación de principios de un primer ejemplo de ejecución de una disposición de células de combustible conforme a la invención,

25 FIG 2 una representación de principios de un segundo ejemplo de ejecución de una disposición de células de combustible conforme a la invención y

FIG 3 una representación de principios un tercer ejemplo de ejecución de una disposición de células de combustible conforme a la invención.

30 Una disposición de células de combustible 10 conforme a la invención mostrada en la FIG 1 muestra tres grupos de células de combustible 1, 2, 3, atravesados sucesivamente por una mezcla gaseosa G, que presenta una proporción de gas de reacción, aquí una proporción de hidrógeno H_2 , y una proporción de gas inerte IG. Antes de la alimentación de la mezcla gaseosa G al primer grupo de células 1 la proporción de hidrógeno H_2 asciende a por ejemplo aproximadamente un 90% en volumen y la proporción de gas inerte a aproximadamente un 10% en volumen. La proporción de gas inerte IG comprende gases inertes como por ejemplo nitrógeno, dióxido de carbono y gases nobles. La mezcla gaseosa G circula entonces por medio del conducto de alimentación de gas 4 sucesivamente a través de los grupos de células 1, 2, 3 y abandona la disposición de células de combustible a través de un conducto de eliminación de gases residuales 5, en el que se conecta una válvula 6 para el control de la evacuación de gases residuales. En los grupos de células 1, 2, 3, las células de combustible son atravesadas en cada caso en paralelo por la mezcla gaseosa H_2 , IG.

40 Tras la conexión de un consumidor eléctrico a las células de combustible de los grupos de células de combustible 1, 2, 3, se produce, debido a la reacción electroquímica del hidrógeno H_2 con oxígeno en las células de combustible en la dirección de flujo de la mezcla gaseosa G a través de los grupos de células de combustible 1, 2, 3, una disminución de la proporción de hidrógeno H_2 en la mezcla gaseosa G. Con ello aumenta sin embargo en la dirección de flujo de la mezcla gaseosa G la proporción de gas inerte IG en la mezcla gaseosa G. La resultante disminución de la proporción de hidrógeno H_2 se equilibra ahora aumentando la relación λ entre el flujo volumétrico de mezcla gaseosa G alimentada al correspondiente grupo de células y el flujo volumétrico de mezcla gaseosa G estequiométricamente necesaria para una reacción electroquímica completa de la proporción de hidrógeno H_2 en este grupo de células para los grupos de células sucesivamente atravesados.

50 Un incremento tal del flujo volumétrico puede ajustarse fundamentalmente a través del número de células de combustible y/o del tamaño de las células de combustible y/o la densidad de corriente en los grupos de células de combustible 1, 2, 3. Los grupos de células de combustible 1, 2, 3 incluyen preferentemente en cada caso células de combustible similares, es decir iguales respecto a tamaño y estructura, y la relación creciente λ se ajusta a través del número de células de combustible en los grupos de células de combustible.

Además, ahora se define una tasa de limpieza S como la relación entre la proporción de gas de reacción en el flujo volumétrico de gas que abandona un grupo de células y la proporción de gas de reacción en el flujo volumétrico de gas que entra en el grupo de células:

$$S = \frac{\text{Proporción de gas de reacción en el flujo volumétrico de gas que abandona un grupo de células}}{\text{Proporción de gas de reacción en el flujo volumétrico de gas que entra en el grupo de células}}$$

5 *Proporción de gas de reacción en el flujo volumétrico de gas que entra en el grupo de células*

En este contexto sólo se considera la proporción reactiva en el flujo volumétrico de gas. La proporción de gas inerte no se tiene en cuenta en este contexto, aunque está vinculada en un contexto funcional a la concentración de entrada y al consumo de gas de reacción en los grupos de células.

10 La relación λ se define como la relación entre el flujo volumétrico de gas alimentado a un grupo de células y el flujo volumétrico de gas estequiométricamente necesario para una reacción completa de la proporción de gas de reacción en el grupo de células.

15 En lo sucesivo se parte ahora simplificada de que, debido a una conexión eléctrica en serie de todas las células de la disposición de células de combustible 10, a través de todas estas células de combustible fluye también una corriente eléctrica igual de grande. Cada una de las células de combustible consume, por consiguiente, el mismo volumen V_z de hidrógeno por unidad de tiempo, por ejemplo 1 litro por hora. Un grupo de células de combustible con N células de combustible consume, por consiguiente, por unidad de tiempo un volumen $V_N = n \cdot V_z$ de hidrógeno. Para la tasa de limpieza S y/o la relación λ de un grupo de células con n células de combustible es válido entonces

$$S = \frac{\text{número de células en los siguientes grupos de células}}{n + \text{número de células en los siguientes grupos de células}}$$

20 *n + número de células en los siguientes grupos de células*

$$\lambda = \frac{n + \text{número de células en los siguientes grupos de células}}{n}$$

25 En este contexto se partió, sin embargo, de que no se lleva a cabo ninguna eliminación de gases residuales a través del conducto de eliminación de gases residuales 5. Para considerar una eliminación de gases residuales de este tipo se define ahora una tasa de eliminación de gases residuales SP como el flujo volumétrico de gas residual que abandona el último grupo de células 3. Para el caso de que el flujo volumétrico de gas residual sea función lineal del consumo de gas, puede utilizarse para la tasa de eliminación de gases residuales SP un número ficticio de células n' . Por consiguiente, es válido

$$S = \frac{\text{número de células en los siguientes grupos de células} + n'}{n + \text{número de células en los siguientes grupos de células} + n'}$$

30 *n + número de células en los siguientes grupos de células + n'*

$$\lambda = \frac{n + \text{número de células en los siguientes grupos de células} + n'}{n}$$

35 Para los grupos de células de combustible 1, 2, 3 de la disposición de células de combustible 10 sirven por consiguiente las siguientes tasas de limpieza S_1 , S_2 y/o S_3 y relaciones λ_1 , λ_2 y/o λ_3

$$S_1 = \frac{n_2 + n_3 + n'}{n_1 + n_2 + n_3 + n'} \quad , \quad S_2 = \frac{n_3 + n'}{n_2 + n_3 + n'} \quad , \quad S_3 = \frac{n'}{n_3 + n'}$$

y

$$\lambda_1 = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + n'}{n_1} \quad , \quad \lambda_2 = \frac{n_2 + n_3 + n'}{n_2} \quad , \quad \lambda_3 = \frac{n_3 + n'}{n_3}$$

siendo n_1, n_2, n_3 el correspondiente número de células de combustible atravesadas en paralelo de los grupos de células de combustible 1, 2 y/o 3. En base a estas fórmulas se pueden ahora seleccionar n_1, n_2 y n_3 de tal manera que se ajuste el deseado aumento de λ en la dirección de flujo de la mezcla gaseosa G a través de los grupos de células 1, 2, 3.

Si se selecciona, por ejemplo, $n_1 = 20, n_2 = 6, n_3 = 3$ y $n' = 9$, se origina

$$S_1 = \frac{6+3+9}{20+6+3+9} = 0.47 \quad , \quad S_2 = \frac{3+9}{6+3+9} = 0.66 \quad , \quad S_3 = \frac{9}{3+9} = 0.75$$

$$\lambda_1 = \frac{20+6+3+9}{20} = 1.9 \quad , \quad \lambda_2 = \frac{6+3+9}{6} = 3 \quad , \quad \lambda_3 = \frac{3+9}{3} = 4$$

Y, por consiguiente, el deseado aumento de λ en la dirección de flujo de la mezcla gaseosa G a través de los grupos de células de combustible 1, 2 y 3.

Tal y como se representa en la FIG 2, se pueden combinar todos los grupos de células de combustible de la disposición de células de combustible de FIG 1 en un único bloque de células de combustible y formar, por consiguiente, un bloque de células de combustible en cascada.

El bloque de células de combustible 20 mostrado en la FIG 2 se construye a partir de 29 células de combustible representadas esquemáticamente $n_1, n_2, \dots, n_{29}$. Para una mejor visión general se representan en la ilustración de la FIG 2 los espacios gaseosos del lado del cátodo de las células de combustible n_1 a n_{29} sobre los espacios gaseosos del lado del ánodo de las mismas células de combustible n_1 a n_{29} .

El lado del ánodo 18 del bloque de células de combustible 2 se subdivide además en la dirección de flujo de una mezcla gaseosa del lado del ánodo GA con una proporción de hidrógeno H_2 y una proporción de gas inerte IG primero en un grupo de células 12, en el que las células de combustible n_1 a n_{20} son atravesadas en paralelo. El siguiente grupo de células 14 cuenta con las células de combustible atravesadas en paralelo n_{21} a n_{26} . Le sigue el grupo de células 16 con tres células de combustible atravesadas en paralelo n_{26} a n_{29} . Los grupos de células 12, 14, 16 son atravesados por la mezcla gaseosa GA sucesivamente en esta secuencia.

El lado del cátodo 28 del bloque de células de combustible 2 se subdivide en la dirección de flujo de una mezcla gaseosa del lado del cátodo GK con una proporción de oxígeno O_2 y una proporción de gas inerte IG primero en un grupo de células 22, en el que las células de combustible n_{29} a n_{10} son atravesadas en paralelo, un segundo grupo de células 24, en el que las células de combustible n_9 a n_4 son atravesadas en paralelo, y un tercer grupo de células 26, en el que las células de combustible n_3 a n_1 son atravesadas en paralelo. Los grupos de células 22, 24, 26 son atravesados por la mezcla gaseosa GK sucesivamente en esta secuencia.

Durante la operación del bloque de células de combustible 20, la mezcla gaseosa del lado del ánodo GA circula a través del conducto de suministro de hidrógeno 4 en el bloque de células de combustible 20. La proporción de hidrógeno H_2 de la mezcla gaseosa del lado del ánodo GA entrante en el bloque de células de combustible 20 se encuentra en aproximadamente un 90% en volumen. El restante 10% en volumen incluye gases inertes como por ejemplo nitrógeno, dióxido de carbono y gases nobles. La mezcla gaseosa GA circula entonces a través de los grupos de células 12 a 16 conectados sucesivamente, es decir en serie, del lado del gas por medio del conducto de suministro de gas 4 y abandona el bloque de células de combustible 20 a través de un conducto de eliminación de gases residuales 5.

La mezcla gaseosa del lado del cátodo GK es aire con una proporción de oxígeno O_2 de aproximadamente un 60% en volumen y una proporción de gas inerte IG de aproximadamente un 40% en volumen. La mezcla gaseosa GK se alimenta a través de un conducto de suministro de oxígeno 8 en el grupo de células 22, atraviesa los grupos de células 24, 26 conectados sucesivamente, es decir en serie, del lado del gas por medio del conducto de suministro de gas 8 y abandona el bloque de células de combustible 20 a través de otro conducto de eliminación de gases residuales 9.

- Tras la conexión de un consumidor eléctrico al bloque de células de combustible 20 se produce, debido a la reacción electroquímica de las proporciones de hidrógeno H_2 con las proporciones de oxígeno O_2 en las células de combustible n_1 a n_{29} en la dirección de flujo de las mezclas gaseosas GA y GK a través del bloque de células de combustible 20, una disminución de la proporción de oxígeno O_2 en la mezcla gaseosa del lado del cátodo GK y de la proporción de hidrógeno H_2 en la mezcla gaseosa del lado del ánodo GA. Con ello aumenta sin embargo en la dirección de flujo de las mezclas gaseosas GA, GK tanto en el lado del ánodo 18 como también en el lado del cátodo 28 la proporción de gas inerte IG en la respectiva mezcla gaseosa GA, GK. La disminución resultante de la proporción de gas de reacción H_2 y/o O_2 en la respectiva mezcla gaseosa GA, GK se equilibra aumentando la relación λ entre el flujo volumétrico de mezcla gaseosa alimentado al correspondiente grupo de células y el flujo volumétrico de mezcla gaseosa estequiométricamente necesaria para una reacción electroquímica completa de la proporción de gas de operación en este grupo de células para los grupos de células sucesivamente atravesados. La disminución de la proporción de gas de reacción en grupos de células consecutivos se equilibra por consiguiente mediante el aumento del flujo volumétrico de mezcla gaseosa alimentado al correspondiente grupo de células.
- De este modo, todas las células de combustible del bloque de células de combustible 20 tendrán suficiente gas de reacción disponible para una reacción electroquímica estable, con disminución simultánea de la concentración de los gases de reacción en las mezclas gaseosas. El bloque de células de combustible puede operar, por consiguiente, con un buen grado de efectividad y al mismo tiempo sólo con presencia de pequeñas cantidades de gases residuales y/o de escape.
- Para la homogenización del rendimiento del bloque de células de combustible 20, el bloque de células de combustible es atravesado por las mezclas gaseosas del lado del cátodo y del ánodo GK, GA en sentido contrario. De este modo es posible aportar a la proporción de oxígeno O_2 decreciente durante la circulación a través del bloque de células de combustible 20 en la mezcla gaseosa del lado del cátodo GK y/o la proporción de hidrógeno H_2 decreciente en la mezcla gaseosa del lado del ánodo GA en cada caso una alta proporción de hidrógeno fresco y/o oxígeno fresco.
- Conforme a la FIG 3 puede tratarse, en el caso de los grupos de células de combustible, también de etapas de una instalación de células de combustible sucesivamente atravesadas por una mezcla gaseosa conteniendo gas de reacción, presentando cada una de las etapas en cada caso uno o varios bloques de células de combustible atravesados en paralelo por la mezcla gaseosa, cuyas células de combustible son atravesadas de nuevo en cada caso en paralelo por la mezcla gaseosa.
- La instalación de células de combustible 100 representada esquemáticamente en la FIG 3 se muestra desde la perspectiva de suministro y evacuación del gas de reacción en varias etapas 30, 40, 50 conectadas en serie. La primera etapa 30 comprende cuatro bloques de células de combustible 31 a 34, conectados en paralelo por el lado del gas de operación. La segunda etapa 40 muestra dos bloques de células de combustible 41, 42 conectados en paralelo por el lado del gas de operación y la tercera etapa 50 muestra un único bloque de células de combustible 51.
- Durante la operación de la instalación de células de combustible 100 circula una mezcla gaseosa del lado del ánodo GA con proporciones de hidrógeno H_2 y proporciones de gas inerte IG a través del conducto de suministro de gas 70 paralelamente en los lados anódicos de los bloques de células de combustible 31 a 34 de la primera etapa 30 de la instalación de células de combustible 100. Aparte de lo mencionado, circula una mezcla gaseosa del lado del cátodo GK consistente en proporciones de oxígeno O_2 y proporciones de gas inerte IG a través del conducto de suministro de gas 72 en los bloques de células de combustible 31 a 34 de la primera etapa 30. Tras atravesar la primera etapa 30, las mezclas gaseosas GA, GK atraviesan en paralelo los bloques de células de combustible 41, 42 de la segunda etapa 40 y finalmente el bloque de células de combustible 51 de la tercera etapa 50.
- Debido a la conexión en serie de las etapas individuales 30, 40, 50 disminuye en la dirección de flujo la proporción de gas de reacción en la respectiva mezcla gaseosa. Las etapas individuales 30, 40, 50 de la instalación de células de combustible 100 se proyectan, sin embargo, por ejemplo a través del respectivo número de células de combustible, de tal manera, que la proporción de gas de reacción decreciente se compensa mediante un correspondiente aumento de la relación del flujo volumétrico de mezcla gaseosa introducido en la respectiva etapa respecto del flujo volumétrico de mezcla gaseosa estequiométricamente necesario para una reacción completa de la proporción de gas de reacción en la etapa. Todas las células de combustible de la instalación de células de combustible 100 pueden operar, por consiguiente, con un buen grado de efectividad, abandonando la instalación de células de combustible una mezcla gaseosa, que presenta sólo aún escasa proporción de gases de reacción. Una instalación de células de combustible 100 de este tipo con varias etapas dispuestas en cascada 30, 40, 50 puede construirse a partir de bloques de células de combustible similares modularmente contruidos y se producen en serie por ello con poco esfuerzo y con bajo coste.
- Los números de grupos de células de combustible mostrados en los ejemplos de ejecución con sus respectivos números de células de combustible son sólo para ejemplificar. Las mezclas gaseosas atraviesan preferentemente sucesivamente tantos grupos de células, hasta que la proporción de gas de reacción en la mezcla gaseosa quede

por debajo de un valor predefinido deseado. En función de esto y de la proporción de gas de reacción en la mezcla gaseosa antes de la alimentación al primer grupo de células, pueden también ser favorables otros números de grupos de células de combustible con en cada caso otros números de células de combustible.

- 5 Las válvulas 6 (véanse las FIG 1 y 2) conectadas en los conductos de eliminación de gases residuales se regulan preferentemente de tal manera, que el flujo volumétrico de gases residuales sea lo más pequeño posible y se ajusten las deseadas relaciones λ en la dirección de flujo de la mezcla gaseosa. Esto es posible, por una parte, supervisando la tensión del último grupo de células. En caso de un descenso de la tensión se elevaría entonces el flujo volumétrico de gases residuales mediante ulterior apertura de la válvula y, por el contrario. Alternativamente, el control de la válvula 6 puede relacionarse también con la corriente eléctrica generada por las células de combustible.
- 10 El ajuste de la válvula y, por consiguiente, el flujo volumétrico de gases residuales se regularían entonces proporcionalmente a la corriente eléctrica.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de operación de una disposición de células de combustible (10) con una mezcla gaseosa (G) con una proporción de gas de reacción (H_2) y una proporción de gas inerte (IG), atravesando la mezcla gaseosa (G) sucesivamente varios grupos de células de combustible (1, 2), cuyas células de combustible son atravesadas en cada caso en paralelo por la mezcla gaseosa (G), caracterizado porque la proporción de gas inerte de la mezcla gaseosa conteniendo gas de reacción asciende a más del 10% en volumen y porque la relación (λ) entre el flujo volumétrico de mezcla gaseosa (G) conducido en el respectivo grupo de células (1, 2) respecto del flujo volumétrico de mezcla gaseosa (G) estequiométricamente requerido para una reacción completa de la proporción de gas de reacción (H_2) en este grupo de células (1 y/o 2) aumenta.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, ajustándose la relación creciente (λ) a través del número de células de combustible y/o el tamaño de las células de combustible y/o la densidad de corriente de los grupos de células de combustible (1, 2).
3. Procedimiento según la reivindicación 2, incluyendo los grupos de células de combustible (1, 2) en cada caso células de combustible similares, y ajustándose la relación creciente (λ) a través del número de células de combustible en los grupos de células de combustible (1, 2).
4. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, atravesando la mezcla gaseosa (G) sucesivamente tantos grupos de células (1, 2, 3), hasta que la proporción de gas de reacción (H_2) en la mezcla gaseosa (G) caiga por debajo de un valor predefinido.
5. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, regulándose un flujo volumétrico de gas residual que abandona la disposición de células de combustible (10) en función de la tensión de célula del último grupo de células (3) en la dirección de flujo de la mezcla gaseosa o de la corriente eléctrica generada por las células de combustible.
6. Disposición de células de combustible (10) con varios grupos de células de combustible (1, 2), que se conectan en serie en un dispositivo de suministro de gas (4) y cuyas células de combustible puede atravesar en cada caso paralelamente a través del dispositivo de suministro de gas (4) una mezcla gaseosa (G) con una proporción de gas de reacción (H_2) y una proporción de gas inerte (IG), caracterizado porque la proporción de gas inerte de la mezcla gaseosa conteniendo gas de reacción asciende a más del 10% en volumen y porque los grupos de células de combustible (1, 2) se configuran de tal manera, que tres grupos de células (1, 2) conectados en serie en el dispositivo de suministro de gas (4) con una relación en cada caso creciente (λ) entre el flujo volumétrico de mezcla gaseosa (G) conducido en el respectivo grupo de células (1 y/o 2) respecto del flujo volumétrico de mezcla gaseosa (G) estequiométricamente requerido para una reacción completa de la proporción de gas de reacción (H_2) en este grupo de células (1 y/o 2), ajustándose la relación creciente (λ) a través del número de células de combustible y/o del tamaño de las células de combustible y/o la densidad de corriente de los grupos de células de combustible (1, 2).
7. Disposición de células de combustible (10) según la reivindicación 6, incluyendo los grupos de células de combustible (1, 2) en cada caso células de combustible similares, y ajustándose la relación creciente (λ) a través del número de células de combustible en los grupos de células de combustible (1, 2).
8. Disposición de células de combustible (10) según al menos una de las reivindicaciones 6 a 7, combinándose todos los grupos de células de combustible (12, 14, 16) en un bloque de células de combustible (20).
9. Disposición de células de combustible (10) según al menos una de las reivindicaciones 6 a 7, consistiendo cada uno de los grupos de células de combustible en uno o varios bloques de células de combustible (31 - 34, 41 - 42, 51) atravesables en cada caso en paralelo por la mezcla gaseosa (G) y formando por consiguiente una etapa de una instalación de células de combustible (100) con varias etapas dispuestas en cascada (30, 40, 50).

FIG 1

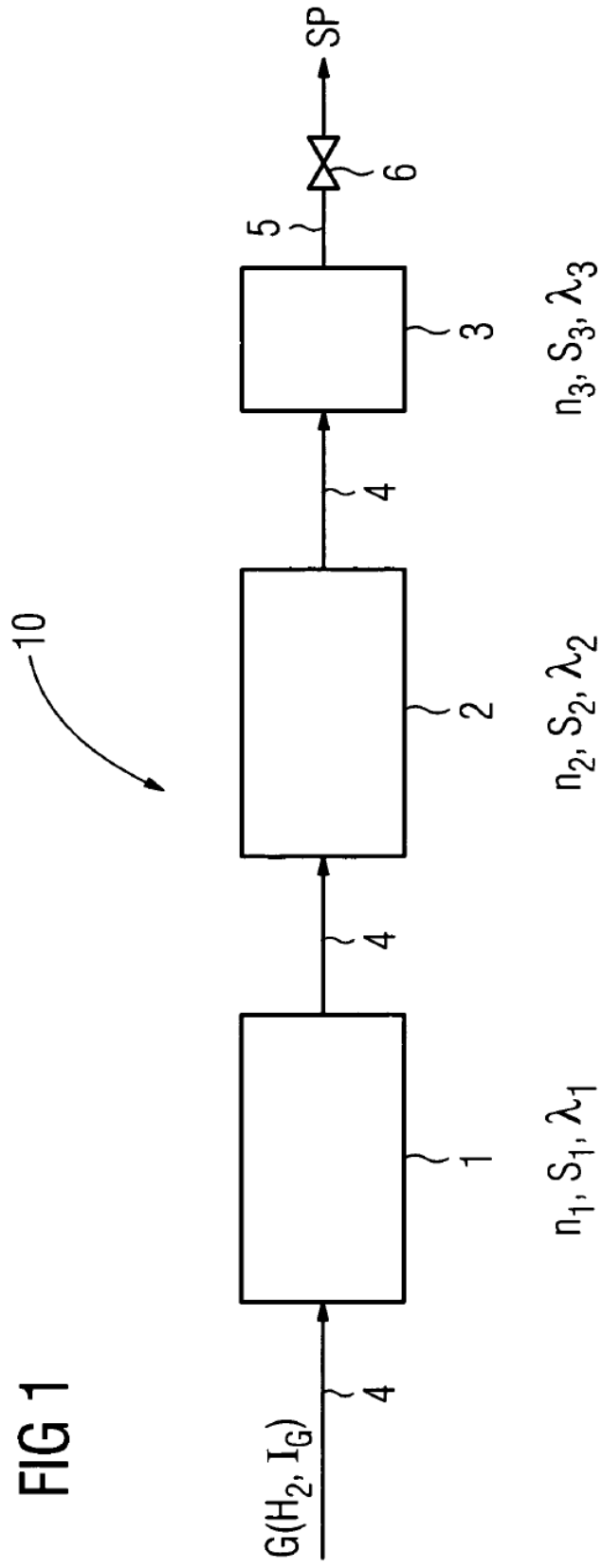


FIG 2

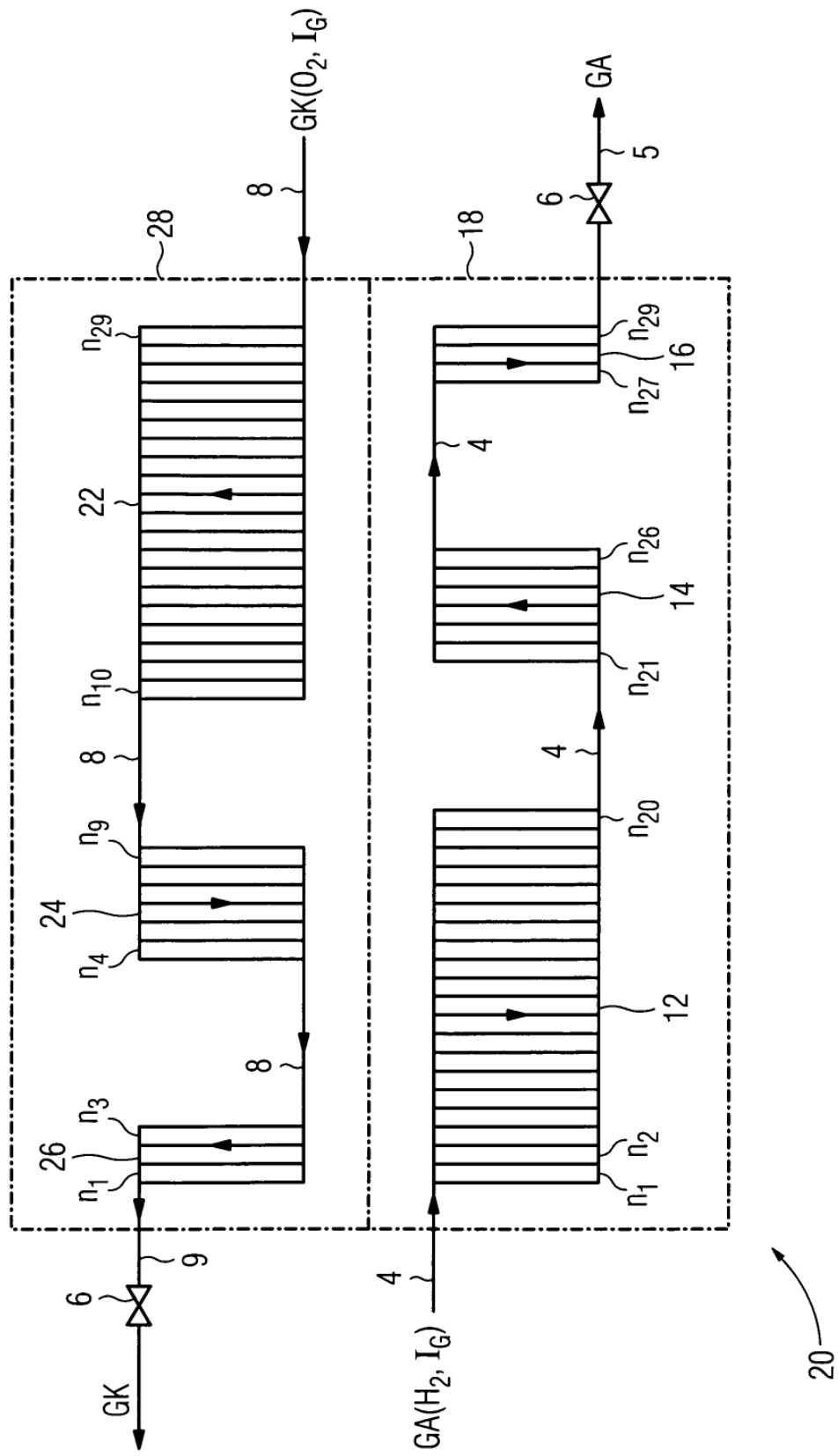


FIG 3

