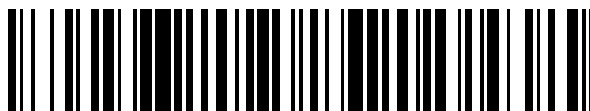


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 062**

51 Int. Cl.:

|                    |                             |           |
|--------------------|-----------------------------|-----------|
| <b>C01B 3/24</b>   | (2006.01) <b>H01M 8/02</b>  | (2006.01) |
| <b>C01B 3/00</b>   | (2006.01) <b>H02J 15/00</b> | (2006.01) |
| <b>C07C 1/00</b>   | (2006.01)                   |           |
| <b>C25B 1/04</b>   | (2006.01)                   |           |
| <b>C25B 15/08</b>  | (2006.01)                   |           |
| <b>F01D 15/10</b>  | (2006.01)                   |           |
| <b>F01K 17/06</b>  | (2006.01)                   |           |
| <b>F02C 3/20</b>   | (2006.01)                   |           |
| <b>F02C 6/18</b>   | (2006.01)                   |           |
| <b>H01M 8/0656</b> | (2006.01)                   |           |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.09.2014** **PCT/EP2014/070758**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.04.2015** **WO15044407**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2014** **E 14776885 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017** **EP 3052435**

54 Título: **Procedimiento para almacenar energía eléctrica**

30 Prioridad:

**30.09.2013 DE 102013219681**

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

**08.03.2018**

73 Titular/es:

**FULDE, MAREK (100.0%)**  
**Tambourweg 5**  
**63071 Offenbach, DE**

72 Inventor/es:

**FULDE, MAREK**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 658 062 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).

## DESCRIPCION

## Procedimiento para almacenar energía eléctrica

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para almacenar energía eléctrica a través de la conversión de energía eléctrica en gas metano. Por lo demás, la invención se refiere a un sistema para almacenar energía eléctrica.

10 Las fuentes de energías renovables como energía fotovoltaica o energía eólica permiten la obtención de corriente eléctrica, sin la emisión de gases nocivos para el clima como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En el caso de utilización de portadores de energía fósil, como petróleo, carbón o gas natural, en cambio, se emiten grandes cantidades de CO<sub>2</sub> nocivos. Sin embargo, el viento y el sol no están, naturalmente, siempre disponibles. La radiación solar sólo está disponible durante el día. Por lo demás, la disponibilidad de la energía solar y de la energía eólica depende de las condiciones atmosféricas o de la época del año. Esto tiene como consecuencia que el consumo o bien la necesidad de energía en raras ocasiones se cubre con la producción de energía a partir de energías renovables. De acuerdo con la planificación realizada hasta ahora, se reservan en adelante centrales eléctricas convencionales para compensar un suministro temporal insuficiente con energía eléctrica. De esta manera, no es posible una prevención completa de emisiones de CO<sub>2</sub>.

20 De acuerdo con ello, tiene una importancia decisiva para una utilización efectiva de energías renovables almacenar la energía eléctrica excedente, para compensar las cargas punta así como un suministro insuficiente en condiciones atmosféricas desfavorables. Sin embargo, los acumuladores habituales hasta ahora como centrales de acumuladores de bombas sólo pueden almacenar pequeñas cantidades de energía y los lugares de emplazamiento adecuados para la construcción de otros acumuladores están agotados. Por lo tanto, los acumuladores de tipo nuevo para energía eléctrica son objeto de numerosas investigaciones.

25 Una posibilidad de almacenamiento representan los acumuladores adiabáticos de aire comprimido, en los que en el caso de una sobre oferta de energía eléctrica unos compresores comprimen aire y lo almacenan en cavernas subterráneas. El aire comprimido se puede utilizar entonces para accionar turbinas para la generación de corriente. Sin embargo, es un inconveniente que los acumuladores de aire comprimido sólo pueden almacenar comparativamente poca energía eléctrica. Además, los acumuladores adiabáticos de aire comprimido sólo son adecuados para el almacenamiento de corta duración, puesto que el calor que se produce durante la compresión del aire no se puede almacenar durante un tiempo discrecionalmente largo.

30 La utilización de hidrógeno a partir de electrolisis de agua como medio de almacenamiento ha sido investigada de la misma manera intensivamente. El hidrógeno es adecuado como combustible libre de emisiones, puesto que se quema en agua. Sin embargo, el hidrógeno sólo se puede transportar con dificultad, de manera que en el caso del almacenamiento de energía eléctrica, la reconversión del hidrógeno debería realizarse en el mismo lugar. No obstante, sería preferible realizar la reconversión en el lugar en el que se necesita precisamente la energía eléctrica. Especialmente en turbinas eólicas marinas, el lugar de la generación de energía y el lugar, en el que se necesita la energía, están muy distanciados, lo que carga fuertemente las redes de corriente.

35 Otra posibilidad de almacenamiento representa la generación de gas metano. En este caso, en una reacción-Sabatier se fabrica gas metano a partir de hidrógeno y carbono. Para el almacenamiento y para el transporte se puede introducir el gas metano en la red de gas natural existente, puesto que el metano es también componente principal del gas natural. De esta manera no sólo se podría almacenar la energía, sino que se podría transportar también sin carga adicional de las redes de corriente desde el lugar de generación de la energía hacia el lugar, en el que se necesita la energía eléctrica.

40 Se conoce a partir del documento DE-A 10 2007 037 672 un procedimiento en el que se convierte energía generada regenerativamente en hidrógeno y a continuación se convierte en metano junto con CO<sub>2</sub>. El CO<sub>2</sub> necesario para la reacción se separa de los gases de escape de las centrales eléctricas. El metano generado se puede quemar a continuación para la generación de corriente en una central eléctrica, siendo separado de nuevo el CO<sub>2</sub> resultante, de manera que aparece una circulación de CO<sub>2</sub>.

45 Se conoce a partir del documento WO 2013/034130 A2 un procedimiento para la utilización de energía a partir de biomasa, en el que en una primera fase de funcionamiento se transfiere una mezcla de biomasa y carbono fósil como por ejemplo carbón en gas de síntesis. El gas de síntesis es conducido a una central de gas y el dióxido de carbono formado en este caso es almacenado en el suelo o en una segunda fase de funcionamiento se convierte gas de síntesis con hidrógeno producido a partir de energía eléctrica excesiva a través de electrolisis del agua en metano. El metano se almacena en la red de gas.

60 Se conoce a partir del documento DE 10 2012 203 334 A1 un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de Potencia-en-Gas. En este caso, se utiliza energía eléctrica para generar hidrógeno por medio de electrolisis y para convertirlo junto con CO<sub>2</sub> en metano, que se puede alimentar a una red de gas natural. El CO<sub>2</sub> se

toma a tal fin o bien del aire o está disponible desde un depósito de CO<sub>2</sub>. Además, está previsto interrumpir inmediatamente el funcionamiento de la unidad de Potencia-en-Gas y separarla de la red de corriente cuando la frecuencia de la red de corriente cae por debajo de un valor límite predeterminado. De esta manera se descarga inmediatamente la red de corriente.

El documento DE 10 2009 045 564 A1 describe una instalación de desulfuración, en la que se realiza al mismo tiempo una hidrodesulfuración (HDS) y una elevación del índice de cetano de nafta. El punto de partida para centrales hidráulicas convencionales es petróleo, que se separa por destilación en diferentes fracciones de ebullición. Después de la destilación atmosférica sigue como segunda etapa del proceso en la refinería la desulfuración. Para la eliminación de compuestos de azufre se emplea la hidrodesulfuración, en la que el destilado de petróleo se conduce a través de un catalizador fijo finamente dividido, que presenta un metal para la hidrogenación, que es soportada por una base de capas de óxido de aluminio. Como catalizadores sirven contactos de níquel-molibdeno y de cromo-molibdeno. Además, se introducen cantidades ricas de hidrógeno en la estratificación. La reacción de hidrogenación que se desarrolla en el catalizador conduce a H<sub>2</sub>S y al resto de hidrocarburo hidrogenado. A través de la hidrodesulfuración se liga hidrógeno en el combustible líquido convencional en forma de restos de hidrocarburos hidrogenados. De esta manera, se puede transportar fácilmente el hidrógeno y durante una combustión siguiente del combustible contribuye a la generación de energía.

En el Artículo "Hydrothreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel: Trade-off between NO<sub>x</sub>, Particulate Emission, and Fuel Consumption of a Heavy Duty Engine" de H. Aatola, M. Larmi, T. Sarjovaara y S. Mikkonen, 2008 SAE International Study, 2008-01-2500 se describe la utilización de combustibles, que han sido obtenidos a través de una hidrogenación de aceites vegetales. Durante la hidrogenación de aceites vegetales se transfieren aceites vegetales insaturados e hidrógeno a un combustible adecuado para la utilización en motores de combustión interna convencionales, siendo ligado el hidrógeno en el combustible y contribuyendo durante la combustión del combustible a la generación de energía.

En el estado de la técnica es un inconveniente especialmente que, por una parte, sólo se puede separar una parte del CO<sub>2</sub> resultante desde el gas de escape de la combustión, de manera que las emisiones de CO<sub>2</sub> se pueden reducir fuertemente, pero no se pueden evitar totalmente. Por otra parte, son necesarias la separación y también la manipulación del CO<sub>2</sub> en forma de gas.

Un cometido de la presente invención se puede ver en simplificar la manipulación de carbono en el circuito y evitar las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Se propone un procedimiento para la generación de metano utilizando energía eléctrica y generación siguiente de energía, que comprende las etapas de:

- a) generación de metano a partir de agua y negro de carbón utilizando energía eléctrica,
- b) almacenamiento del metano.
- c) disociación del metano en hidrógeno y negro de carbón, utilizando hidrógeno para la generación de energía, de manera que se recoge el negro de carbón que se produce durante la disociación de metano según la etapa c) y se utiliza durante la nueva ejecución del procedimiento para la generación de metano en la etapa a), de manera que resulta un circuito cerrado de carbono.

Como alternativa a la disociación del metano, se puede realizar en la etapa c) una generación de energía a través de la conversión del metano en negro de carbón y agua en un proceso cíclico de bromación-oxidación. En este caso, se recoge entonces el negro de carbón que se produce durante el proceso cíclico de bromación-oxidación y se utiliza durante la realización nueva del procedimiento para la generación de metano en la etapa a). También en este caso resulta un circuito cerrado de carbono.

El carbono (negro de carbón) no se utiliza en el procedimiento propuesto, por lo tanto, como combustible para la generación de energía, sino que sirve como soporte para el hidrógeno. Como generación de energía se consideran en este caso tanto la generación de corriente como también la utilización del hidrógeno, obtenido a través de disociación del metano según la etapa c), para otras aplicaciones de energía como calefacción, refrigeración o para el funcionamiento de medios de transporte como automóviles, camiones, trenes o barcos. En particular, con la energía generada se pueden calentar o refrigerar edificios.

Con preferencia, se genera metano en una instalación de conversión de corriente en metano con la ayuda de una reacción-Sabatier. A tal fin, en la primera etapa a) del procedimiento, cuando está disponible energía eléctrica, se disocia agua (H<sub>2</sub>O) por medio de electrolisis en hidrógeno (H<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>). El agua es calentada en este caso antes de la electrolisis con preferencia con la ayuda de vapor de proceso aproximadamente a 90°C. De manera alternativa, aquí se puede aplicar electrolisis de vapor a alta temperatura (Hot-Elly), en la que se disocia vapor de agua a temperaturas de 900 a 1000°C en (H<sub>2</sub>) y (O<sub>2</sub>). Los productos de la electrolisis hidrógeno y oxígeno se almacenan en este caso en primer lugar en contenedores intermedios.

Después de que se han generado cantidades suficientes de hidrógeno y oxígeno para el funcionamiento de una instalación de metanización, se comienza con la metanización. A tal fin, se extrae negro de carbón desde un almacén, se preseca en un secador y se convierte en metano junto con los productos de electrolisis.

5 De manera alternativa a la producción de metano se podrían realizar también otras reacciones de hidrogenación, que posibilitan la producción de compuestos de hidrocarburos, como por ejemplo la reacción de Fischer-Tropsch. También estas sustancias se pueden descomponer a través de disociación térmica en hidrógeno y negro de carbón.

10 En una variante de realización del procedimiento, se quema negro de carbón después del secado en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). En este caso, se utiliza con preferencia el oxígeno aparecido en la electrolisis. Si se utiliza el oxígeno producido durante la combustión, se incrementa la efectividad del procedimiento frente al empleo de aire, puesto que entonces no se necesita ninguna separación del nitrógeno contenido en el aire del metano generado. La energía que se libera durante la combustión en forma de calor se puede tomar con un generador de vapor desde el gas  $\text{CO}_2$ .

15 El vapor se puede utilizar como vapor de proceso y/o para la generación de corriente. Al  $\text{CO}_2$  generado se añade ahora el hidrógeno obtenido durante la electrolisis, de manera que se ajusta una relación óptima para la reacción-Sabatier entre dióxido de carbono e hidrógeno. Óptima es en este caso una relación estequiométrica (1:4) a ligeramente superestequiométrica con relación al hidrógeno. La mezcla de gas afluye ahora a una instalación de hidrogenación, donde se convierte en metano en un catalizador a temperatura elevada en el intervalo de  
20 aproximadamente 8 a 30 bares (0,8 a 2,0 MPa), con preferencia en el intervalo de aproximadamente 8 a 10 bares. El calor que se libera durante la reacción-Sabatier  $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  se puede extraer de la misma manera con un generador de vapor y se puede utilizar como vapor de proceso.

25 En otra forma de realización del procedimiento, se conduce el negro de carbón después del secado a una instalación de gasificación. Allí se convierte en gas de síntesis a una temperatura entre 900°C y 1800 °C, con preferencia entre 1200 y 1800 °C, bajo la acción de oxígeno e hidrógeno. De manera especialmente preferida, la temperatura durante la conversión es aproximadamente 1500°C. El calor que se libera durante la reacción del negro de hollín en gas de síntesis se puede extraer con un generador de vapor y se puede utilizar como vapor de proceso. A continuación se  
30 añade al gas de síntesis el hidrógeno de la electrolisis, siendo ajustada una relación óptima para la reacción de hidrogenación entre el monóxido de carbono del gas de síntesis y el hidrógeno. Óptima es en este caso una relación estequiométrica (1:3) a ligeramente superestequiométrica con respecto al hidrógeno. La mezcla de gas circula ahora a una instalación de hidrogenación, donde el gas de síntesis se convierte en un catalizador en metano, de manera que  $\text{CO} + 3\text{H}_2$  reacciona en  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ . De nuevo, el calor liberado durante la reacción de hidrogenación se puede extraer con un generador de vapor y se puede utilizar como vapor de proceso.

35 En la combustión u oxidación parcial descritas del negro de carbón se consiguen temperaturas relativamente altas de 900°C a 1800°C, para evitar la producción de subproductos nocivos como brea o hidrocarburos de cadena elevada. La alta entalpía de la corriente de gas sólo se puede recuperar con dificultad y con pérdidas considerables a través de la generación de vapor. De manera alternativa, se aplica una hidrogenación de negro de carbón con  
40 hidrógeno con la adición de vapor de agua como fase previa a la reacción de metanización. En esta forma de realización, se introduce negro de carbón, hidrógeno y vapor de agua en un lecho sólido fluidizado. A temperaturas en el intervalo de 600-900°C y con una presión en el intervalo de 20 a 40 bares (2 a 4 MPa) resulta una mezcla de metano, monóxido de carbono y dióxido de carbono. Puesto que esta reacción es endotérmica, se lleva en una fase de reacción que se desarrolla en paralelo el lecho sólido a través de combustión del negro de carbón no reaccionado  
45 a una temperatura de funcionamiento. A tal fin se utiliza oxígeno a partir de la electrolisis del agua. Los gases de la combustión se añaden a la mezcla de metano-óxidos de carbono y se refrigeran a una temperatura en el intervalo de 200 a 250°C.

50 El calor disipado se puede utilizar para la producción de corriente eléctrica. En la fase de reacción siguiente se realiza como en otros ejemplos del procedimiento la metanización de los óxidos de carbono restantes. También aquí se ajusta la relación estequiométrica a través de la adición del hidrógeno obtenido a través de la electrolisis. El calor disipado de la reacción de metanización exotérmica se utiliza para la generación de corriente o como calor remoto.

55 El metano generado puede contener todavía restos de dióxido de carbono. Éstos son separados en un dispositivo de separación de dióxido de carbono y sin alimentados de nuevo a la reacción de metanización. Para la separación del dióxido de carbono se pueden utilizar membranas de fibras huecas de poliimida. Por lo demás, se ajusta el gas metano, de manera que se mantiene la porción de hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) admisible para la alimentación a la red de gas. A continuación se puede alimentar el gas metano para el almacenamiento de acuerdo con la etapa b) del procedimiento a la red pública de gas natural. De manera alternativa también es concebible almacenar el gas  
60 metano en un depósito de presión.

Si se necesita energía, se puede utilizar el gas metano generado de acuerdo con la etapa c) del procedimiento para la generación de energía en una instalación de conversión de metano en corriente. A tal fin, se precalienta el gas metano en primer lugar en un intercambiador de calor con la ayuda de calor de proceso. A continuación se alimenta

el gas metano a un generador de hidrógeno-plasma. En el generador de hidrógeno-plasma se realiza la disociación del metano en carbono (negro de carbón) y en hidrógeno en forma de gas. El plasma se genera, por ejemplo, a través de radiación de microondas. La disociación del plasma del metano tiene lugar a temperaturas relativamente bajas entre aproximadamente 400 y 600°C, de manera que se reducen al mínimo las pérdidas térmicas. En un filtro conectado a continuación del generador de plasma-hidrógeno se separa el negro de carbón del hidrógeno. La conversión del metano en hidrógeno y negro de carbón se realiza con un rendimiento de aproximadamente 96 a 97 %. También se pueden aplicar otros procedimientos adecuados para la generación de hidrógeno a partir de metano, como por ejemplo el "procedimiento-Channel-Black" o el "procedimiento-Degussa-Black" (también conocido por el técnico como procedimiento-Degussa-Gas-Negro de carbón), aunque éstos trabajan con una efectividad más reducida. En estos procedimientos se disocia térmicamente el gas metano. A tal fin se alimenta una mezcla de gas-metano/aire a un quemador, que está constituido por varias capsulitas de quemador pequeñas.

Las llamas pequeñas que se producen allí chocan contra un rodillo giratorio refrigerado con agua, donde se separa una parte del negro de carbón. El resto se separa de la fase de gas en una instalación de filtro conectada a continuación. El otro tratamiento del negro de carbón o bien la utilización de la mezcla de aire/hidrógeno se realiza de manera similar al procedimiento de plasma ya descrito.

De manera alternativa a la generación de energía a partir del metano, se puede utilizar una instalación de conversión de metano en corriente, que trabaja sobre la base de un proceso cíclico de bromación-oxidación. El proceso comprende dos etapas de reacción exotérmicas. En una primera etapa se convierte metano con bromo bajo disociación de negro de carbón en hidrógeno de bromo. En una segunda etapa se oxida hidrógeno de bromo en agua, liberando de nuevo el bromo y reutilizándolo otra vez.

El negro de carbón separado es aglomerado de un dispositivo de granulación y es refrigerado. Como dispositivo de granulación se puede emplear, por ejemplo, un granulador de tambor. Un secador conectado a continuación seca el negro de carbón antes de que éste sea almacenado en un acumulador. Desde el acumulador se puede cargar el negro de carbón a continuación en un medio de transporte adecuado para ser reconducido a la instalación de conversión de corriente en metano. El negro de carbón se puede utilizar entonces durante una nueva ejecución del procedimiento para la generación de metano.

El hidrógeno disociado a partir del metano se puede utilizar ahora para la generación de energía. A tal fin, se puede mezclar el hidrógeno con gas de la combustión y se puede quemar en una turbina de gas. La turbina de gas acciona un generador de corriente, con el que se genera corriente eléctrica. Los gases de escape de la combustión se pueden emplear a través de un generador de vapor para la generación de vapor de proceso. El vapor de proceso se puede utilizar entonces para el secado del negro de carbón y/o para el calentamiento previo del gas metano.

También es concebible convertir del hidrógeno a través de una célula de combustible en corriente eléctrica, o emplear el hidrógeno para otros fines, por ejemplo para la alimentación de vehículos accionados con hidrógeno o para la calefacción. En una forma de realización preferida del procedimiento, la instalación de conversión de corriente en metano y la instalación de conversión de metano en corriente están separadas en el espacio una de la otra, de manera que el metano es transportado a través de la red de gas pública. De esta manera, es posible producir el gas metano en la proximidad del generador de energía y realizar la conversión del gas metano en corriente eléctrica en la proximidad del consumidor de energía.

En otra forma de realización de la invención, el calor que se produce durante la generación de metano de acuerdo con la etapa a) del procedimiento o durante la generación de energía de acuerdo con la etapa c) del procedimiento se alimenta al menos en parte a una red de calor remota.

A través de la utilización del calor en forma de acoplamiento de fuerza-calor se puede elevar el rendimiento de las instalaciones.

Con preferencia, la corriente eléctrica necesaria durante la conversión de corriente en metano se genera de forma regenerativa. Especialmente adecuada en la corriente eléctrica de instalaciones eólicas y solares, puesto que en estas instalaciones la producción depende de las condiciones atmosféricas y de la época del año y no está adaptada a las necesidades de los consumidores de energía. La energía excesiva, que no se puede consumir actualmente, se puede utilizar entonces para la generación de metano.

Por lo demás, se propone un sistema, que comprende una instalación de conversión de corriente en metano, en la que se convierte corriente eléctrica con negro de carbón y agua en metano, así como una instalación de conversión de metano en corriente, en la que se convierte metano bajo disociación de negro de carbón en hidrógeno y a continuación en corriente eléctrica, estando previstos medios para retornar el negro de carbón desde la instalación de conversión de metano en corriente a la instalación de conversión de corriente en metano.

En la instalación de conversión de metano en corriente están previstas a tal fin instalaciones para la recogida,

aglomeración y secado de negro en carbón. El negro de carbón es almacenado temporalmente en un acumulador y se puede cargar desde allí en un medio de transporte como un camión o un vagón ferroviario. En la instalación de conversión de corriente en metano están previstas instalaciones, para transvasar el negro de carbón desde el medio de transporte en un acumulador.

Desde el acumulador se puede utilizar el negro de carbón para la producción de metano. La instalación de conversión de corriente en metano así como la instalación de conversión de metano en corriente llevan a cabo en este caso el procedimiento descrito, de manera que se conduce el carbono a un circuito. En este caso, se retorna el carbono a forma sólida, lo que posibilita una manipulación sencilla.

#### **Ventajas de la invención**

Con el procedimiento de acuerdo con la invención no se utiliza carbono como fuente de energía, sino como soporte para hidrógeno. El carbono es alimentado en este caso una vez al procedimiento y es conducido a continuación en el circuito. No se producen emisiones de CO<sub>2</sub> o de otros gases climáticos.

El hidrógeno necesario para la generación de energía se obtiene en el procedimiento propuesto con la ayuda de corriente a partir de fuentes de energía renovables como energía eólica y energía solar. Éstas suministran, cuando está disponible viento o bien sol, grandes cantidades de energía eléctrica, que, sin embargo, no se puede utilizar o bien "consumir" con frecuencia. Esta energía excesiva se puede convertir ahora en metano con el procedimiento propuesto, siendo almacenado el gas metano en la red pública de gas natural. La red de gas natural puede consumir grandes cantidades de gas con una elevación reducida de la presión. Además del simple almacenamiento del portador de energía metano, la red de gas natural permite un transporte sobre recorridos grandes, de manera que la reconversión de gas metano en corriente eléctrica se puede realizar en la proximidad de los consumidores. Esto descarga considerablemente las redes de corriente, puesto que una gran parte de las energías renovables se genera, por ejemplo, a través de turbinas eólicas marinas, muy lejos de los consumidores de la energía.

En caso necesario, con el procedimiento de acuerdo con la invención, la energía almacenada de toma ya en forma de hidrógeno, que se puede utilizar, por ejemplo, para la alimentación de vehículos accionados con hidrógeno.

Frente a los procedimientos conocidos para la conversión y utilización de metano a partir de energías renovables, se conduce el carbono en un circuito fácil de manipular. El negro de carbón que se produce durante la disociación de metano se puede separar sin mucho gasto totalmente del hidrógeno y se puede almacenar. También el transporte y la manipulación de carbono sólido van unidos con menos gasto que la manipulación de CO<sub>2</sub> en forma de gas.

Con la ayuda de los dibujos siguientes, de la lista de signos de referencia y de las reivindicaciones dependientes se describe en detalle la invención. En este caso:

La figura 1 muestra un esquema del procedimiento para el almacenamiento de energía eléctrica.

La figura 2 muestra un esquema de una primera forma de realización de una instalación de conversión de corriente en metano.

La figura 3 muestra un esquema de una segunda forma de realización de una instalación de conversión de corriente en metano.

La figura 4 muestra un esquema de una tercera forma de realización de una instalación de conversión de corriente en metano, y

La figura 5 muestra un esquema de una instalación de conversión de metano en corriente.

#### **Formas de realización de la invención**

En la descripción siguiente de los ejemplos de realización de la invención, los componentes iguales o similares se designan con los mismos o similares signos de referencia, prescindiendo de la descripción repetida de estos componentes o elementos en casos individuales. Las figuras representan sólo de forma esquemática el objeto de la invención.

La figura 1 muestra un esquema del procedimiento propuesto para el almacenamiento de energía eléctrica.

En la figura 1 se representan de forma esquemática una instalación de conversión de corriente en metano 90 y una instalación de conversión de metano en corriente 92. La instalación de conversión de corriente en metano 90 toma energía eléctrica desde la red de corriente 10, si existe una sobreoferta de corriente eléctrica desde las fuentes de energías renovables. La energía renovable puede ser en particular energía eólica 12 o energía solar 14, pero también puede proceder de otras fuentes 16 como, por ejemplo energía eólica.

La corriente eléctrica se utiliza en la instalación de conversión de corriente en metano 90 para disociar por medio de electrolisis agua  $H_2O$  en hidrógeno  $H_2$  y oxígeno  $O_2$ . El oxígeno  $O_2$  se convierte junto con negro de carbón C a partir de un acumulador de negro de carbón 30 y agua en una unidad de gasificación de carbón 20 en gas de síntesis, que contiene dióxido de carbono  $CO_2$ , monóxido de carbono CO e hidrógeno  $H_2$ . De manera alternativa, es posible quemar el negro de carbón C a partir del acumulador de negro de carbón 30 bajo la alimentación de oxígeno  $O_2$  en  $CO_2$ . Tanto durante la combustión como también durante la conversión en gas de síntesis se libera calor, que se utiliza para el precalentamiento del agua  $H_2O$ , que se alimenta a la electrolisis 18. De la misma manera, se puede utilizar el calor para la generación de corriente, pudiendo utilizarse la corriente eléctrica generada a través de una conexión 36 de la misma manera para la electrolisis 18.

El gas de síntesis o bien dióxido de carbono que se produce a partir de la unidad de gasificación de carbón 20 se introduce a continuación junto con el hidrógeno  $H_2$  desde la electrolisis 18 en la metanización 22. Allí se genera gas metano en una reacción-Sabatier o bien en una reacción de hidrogenación. Éste es comprimido y, liberado de dióxido de carbono remanente, es alimentado a la red de gas pública 24, que sirve como acumulador de gas 26.

Si se necesita energía eléctrica, por que no está disponible energía eólica 12 o energía solar 14, se toma metano desde la red de gas 24 y se introduce en una instalación de conversión de metano en corriente 92. Allí se disocia el gas metano a través de un generador de hidrógeno 28 en hidrógeno  $H_2$  y negro de carbón C. El negro de carbón C es alimentado desde el acumulador 30, donde está disponible para una nueva conversión de metano. El hidrógeno  $H_2$  desde el generador de hidrógeno 28 es introducido en una central de gas 32, que lo quema y produce corriente eléctrica. La corriente eléctrica generada es alimentada ahora de nuevo a la red de corriente 10.

De manera alternativa o adicional, a través de otro generador de hidrógeno 29 se puede generar hidrógeno 34 para la alimentación de vehículos accionados con hidrógeno o para otros fines, como por ejemplo para calefacción.

El carbono empleado es conducido en este caso totalmente en el circuito, de manera que éste es transportado en forma sólida entre la instalación de conversión de metano en corriente 92, el acumulador de carbono 30 y la instalación de conversión de corriente en metano 90. De esta manera se evitan una separación costosa de dióxido de carbono a partir de los gases de escape de la combustión así como el transporte de dióxido de carbono en forma de gas.

La figura 2 muestra un esquema de una primera forma de realización de una instalación de conversión de corriente en metano.

En la figura 2 se representa de forma esquemática una instalación de conversión de corriente en metano 90. La instalación comprende cinco secciones. En la primera sección 100 se realiza la electrolisis. Se toma corriente eléctrica desde la red de corriente 10 y se alimenta a un electrolizador de agua 40. El electrolizador 40 disocia agua  $H_2O$ , que se calienta con la ayuda de vapor de proceso en un intercambiador de calor 60 aproximadamente a  $90^\circ C$ , en hidrógeno  $H_2$  y oxígeno  $O_2$ . Los productos de la electrolisis son almacenados temporalmente en cada caso en un depósito de hidrógeno 42 y en un depósito de oxígeno 44. Si están presentes cantidades suficientes de hidrógeno y oxígeno, se comienza con la generación de metano.

A tal fin, se toma en la segunda sección 102 negro de carbón C en un lugar de suministro 78 y se introduce en un acumulador de carbono 30. Desde el acumulador de carbono 30 se toma el negro de carbón C y se conduce a un secador 46. El negro de carbón C se introduce junto con oxígeno  $O_2$  desde el depósito de oxígeno 44 en una unidad de gasificación de carbono 48. A través de un intercambiador de calor 60 en la segunda sección 102 se precalienta en este caso el oxígeno.

En la tercera sección 104 se convierte el negro de carbón en gas de síntesis. El negro de carbón y el oxígeno precalentado reaccionan a una temperatura entre  $900$  y  $1800^\circ C$ , con preferencia entre  $1200$  y  $1800^\circ C$ , bajo la acción de vapor de agua en la unidad de gasificación de carbono 48, para formar gas de síntesis. De manera especialmente preferida, la temperatura durante la conversión es aproximadamente  $1500^\circ C$ . El calor que se libera durante la reacción del negro de carbón para la formación de gas de síntesis se puede tomar con un generador de vapor 52 y se puede utilizar como vapor de proceso. En la forma de realización representada en la figura 2, se conduce el vapor de proceso a través de un conducto de calor 80 hacia un intercambiador de calor 60, el agua se calienta antes de la entrada en el electrolizador 40. De la misma manera es posible utilizar una parte del vapor de proceso para la generación de corriente en un generador de corriente 62. La corriente eléctrica generada se puede alimentar a la red de corriente 10 y se puede emplear para la electrolisis.

Después de la gasificación del carbono se añade al gas de síntesis el hidrógeno de la electrolisis, ajustando una relación óptima para la reacción de hidrogenación entre monóxido de carbono del gas de síntesis e hidrógeno. En este caso es óptima una relación estequiométrica (1:3) a ligeramente superestequiométrica con respecto al hidrógeno.

La mezcla de gas circula ahora a una instalación de hidrogenación 54 en la cuarta sección 106, donde el gas de síntesis se convierte en un catalizador en metano reaccionando  $\text{CO} + 3\text{H}_2$  en  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ . De nuevo, el calor que se libera durante la reacción de hidrogenación se extrae con un generador de vapor 52 y se utiliza como vapor de proceso. En la forma de realización representada se conduce el calor a través de un conducto de calor 80 hacia un intercambiador de calor 60, que calienta el oxígeno antes de la entrada en la unidad de gasificación del carbono 48. Otro intercambiador de calor 60 calienta el hidrógeno antes de la mezcla con el gas de síntesis. A través de un intercambiador de calor 60 se disipa el gas metano.

En la última sección 106 se conduce el gas metano a través de una separación de dióxido de carbono 56. En la separación de dióxido de carbono 56 se separa el  $\text{CO}_2$  que permanece en el gas metano, por ejemplo con la ayuda de membranas de fibras huecas de poliimida y se conduce de nuevo al proceso de metanización. El  $\text{CO}_2$  se alimenta junto con el oxígeno  $\text{O}_2$  de nuevo a la gasificación de carbono 48. El gas metano se comprime a continuación a través de un compresor de metano 58. En este caso, el calor resultante se disipa a través de otro intercambiador de calor 60, antes de que se alimente el gas metano a la red de gas pública 24. La red de gas 24 sirve aquí, por una parte, como medio de transporte y, por otra parte, como acumulador de gas.

El calor de proceso, que no se necesita para el precalentamiento del agua, del hidrógeno o del oxígeno, se puede alimentar a través de otro intercambiador de calor 60 a la red de calor remota 76 y se puede utilizar a continuación.

La figura 3 muestra un esquema de otra forma de realización de una instalación de conversión de corriente en metano.

En la figura 3 se muestra un esquema de una segunda forma de realización de una instalación de conversión de corriente en metano 90. La instalación comprende de nuevo cinco secciones. En la primera sección 100 se realiza la electrolisis. Se toma corriente eléctrica desde la red de corriente 10 y se alimenta a un electrolizador de agua 40. El electrolizador 40 disocia agua  $\text{H}_2\text{O}$ , que se calienta con la ayuda de vapor de proceso en un intercambiador de calor 60 aproximadamente a  $90^\circ\text{C}$ , en hidrógeno  $\text{H}_2$  y oxígeno  $\text{O}_2$ . Los productos de la electrolisis son almacenados temporalmente en cada caso en un depósito de hidrógeno 42 y en un depósito de oxígeno 44. Si están presentes cantidades suficientes de hidrógeno y oxígeno, se comienza con la generación de metano.

A tal fin, se toma en la segunda sección 102 negro de carbón C en un lugar de suministro 78 y se introduce en un acumulador de carbono 30. Desde el acumulador de carbono 30 se toma el negro de carbón C y se conduce a un secador 46. El negro de carbón C se introduce junto con oxígeno  $\text{O}_2$  desde el depósito de oxígeno 44 en una unidad de gasificación de carbono 48.

En la tercera sección 105 se quema el negro de carbón junto con el oxígeno  $\text{O}_2$  desde la electrolisis para formar  $\text{CO}_2$ . A través del intercambiador de calor 60 se precalienta en este caso el oxígeno  $\text{O}_2$ . El calor que se libera del negro de carbón C se puede extraer con un generador de vapor 52 y se puede utilizar como vapor de proceso. A través de un conducto de calor 80 se puede conducir el vapor de proceso hacia el secador de negro de carbón 46. De la misma manera es posible utilizar una parte del vapor de proceso para la generación de corriente en un generador de corriente 62. La corriente eléctrica generada se puede alimentar a la red de corriente 10 y se puede emplear para la electrolisis.

Al  $\text{CO}_2$  generado se añade en la cuarta sección 106 el hidrógeno obtenido en la electrolisis, ajustando una relación óptima para la reacción-Sabatier entre dióxido de carbono e hidrógeno. Óptima es en este caso una relación estequiométrica (1:4) a ligeramente superestequiométrica con relación al hidrógeno. La mezcla de gas afluente ahora a una instalación de hidrogenación 54, donde se convierte en metano en un catalizador. El calor que se libera durante la reacción-Sabatier  $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  se puede extraer de la misma manera con un generador de vapor y se puede utilizar como vapor de proceso. En la forma de realización representada en la figura 3 se conduce el vapor de proceso a través de un conducto de calor 80 hacia el intercambiador de calor 60 para precalentar el agua antes de la entrada en el electrolizador 40. A través de otro intercambiador de calor 60 se calienta el hidrógeno antes de la mezcla con el dióxido de carbono.

En la última sección 106 se conduce el gas metano a través de una separación de dióxido de carbono 56. En la separación de dióxido de carbono 56 se separa el  $\text{CO}_2$  que permanece en el gas metano, por ejemplo con la ayuda de membranas de fibras huecas de poliimida y se conduce de nuevo al proceso de metanización. El  $\text{CO}_2$  se alimenta junto con el hidrógeno  $\text{H}_2$  desde la electrolisis de nuevo a la instalación de hidrogenación 54. El gas metano se comprime a continuación a través de un compresor de metano 58. En este caso, el calor resultante se disipa a través de otro intercambiador de calor 60, antes de que se alimente el gas metano a la red de gas pública 24.

El calor de proceso, que no se necesita para el precalentamiento del agua, del hidrógeno o del oxígeno se puede alimentar a través de otro intercambiador de calor 60 a una red de calor remota 76 y se puede utilizar a continuación.

La figura 4 muestra un esquema de una tercera forma de realización de una instalación de conversión de corriente

en metano.

La instalación de conversión de corriente en metano 90 representada de forma esquemática en la figura 4 se puede dividir como las formas de realización anteriores en cinco secciones. En la primera sección 100 se realiza la electrolisis. Los parámetros operativos y la configuración técnica no se diferencian de los dos ejemplos de realización descritos anteriormente.

En la sección 102 se representa el lugar de almacenamiento para negro de carbón. El negro de carbón C se toma en un lugar de suministro 78 y se introduce en un acumulador de carbono 30. Desde allí se toma el negro de carbón C y se transporta a la instalación de hidrogasificación 118. No es necesario el secado del negro de carbón C.

En la tercera sección 117 se alimenta negro de carbón junto con hidrógeno y vapor de agua a un aparato de hidrogasificación 118. Con la mezcla de gas se fluidiza allí arena precalentada a una temperatura en el intervalo de 700 a 800°C. La arena representa un lecho de sustancia sólida. En el aparato predomina una presión en el intervalo de 2,0 a 3,0 MPa (20 a 30 bares). La mezcla de  $H_2$ - $H_2O$ -negro de carbón se convierte en metano  $CH_4$  y dióxido de carbono  $CO_2$ . La relación de los productos  $CH_4 : CO_2$  es aproximadamente 1 : 1. Los gases producto y una parte del lecho de arena se descargan desde el aparato. La arena es separada en el ciclón 120 y es alimentada al regenerador 119. Puesto que el negro de carbón en el reactor 118 no ha reaccionado totalmente, se alimenta junto con arena al regenerador 119. En el regenerador 119 se quema el negro de carbón bajo la acción de oxígeno desde el depósito de reserva 44. En este caso, se fluidiza arena de la misma manera. Arena regenerada es separada en otro ciclón 120 y es retornada al reactor 118.

Los gases de la combustión son mezclados con productos de la reacción e hidrógeno adicional desde el depósito 42, de manera que se ajusta una relación óptima entre dióxido de carbono e hidrógeno de 1:4. La mezcla es refrigerada a una temperatura óptima para la metanización siguiente. En esta forma de realización, se utiliza calor residual para la generación de vapor y para la producción de corriente. Se aplica corriente para el funcionamiento de los compresores 58, pero también para la electrolisis del agua 40.

En la cuarta sección 106 se realiza en una instalación de hidrogenación 54 la conversión del dióxido de carbono en metano en un catalizador. El catalizador se puede dividir en varias, por ejemplo dos, secciones. Entre las secciones se disipa el calor de la reacción, para elevar el rendimiento. De manera alternativa, para la misma finalidad se puede utilizar una cascada de reactores. Una parte de la mezcla de gas de reacción se conduce para esta finalidad por medio de un ventilador 59 en el circuito. El vapor de agua  $H_2O$  (g) producido en el generador de vapor 52 conectado a continuación es conducido y utilizado para la electrolisis en el electrolizador 40.

En la última sección 108 se separa en primer lugar el producto secundario agua  $H_2O$  (l) en un separador 81 a través de condensación de la mezcla de gas. A continuación se prepara, como se ha descrito anteriormente con relación a la primera y a la segunda forma de realización, el gas metano para la alimentación a la red de gas pública 24.

La figura 5 muestra un esquema de una instalación de conversión de metano en corriente.

En la figura 5 se representa una instalación de conversión de metano en corriente 92. En la primera sección 110 de la instalación se toma gas metano de la red de gas 24. A través de un intercambiador de calor 60 se precalienta el gas metano y a continuación se introduce en un generador de plasma-hidrógeno 64. Allí se genera con la ayuda de radiación de microondas un plasma, que disocia a una temperatura entre aproximadamente 400 y 600°C el plasma en carbono (negro de carbón) e hidrógeno  $H_2$ .

El hidrógeno y el carbono se toman desde el generador de plasma-hidrógeno 64 y se separan uno del otro en la segunda sección 112 en un filtro de negro de carbón 66. El negro de carbón se aglomera en una instalación de granulación 68. Ésta puede estar realizada, por ejemplo, como granulador de tambor. A continuación se seca el negro de carbón en un secador 46, antes de que sea transportado a un acumulador de carbono 30. Desde allí se puede transportar el negro de carbón a través de un dispositivo de trasvase 79 en un depósito de transporte adecuado. El transporte de retorno hacia la instalación de conversión de corriente en metano se puede realizar, por ejemplo, a través de camión o vagón ferroviario.

El hidrógeno separado se almacena temporalmente en la tercera sección 114 en un depósito de hidrógeno 42, antes de que sea convertido en corriente en la cuarta sección 116. A tal fin se mezcla el hidrógeno  $H_2$  con aire 82 y a continuación se quema en una turbina de hidrógeno 72. Un generador de corriente 62 genera a partir de los gases de escape calientes de la combustión corriente eléctrica, que se puede alimentar a la red de corriente 10. Una parte de la energía eléctrica generada se necesita por la propia instalación de conversión para el funcionamiento del generador de plasma-hidrógeno 64 y se conduce a través de la línea de corriente 36.

El calor que se produce durante la combustión del hidrógeno se puede utilizar a través de un generador de vapor 52 como calor de proceso. A través de un conducto de calor 80 se puede utilizar el vapor generado para precalentar,

por ejemplo, el gas metano. De la misma manera es posible alimentar una parte del calor a una red de calor remota 76.

5 De manera alternativa, también se puede emplear una instalación de conversión de metano en corriente, que trabaja sobre la base de un proceso cíclico de bromación-oxidación. En este caso, se produce en primer lugar calor con la ayuda del proceso cíclico de brotación-oxidación. Este calor se puede utilizar para la generación de corriente y/o para ser introducido en una red de calor remota.

10 En otra forma de realización, en lugar del procedimiento de plasma para la disociación del metano, se puede emplear un procedimiento térmico, como por ejemplo el procedimiento Degussa de negro de carbón y gas.

La invención no está limitada a los ejemplos de realización descritos aquí y los aspectos que se deducen aquí. Más bien, dentro de alcance indicado por las reivindicaciones, son posibles una pluralidad de variaciones, que están al alcance del técnico en la materia.

15

#### Lista de signos de referencia

|    |                                                                                 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | Red de corriente                                                                |
| 12 | Energía eólica                                                                  |
| 20 | 14 Energía solar                                                                |
|    | 16 Otra energía regenerativa                                                    |
|    | 18 Electrólisis del agua y almacenamiento de H <sub>2</sub> y O <sub>2</sub> .  |
|    | 20 Gasificación de carbón / combustión de carbón y acoplamiento de fuerza-calor |
|    | 22 Metanización                                                                 |
| 25 | 24 Red de gas                                                                   |
|    | 26 Acumulador de gas                                                            |
|    | 28, 29 Generador de H <sub>2</sub> .                                            |
|    | 30 Acumulador de carbón                                                         |
|    | 32 Central de gas, células de combustible, acoplamiento de fuerza-calor         |
| 30 | 36 Línea de corriente                                                           |
|    | 38 Generación de corriente                                                      |
|    | 40 Electrolizador de agua                                                       |
|    | 42 Depósito de hidrógeno                                                        |
|    | 44 Depósito de oxígeno                                                          |
| 35 | 46 Secador de negro de carbón                                                   |
|    | 48 Gasificación de carbono                                                      |
|    | 50 Combustión de carbono                                                        |
|    | 52 Generador de vapor                                                           |
|    | 54 Instalación de hidrogenación                                                 |
| 40 | 56 Separación de CO <sub>2</sub> .                                              |
|    | 58 Compresores de metano                                                        |
|    | 59 Ventilador                                                                   |
|    | 60 Intercambiador de calor                                                      |
|    | 62 Generador de corriente                                                       |
| 45 | 64 Generador de hidrógeno-plasma                                                |
|    | 66 Filtro de negro de carbón                                                    |
|    | 68 Granulador de negro de carbón                                                |
|    | 70 Estación de carga de negro de carbón                                         |
|    | 72 Turbina de has hidrógeno                                                     |
| 50 | 74 Generador de corriente                                                       |
|    | 76 Red de calor remota                                                          |
|    | 78 Suministro de negro de carbón                                                |
|    | 79 Transporte de negro de carbón                                                |
|    | 80 Conducto de calor                                                            |
| 55 | 81 Separador                                                                    |
|    | 82 Aire                                                                         |
|    | 90 Instalación de conversión de corriente en metano                             |
|    | 92 Instalación de conversión de metano en corriente                             |
|    | 100 Electrolisis                                                                |
| 60 | 102 Almacenamiento de negro de carbón                                           |
|    | 104 Gasificación de negro de carbón                                             |
|    | 105 Combustión de negro de carbón                                               |
|    | 106 Metanización                                                                |
|    | 108 Preparación de metano                                                       |

|    |                  |                                      |
|----|------------------|--------------------------------------|
|    | 110              | Disociación de metano                |
|    | 112              | Tratamiento de negro de carbón       |
|    | 114              | Acumulador de H <sub>2</sub> .       |
|    | 116              | Generación de corriente              |
| 5  | 117              | Hidrogasificación de negro de carbón |
|    | 118              | Instalación de hidrogasificación     |
|    | 118              | Regenerador                          |
|    | 120              | Ciclón                               |
|    | H <sub>2</sub> O | Agua                                 |
| 10 | O <sub>2</sub>   | Oxígeno                              |
|    | H <sub>2</sub>   | Hidrógeno                            |
|    | CO               | Monóxido de carbono                  |
|    | CO <sub>2</sub>  | Dióxido de carbono                   |
|    | C                | Carbono, negro de carbón             |
| 15 |                  |                                      |

## REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para la generación de metano utilizando energía eléctrica y generación siguiente de energía, que comprende las etapas de:

- a) generación de metano a partir de agua y negro de carbón utilizando energía eléctrica,
- b) almacenamiento del metano.
- c) disociación del metano en hidrógeno y negro de carbón, utilizando hidrógeno para la generación de energía, o generación de energía a través de conversión del metano en negro de carbón y agua en un proceso cíclico de bromación-oxidación,

caracterizado porque se recoge el negro de carbón que se produce durante la disociación de metano o el proceso cíclico de bromación-oxidación según la etapa c) y se utiliza durante la nueva ejecución del procedimiento para la generación de metano en la etapa a), de manera que resulta un circuito cerrado de carbono.

2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque la generación del metano se realiza por medio de una reacción-Sabatier o por medio de una reacción de hidrogenación.

3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado** porque el hidrógeno necesario durante la reacción-Sabatier o durante la reacción de hidrogenación se obtiene por medio de hidrólisis de agua.

4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado** porque el negro de carbón se quema para la realización de la reacción-Sabatier en dióxido de carbono o el negro de carbón se convierte bajo la actuación de oxígeno y vapor de agua en gas de síntesis, de manera que el oxígeno se obtiene por medio de electrolisis de agua.

5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el almacenamiento del metano se realiza a través de la alimentación a una red de gas (24).

6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque la disociación del metano y la generación de energía según la etapa c) se realiza en otro lugar que la generación del metano según la etapa a).

7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque para la generación de energía según la etapa c) del procedimiento se convierte el hidrógeno obtenido en una célula de combustible en energía eléctrica, el hidrógeno se utiliza para el calentamiento, el hidrógeno se utiliza para la refrigeración, el hidrógeno sirve como propulsor para el medio de transporte o el hidrógeno se utiliza para una combinación de al menos dos de las finalidades mencionadas.

8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque el calor que se produce durante la generación de metano de acuerdo con la etapa a) y/o durante la generación de energía de acuerdo con la etapa c) se conduce a una red de calor remota (76).

9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque la energía eléctrica empleada en la etapa a) se genera de forma regenerativa.

10.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado** porque la energía eléctrica se genera por medio de fuerza eólica (12) o instalaciones solares (14).

Fig. 1

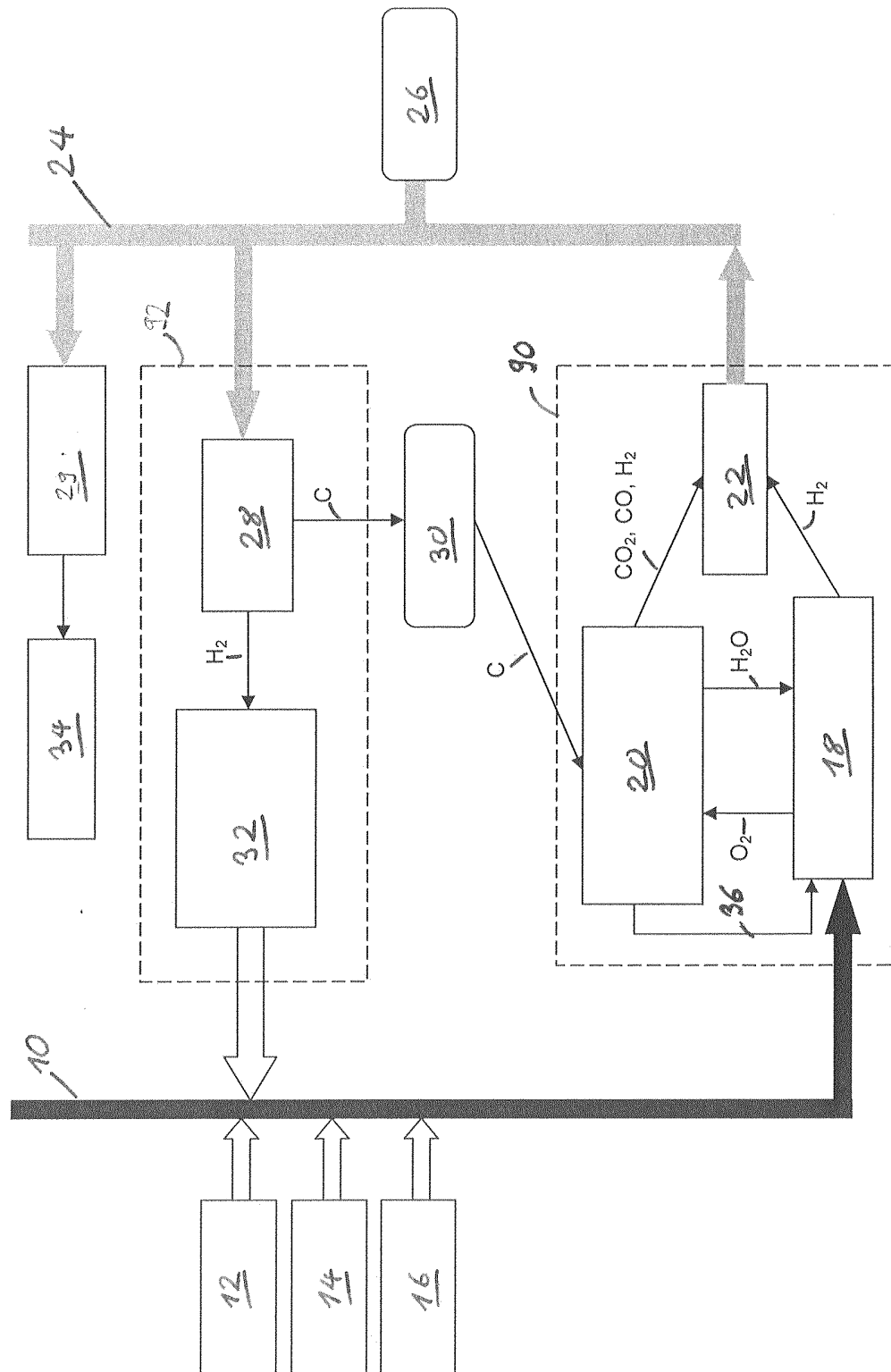
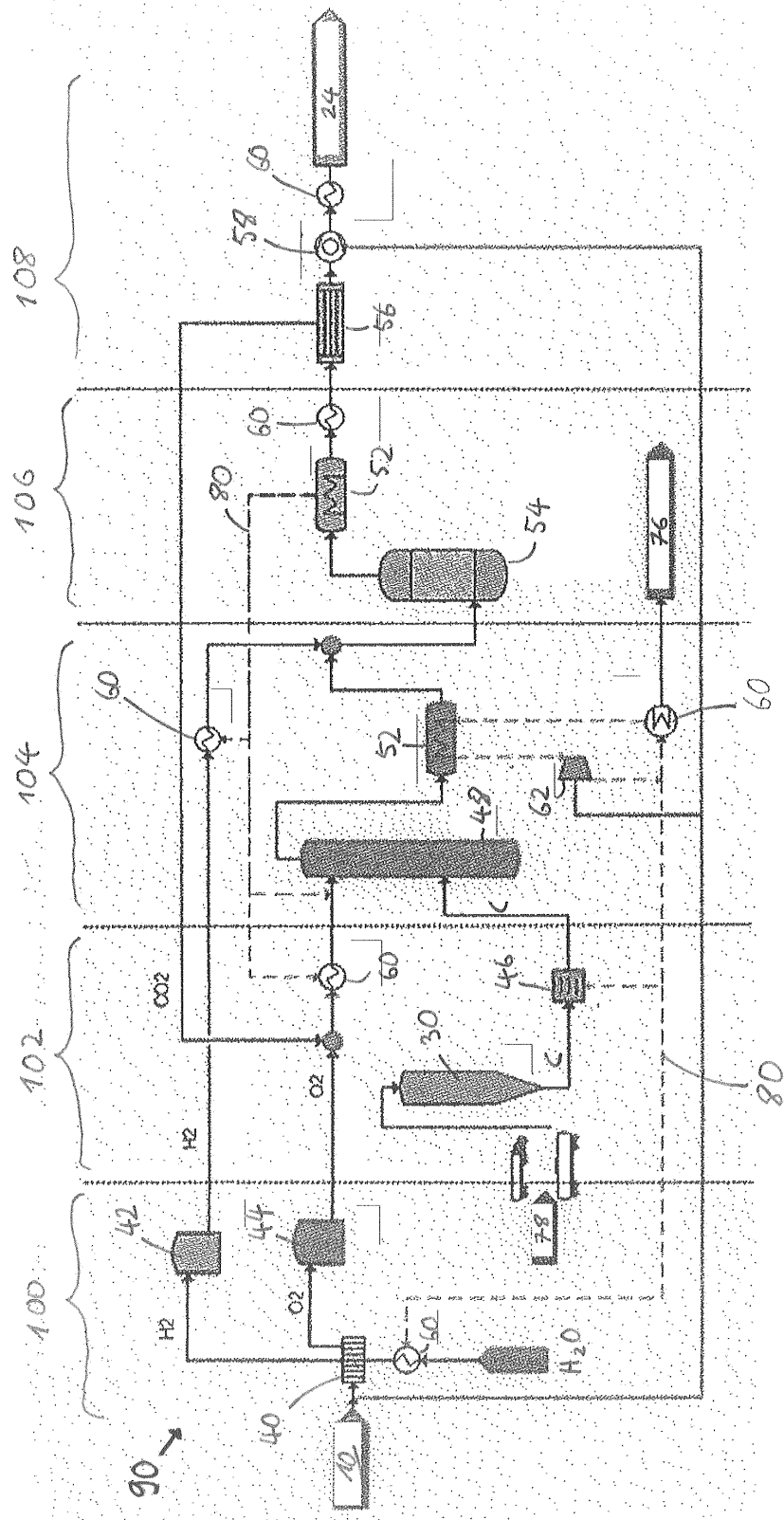
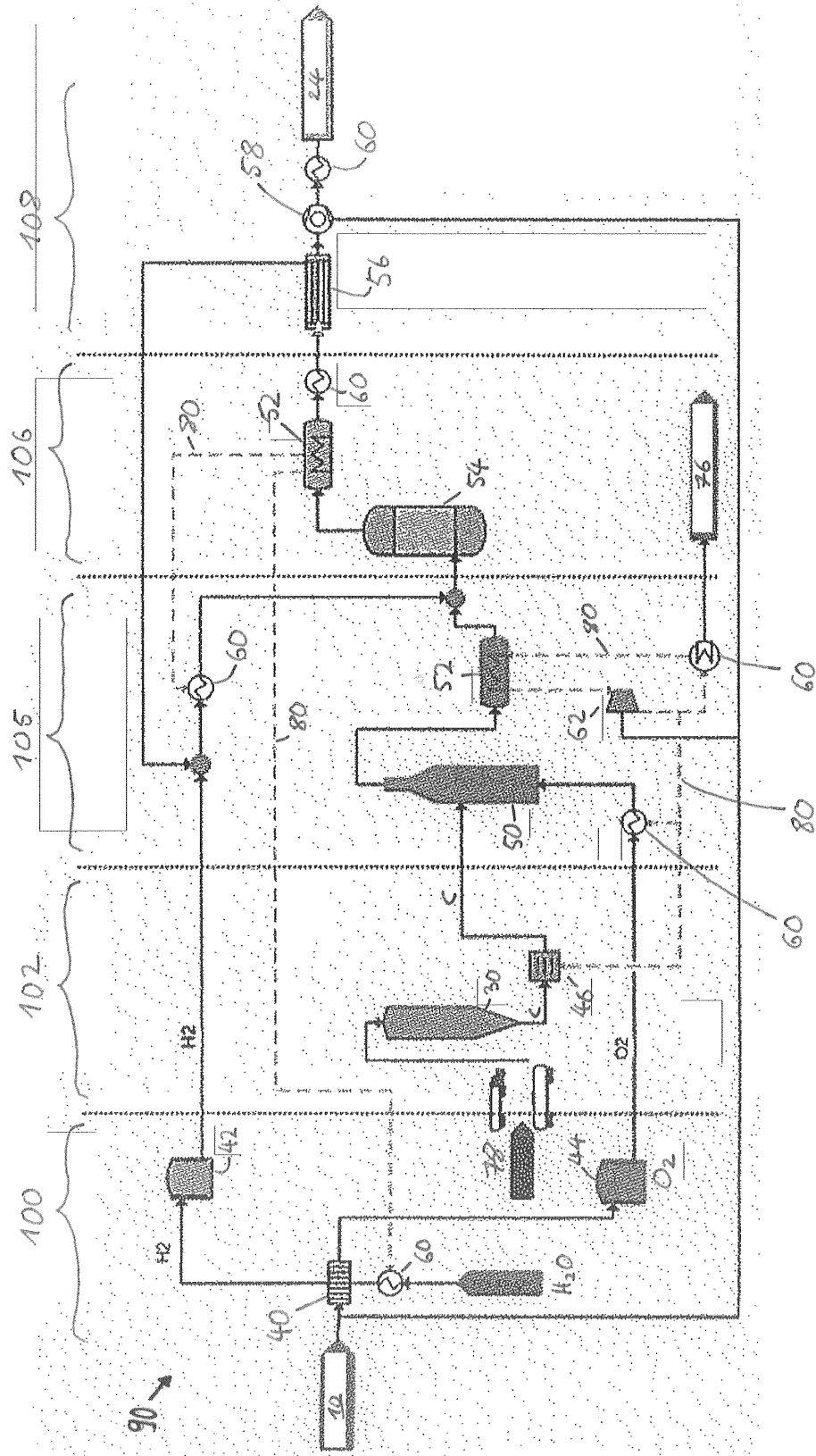


Fig. 2



ᠮᠤᠩᠭᠤᠯᠠᠭ



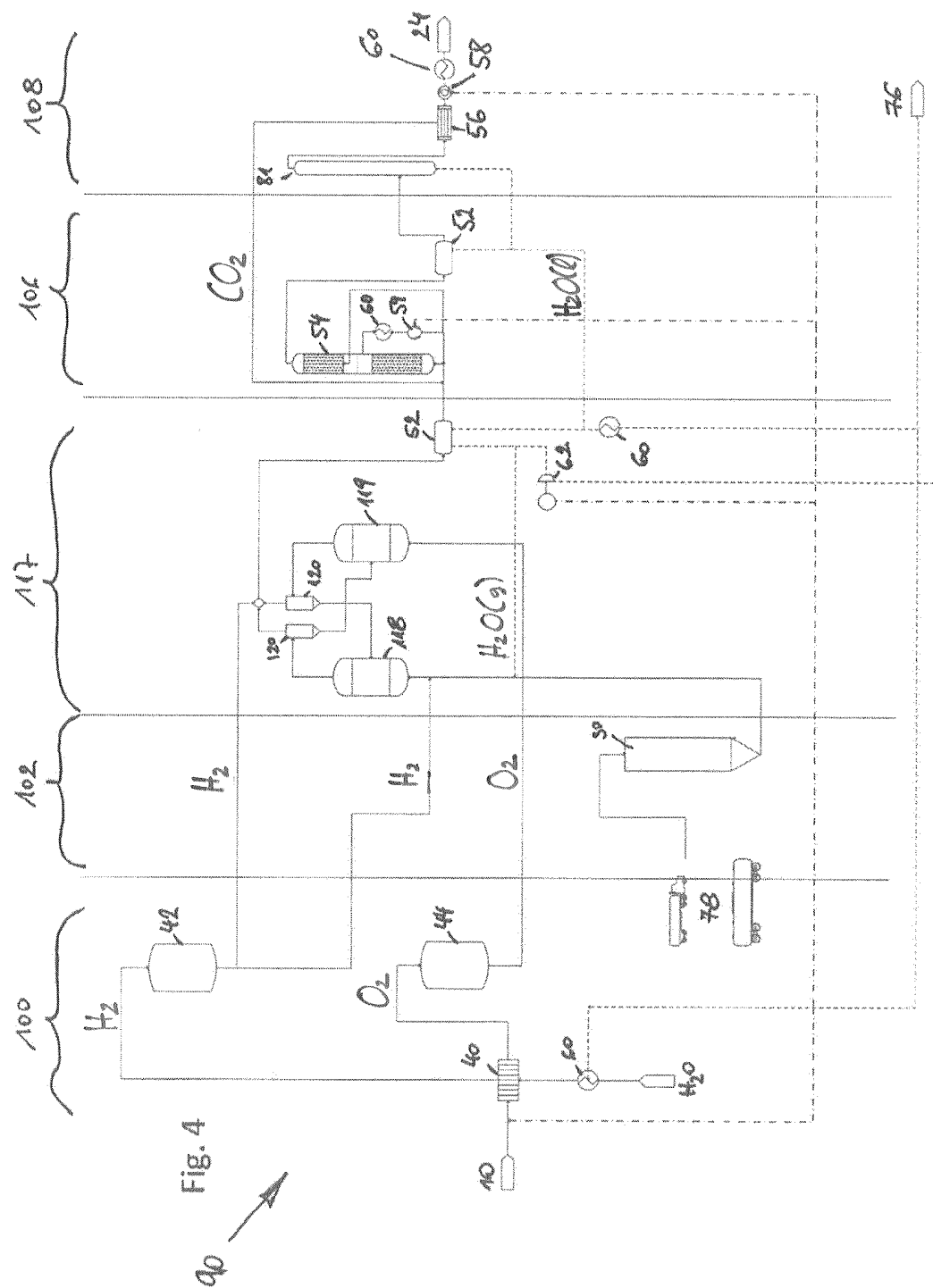


Fig. 5

