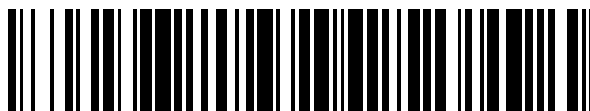


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 698 604**

51 Int. Cl.:

**C01C 1/04** (2006.01)

**C25B 1/04** (2006.01)

**C01B 13/02** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.06.2014 PCT/EP2014/062584**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015 WO15192877**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2014 E 14734418 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2018 EP 3154904**

54 Título: **Sistema y método para equilibrado de carga de energía renovable intermitente para una red eléctrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.02.2019**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
München, DE**

72 Inventor/es:

**HEID, OLIVER;  
BEASLEY, PAUL y  
HUGHES, TIMOTHY**

74 Agente/Representante:

**LOZANO GANDIA, José**

**ES 2 698 604 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).

**SISTEMA Y MÉTODO PARA EQUILIBRADO DE CARGA DE ENERGÍA RENOVABLE INTERMITENTE PARA UNA RED ELÉCTRICA****DESCRIPCIÓN**

5 La aceptación de recursos naturales renovables (fuentes renovables) para generación de energía en los últimos años ha sido impresionante, pero todavía queda el problema sin resolver de lidiar con la naturaleza transitoria de las fuentes renovables. Tanto la energía eólica como la solar son intermitentes debido a su naturaleza y, por tanto, no es posible proporcionar una carga de base fiable a las redes de energía. Ya que la demanda de energía de los  
10 consumidores puede ser irregular, un suministro de potencia basado en fuentes renovables no se adapta a la demanda de los consumidores. Además, el exceso de energía, es decir la cantidad de energía que estaría temporalmente disponible a partir de fuentes renovables pero que no se demanda por los consumidores en ese momento, impone tensiones en las redes de energía y se perderá en el caso de que no se consuma.

15 Por tanto, existen condiciones en las que la energía proporcionada temporalmente por fuentes renovables no es suficiente para cubrir la demanda. Sin embargo, también existirán condiciones en las que la energía proporcionada temporalmente por fuentes renovables supere la demanda actual. A medida que la proporción de energía a partir de fuentes renovables aumenta, la situación llegará a ser insostenible.

20 Un enfoque prometedor para resolver estos inconvenientes será el uso de almacenamientos o almacenamientos temporales de energía a largo plazo que sean adecuados para almacenar la energía. Tal solución permitirá gestionar situaciones en las que la demanda supera la energía disponible así como situaciones en las que está disponible un exceso de energía.

25 Se conocen una variedad de soluciones de almacenamiento temporal para almacenar energía eléctrica, por ejemplo baterías de litio y baterías redox basadas en vanadio, pero estas soluciones no pueden proporcionar la escala necesaria de almacenamiento de energía. El hidrógeno ofrece otra vía libre de carbono para almacenar energía, pero es difícil y peligroso de utilizar. En forma gaseosa se tiene que comprimir hasta 500 bar con el fin de lograr una densidad de energía adecuada. El hidrógeno líquido necesita temperaturas criogénicas y la infraestructura complicada asociada. Además, el uso de hidrógeno en cualquier forma necesita protecciones debido al riesgo de explosión. Por estas razones, el hidrógeno no se considera un candidato cualificado para almacenamiento de  
30 energía.

35 Por tanto, no existen en la actualidad medios fiables y apropiados para desvincular el suministro de energía y las demandas de energías renovables a una escala local o nacional. El documento US2012/0068471 da a conocer un sistema de hardware y controles que absorbe potencia de fuentes de energía renovables, almacena químicamente la potencia en amoniaco y entonces reorienta la energía almacenada a la red eléctrica.

40 Un objeto de la invención es proporcionar una solución para suministrar a una red energética energía a partir de una fuente de energía renovable intermitente.

El objeto se resuelve mediante un sistema y un método según las reivindicaciones adjuntas.

45 La invención se basa en el enfoque de almacenar al menos partes de la energía generada usando fuentes renovables. Esto se logra usando esta energía para producir hidrógeno y nitrógeno. Posteriormente se convierten el hidrógeno y el nitrógeno en amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) que es un combustible libre de carbono y que puede almacenarse a temperaturas ambientales. Además, el  $\text{NH}_3$  puede transportarse de manera eficaz y segura usando tuberías de conducción, trenes, barcos y camiones. Además, el  $\text{NH}_3$  ofrece las ventajas de que puede sintetizarse en un procedimiento libre de carbono y puede quemarse sin generar gases de efecto invernadero.

50 La invención logra una desvinculación del suministro y la demanda de electricidad a partir de las fuentes de energía renovable fluctuantes usando la energía renovable para la generación de amoniaco que puede almacenarse posteriormente. El amoniaco almacenado puede usarse entonces en un generador de potencia de  $\text{NH}_3$  para generar electricidad que se alimenta a la red eléctrica. Esta solución integrada propuesta por la invención permite  
55 transformar electricidad intermitente en una carga de base proporcionada por la fuente de energía renovable a la red energética local o nacional.

60 Una mejora adicional se logra haciendo uso del hidrógeno producido en el sistema, por ejemplo en el electrolizador de hidrógeno, en la unidad de almacenamiento temporal y/o en otras etapas adecuadas del sistema, mezclando una parte del hidrógeno producido con el  $\text{NH}_3$  que se lleva desde el recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  hasta el generador de potencia de  $\text{NH}_3$  antes de la combustión. Esto da como resultado mejores propiedades de combustión tales como un procedimiento de quemado más eficiente y limpio y reducción de gases de escape de NOX. Para esto, el sistema comprende un sistema de inyección de hidrógeno. El sistema de inyección de hidrógeno extrae una parte de hidrógeno a partir de una etapa adecuada del sistema y proporciona hidrógeno extraído a un mezclador que está conectado por conexión de fluido con el recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  y con el generador de potencia de  $\text{NH}_3$ . El mezclador mezcla el hidrógeno con  $\text{NH}_3$  a partir del recipiente de almacenamiento y proporciona una  
65

mezcla de NH<sub>3</sub>-hidrógeno al generador de potencia de NH<sub>3</sub>.

Por tanto, la presencia del recipiente de almacenamiento de NH<sub>3</sub> como memoria temporal permite una mejor flexibilidad para proporcionar energía a la red energética y, por tanto, un equilibrado de carga mejorado. Además, la eficiencia del sistema y el método se mejoran mediante el sistema de inyección de hidrógeno.

La invención puede aplicarse para hacer funcionar la red de energía basándose en energías renovables así como en el suministro de energía local para estabilización de la red de áreas rurales e industria pesada.

En más detalle, el sistema para proporcionar energía para una red energética y para equilibrado de carga de una entrada de energía para la red energética basándose en energía renovable intermitente proporcionada por una fuente de energía renovable, comprende

- una unidad de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> para producir hidrógeno y nitrógeno, en el que la unidad de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> se hace funcionar usando energía proporcionada por la fuente de energía renovable,

- una unidad de mezclado configurada para recibir y mezclar el hidrógeno y el nitrógeno producidos por la unidad de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> para formar una mezcla de hidrógeno-nitrógeno,

- una fuente de NH<sub>3</sub> para recibir y procesar la mezcla de hidrógeno-nitrógeno para generar una mezcla de gases que contiene NH<sub>3</sub>, en el que la fuente de NH<sub>3</sub> está conectada por conexión de fluido a la unidad de mezclado para recibir la mezcla de hidrógeno-nitrógeno a partir de la unidad de mezclado y en el que la fuente de NH<sub>3</sub> está configurada para generar la mezcla de gases que contiene NH<sub>3</sub> a partir de la mezcla de hidrógeno-nitrógeno, en el que la fuente de NH<sub>3</sub> comprende un recipiente de almacenamiento de NH<sub>3</sub> para almacenar al menos una parte del NH<sub>3</sub> de la mezcla de gases que contiene NH<sub>3</sub>,

- un generador de potencia de NH<sub>3</sub> para generar energía para la red energética, en el que el generador de potencia de NH<sub>3</sub> está conectado por conexión de fluido al recipiente de almacenamiento de NH<sub>3</sub> para recibir una corriente de gas que contiene NH<sub>3</sub> a partir del recipiente de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y en el que el generador de potencia de NH<sub>3</sub> comprende una cámara de combustión para someter a combustión el NH<sub>3</sub> recibido de la corriente de gas para generar la energía para la red energética,

en el que el sistema comprende además

- un sistema de inyección de hidrógeno para extraer una parte de hidrógeno a partir de una etapa del sistema al interior del sistema de inyección de hidrógeno y para añadir hidrógeno extraído a partir del sistema de inyección de hidrógeno a la corriente de gas que va a proporcionarse al generador de potencia de NH<sub>3</sub> para generar una mezcla de NH<sub>3</sub>-hidrógeno antes de que la corriente de NH<sub>3</sub> alcance el generador de potencia de NH<sub>3</sub>.

El sistema puede comprender un mezclador de NH<sub>3</sub>-hidrógeno, que está conectado por conexión de fluido al recipiente de almacenamiento de NH<sub>3</sub>, al generador de potencia de NH<sub>3</sub> y al sistema de inyección de hidrógeno y que está configurado y dispuesto para recibir y mezclar NH<sub>3</sub> a partir del recipiente de almacenamiento de NH<sub>3</sub> e hidrógeno a partir del sistema de inyección de hidrógeno para formar una mezcla de NH<sub>3</sub>-hidrógeno que va a proporcionarse al generador de potencia de NH<sub>3</sub>. El mezclador permite formar una mezcla de gases antes de la combustión.

El sistema de inyección de hidrógeno comprende una unidad de extracción de hidrógeno asignada a la etapa del sistema a partir de la cual se extrae la parte de hidrógeno, en el que la unidad de extracción de hidrógeno permite una regulación de la parte de hidrógeno que va a extraerse en la etapa para establecer un flujo de hidrógeno particular a partir de la etapa al interior del sistema de inyección de hidrógeno, es decir una regulación de la cantidad de hidrógeno que va a extraerse, es decir una regulación del caudal de H<sub>2</sub>. Con esta configuración, se hace posible extraer cantidades particulares de hidrógeno a partir de las etapas seleccionadas controlando las unidades de extracción de hidrógeno.

El sistema de inyección de hidrógeno puede comprender una pluralidad de dispositivos para regular un flujo de hidrógeno en el sistema de inyección de hidrógeno y a la corriente de gas que va a proporcionarse al generador de potencia de NH<sub>3</sub>. Por tanto, puede establecerse un caudal de H<sub>2</sub> particular al interior del mezclador controlando uno o más de la pluralidad de dispositivos. La pluralidad de dispositivos puede comprender dispositivos tales como bombas, válvulas, etc., que permiten una regulación del caudal.

El sistema de inyección de hidrógeno comprende un sistema de control de hidrógeno para controlar

- un caudal de hidrógeno a partir de la etapa en la que se extrae la parte del H<sub>2</sub> al interior del sistema de inyección de hidrógeno y/o

- un caudal de hidrógeno desde el sistema de inyección de hidrógeno hasta la corriente de gas que va a

proporcionarse al generador de potencia de  $\text{NH}_3$ , es decir al mezclador de  $\text{NH}_3\text{-H}_2$ .

Esto se logra controlando las unidades de extracción de hidrógeno y/o la pluralidad de dispositivos para regular un flujo de hidrógeno en el sistema de inyección de hidrógeno. Con esto, pueden establecerse parámetros de funcionamiento óptimos.

En el mismo, el control mediante el sistema de control de hidrógeno se basa en un conjunto de datos de entrada que contiene información sobre las condiciones de trabajo reales en el generador de potencia de  $\text{NH}_3$  y en el que las condiciones de trabajo incluyen al menos una de

- un estado de combustión en la cámara de combustión,
- un caudal de  $\text{NH}_3$  a partir del recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$ ,
- una temperatura en la cámara de combustión,
- una composición química real de una mezcla de gases en la cámara de combustión, y/o
- una composición química real de gases de escape de combustión del generador de potencia de  $\text{NH}_3$ .

Por tanto, el sistema de control de  $\text{H}_2$  puede establecer condiciones de trabajo óptimas considerando una variedad de parámetros.

La unidad de producción de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  puede comprender

- un electrolizador de hidrógeno para producir el hidrógeno, en la que el electrolizador de hidrógeno está configurado para recibir agua y energía producida por la fuente de energía renovable y para producir el hidrógeno mediante electrólisis, y
- una unidad de separación de aire para producir el nitrógeno, en la que la unidad de separación de aire está configurada para recibir aire y energía producida por la fuente de energía renovable y producir el nitrógeno separando el aire recibido.

Esto permite producir hidrógeno,  $\text{H}_2$ , y nitrógeno,  $\text{N}_2$ , utilizando energía a partir de la fuente de energía renovable, dando finalmente como resultado la capacidad de almacenar esta energía en forma de  $\text{NH}_3$ .

La etapa en la que se extrae la parte de hidrógeno puede ser el electrolizador de hidrógeno.

La unidad de mezclado puede estar conectada por conexión de fluido a la unidad de producción de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  para recibir el hidrógeno y el nitrógeno producidos en la misma, en la que la unidad de mezclado puede comprender un sistema de almacenamiento temporal para recibir y almacenar temporalmente el hidrógeno y el nitrógeno a partir de la unidad de producción de  $\text{H}_2\text{-N}_2$ . El sistema de almacenamiento temporal puede estar configurado para recibir el hidrógeno y el nitrógeno a partir de la unidad de producción de  $\text{H}_2\text{-N}_2$ , para almacenar temporalmente el hidrógeno y el nitrógeno que van a almacenarse temporalmente y para procesar posteriormente el hidrógeno y nitrógeno almacenados temporalmente en el mezclador. Esto permite un procedimiento de mezclado más eficiente.

La etapa en la que se extrae la parte de hidrógeno puede ser el sistema de almacenamiento temporal.

La unidad de mezclado puede comprender

- un mezclador conectado por conexión de fluido a la unidad de producción de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  para recibir el hidrógeno y el nitrógeno, es decir el mezclador está conectado por conexión de fluido al sistema de almacenamiento temporal y para mezclar el hidrógeno y nitrógeno recibidos para formar una mezcla de hidrógeno-nitrógeno y
- un compresor para comprimir la mezcla de hidrógeno-nitrógeno a partir del mezclador para formar una mezcla de hidrógeno-nitrógeno comprimida que va a dirigirse a la fuente de  $\text{NH}_3$ .

Por tanto, la unidad de mezclado proporciona una mezcla de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  comprimida.

La fuente de  $\text{NH}_3$  puede comprender

- una cámara de reacción de  $\text{NH}_3$  configurada para recibir la mezcla de hidrógeno-nitrógeno a partir de la unidad de mezclado y procesar la mezcla de hidrógeno-nitrógeno recibida para formar la mezcla de gases que contiene  $\text{NH}_3$  y
- un separador para recibir la mezcla de gases que contiene  $\text{NH}_3$  a partir de la cámara de reacción de  $\text{NH}_3$ ,

en la que

- el separador está configurado para separar  $\text{NH}_3$  a partir de la mezcla de gases que contiene  $\text{NH}_3$  de manera que se producen  $\text{NH}_3$  y una mezcla de hidrógeno-nitrógeno restante y

- el separador está conectado por conexión de fluido al recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  para dirigir el  $\text{NH}_3$  producido al recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$ .

El uso del separador permite una producción eficiente de  $\text{NH}_3$ .

En una realización, está disponible una unidad de reprocesamiento adicional para reprocesar la mezcla de hidrógeno-nitrógeno restante con un recompresor y un segundo mezclador, en la que

- el recompresor está conectado por conexión de fluido al separador para recibir y comprimir la mezcla de hidrógeno-nitrógeno restante a partir del separador,

- el segundo mezclador está conectado por conexión de fluido al recompresor para recibir la mezcla de hidrógeno-nitrógeno restante comprimida a partir del recompresor,

- el segundo mezclador está conectado por conexión de fluido a la unidad de mezclado para recibir la mezcla de hidrógeno-nitrógeno a partir de la unidad de mezclado, y en la que

- el segundo mezclador está configurado para mezclar la mezcla de hidrógeno-nitrógeno a partir de la unidad de mezclado y la mezcla de hidrógeno-nitrógeno restante comprimida a partir del recompresor para formar la mezcla de hidrógeno-nitrógeno que va a proporcionarse a la fuente de  $\text{NH}_3$ .

El uso de la unidad de reprocesamiento permite recircular el  $\text{H}_2$  y  $\text{N}_2$  restante para formar  $\text{NH}_3$  adicional.

En una realización alternativa, el separador puede estar conectado por conexión de fluido a la unidad de mezclado para dirigir la mezcla de hidrógeno-nitrógeno restante desde el separador hasta la unidad de mezclado, de manera que la mezcla de hidrógeno-nitrógeno restante se mezcla en la unidad de mezclado con el hidrógeno y el nitrógeno a partir de la unidad de producción de  $\text{H}_2$ - $\text{N}_2$  para formar la mezcla de hidrógeno-nitrógeno que va a recibirse por la fuente de  $\text{NH}_3$ . Esto también permite recircular el  $\text{H}_2$  y  $\text{N}_2$  restante para formar  $\text{NH}_3$  adicional.

El sistema puede comprender además una unidad de control principal para controlar la generación del  $\text{NH}_3$  que va a almacenarse en el recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  y/o la generación de energía con el generador de potencia de  $\text{NH}_3$ .

Por ejemplo, el control puede lograrse regulando el flujo de energía proporcionado a la unidad de producción de  $\text{H}_2$ - $\text{N}_2$  y, con ello, la producción de  $\text{H}_2$  y  $\text{N}_2$  o regulando el flujo másico en el sistema mediante influencia en mezcladores, compresores u otros componentes y/o regulando la temperatura en la cámara de reacción de  $\text{NH}_3$ .

La unidad de control principal puede estar configurada y dispuesta, es decir conectada a componentes correspondientes, de manera que el control de la generación del  $\text{NH}_3$  que va a almacenarse en el recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  y/o el control de la generación de energía con el generador de potencia de  $\text{NH}_3$  depende al menos de una demanda de potencia real en la red energética y/o de una cantidad de energía generada actualmente por la fuente de energía renovable. Esto permite un suministro de energía flexible que reacciona a demandas reales en la red energética y que por otro lado permite almacenar energía a partir de la fuente de energía renovable en caso de bajas demandas.

La unidad de control principal puede estar configurada

- para, preferiblemente de manera simultánea, reducir la generación del  $\text{NH}_3$  que va a almacenarse en el recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$ , lo que puede lograrse controlando la generación de la mezcla de gases que contiene  $\text{NH}_3$ , y/o aumentar la generación de energía durante periodos de baja entrada de energía renovable a partir de la fuente de energía renovable,

- para, preferiblemente de manera simultánea, aumentar la generación del  $\text{NH}_3$  que va a almacenarse en el recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  y/o reducir la generación de energía durante periodos de alta entrada de energía renovable a partir de la fuente de energía renovable.

Esto también permite un equilibrado de carga eficaz de una entrada de energía para la red energética y un suministro de energía flexible que reacciona a demandas reales en la red energética y que por otro lado permite almacenar energía a partir de la fuente de energía renovable en caso de bajas demandas.

En el presente documento, puede hacerse referencia a los términos “bajo” y “alto” para ciertos valores umbral dados.

Una baja entrada de energía renovable significa que la entrada real de energía renovable es menor que un primer umbral y una alta entrada de energía renovable significa que la entrada real de energía renovable es mayor que un segundo umbral. El primer y segundo umbral pueden ser idénticos o diferentes el uno del otro.

- 5 El sistema puede comprender además una unidad de distribución de energía que está configurada para recibir la energía proporcionada por la fuente de energía renovable y distribuir la energía a la red energética y/o a la unidad de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>, en el que la distribución depende de una situación de demanda de energía en la red energética. Por ejemplo, en el caso de una demanda de energía mayor a partir de la red energética, la fracción de energía proporcionada por la fuente de energía renovable a la red energética es mayor y la fracción restante que se proporciona al sistema es menor. En el caso de una demanda de energía menor a partir de la red energética, la fracción de energía proporcionada por la fuente de energía renovable a la red energética es menor y la fracción restante que se proporciona al sistema es mayor. Esto permite un funcionamiento del sistema eficaz y, en consecuencia, un equilibrado de carga de una entrada de energía para la red energética.
- 10
- 15 En un método correspondiente para proporcionar energía para una red energética y para equilibrado de carga de una entrada de energía para la red energética basándose en energía renovable intermitente proporcionada por una fuente de energía renovable,
- 20 - se usa al menos una parte de la energía a partir de la fuente de energía renovable para producir hidrógeno y nitrógeno en una unidad de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>,
- se mezclan el hidrógeno y nitrógeno producidos en una unidad de mezclado para formar una mezcla de hidrógeno-nitrógeno,
- 25 - se procesa la mezcla de hidrógeno-nitrógeno en una fuente de NH<sub>3</sub> para generar una mezcla de gases que contiene NH<sub>3</sub>, y NH<sub>3</sub> de la mezcla de gases que contiene NH<sub>3</sub> se almacena en un recipiente de almacenamiento de NH<sub>3</sub>,
- 30 - se extrae una parte del hidrógeno a partir de una etapa del sistema al interior de un sistema de inyección de hidrógeno,
- se proporciona NH<sub>3</sub> a partir del recipiente de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y se mezcla con hidrógeno a partir del sistema de inyección de hidrógeno para formar una mezcla de NH<sub>3</sub>-hidrógeno,
- 35 - se proporciona la mezcla de NH<sub>3</sub>-hidrógeno a una cámara de combustión de un generador de potencia de NH<sub>3</sub> y se somete la mezcla de NH<sub>3</sub>-hidrógeno proporcionada a combustión en la cámara de combustión para generar energía para la red energética.
- 40 El sistema de control de hidrógeno controla
- 45 - un caudal de hidrógeno a partir de la etapa en la que se extrae la parte de H<sub>2</sub> al interior del sistema de inyección de hidrógeno regulando una unidad de extracción de hidrógeno asignada a la etapa y/o
- un caudal de hidrógeno a partir del sistema de inyección de hidrógeno que va a mezclarse con el NH<sub>3</sub> proporcionado a partir del recipiente de almacenamiento de NH<sub>3</sub> regulando una pluralidad de dispositivos para regular una corriente de hidrógeno en el sistema de inyección de hidrógeno y a la corriente de gas que va a proporcionarse al generador de potencia de NH<sub>3</sub>.
- 50 Esto se logra controlando las unidades de extracción de hidrógeno y/o la pluralidad de dispositivos para regular un flujo de hidrógeno en el sistema de inyección de hidrógeno.
- El control mediante el sistema de control de hidrógeno se basa en un conjunto de datos de entrada que contiene información sobre condiciones de trabajo reales en el generador de potencia de NH<sub>3</sub> y en el que las condiciones de trabajo incluyen al menos una de
- 55 - un estado de la combustión en la cámara de combustión,
- un caudal de NH<sub>3</sub> a partir del recipiente de almacenamiento de NH<sub>3</sub>,
- 60 - una temperatura en la cámara de combustión,
- una composición química real de una mezcla de gases en la cámara de combustión, y/o
- una composición química real de gases de escape de combustión del generador de potencia de NH<sub>3</sub>.
- 65 La mezcla de gases que contiene NH<sub>3</sub> puede dirigirse a un separador que separa NH<sub>3</sub> a partir de la mezcla de gases

que contiene  $\text{NH}_3$  de manera que se producen el  $\text{NH}_3$  que se almacena en el recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  y una mezcla de hidrógeno-nitrógeno restante.

5 La mezcla de hidrógeno-nitrógeno restante puede recomprimirse y la mezcla de hidrógeno-nitrógeno restante recomprimida se mezcla con la mezcla de hidrógeno-nitrógeno a partir de la unidad de mezclado para formar la mezcla de hidrógeno-nitrógeno que va a recibirse por la fuente de  $\text{NH}_3$ .

10 La mezcla de hidrógeno-nitrógeno restante puede mezclarse en la unidad de mezclado con el hidrógeno y el nitrógeno a partir de la unidad de producción de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  para formar la mezcla de hidrógeno-nitrógeno que va a recibirse por la fuente de  $\text{NH}_3$ .

Una unidad de control principal del sistema puede controlar la generación del  $\text{NH}_3$  que se almacena en el recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  y/o la generación de energía con el generador de potencia de  $\text{NH}_3$ .

15 La unidad de control principal puede controlar la generación del  $\text{NH}_3$  que se almacena en el recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  y/o la generación de energía con el generador de potencia de  $\text{NH}_3$  dependiendo al menos de una demanda de potencia real en la red energética y/o de una cantidad de energía generada actualmente por la fuente de energía renovable. La unidad de control principal

20 - preferiblemente de manera simultánea reduce la generación del  $\text{NH}_3$  que se almacena en el recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  y/o aumenta la generación de energía durante periodos de baja entrada de energía renovable a partir de la fuente de energía renovable,

25 - preferiblemente de manera simultánea aumenta la generación del  $\text{NH}_3$  que se almacena en el recipiente de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  y/o reduce la generación de energía durante periodos de alta entrada de energía renovable a partir de la fuente de energía renovable.

30 Una unidad de control principal controla la generación de  $\text{NH}_3$  y la generación de energía. Por ejemplo, durante periodos en los que la fuente de energía renovable genera menos energía, por ejemplo y en el caso de un molino de viento durante fases de poco viento, la unidad de control principal encenderá el generador de potencia de  $\text{NH}_3$  para suministrar más energía al interior de la red energética porque el suministro por la fuente de energía renovable puede no ser suficiente. Durante periodos en los que la fuente de energía renovable genera una alta cantidad de energía, por ejemplo durante fases de fuerte viento, la unidad de control principal apagará el generador de potencia de  $\text{NH}_3$  porque la fuente de energía renovable proporciona suficiente energía a la red. Sin embargo, la unidad de control principal aumentará la producción y el almacenamiento de  $\text{NH}_3$ .

35 Un dispositivo que está "conectado por conexión de fluido" a un dispositivo adicional significa que puede transferirse un fluido a través de una conexión entre los dispositivos, por ejemplo un tubo, desde el dispositivo hasta el dispositivo adicional. En el mismo, un fluido puede ser gaseoso así como líquido.

40 A continuación se explica la invención en detalle basándose en la figura 1. Números de referencia iguales en diferentes figuras se refieren a los mismos componentes.

45 La figura 1 muestra un sistema para equilibrado de carga de una fuente de energía renovable intermitente,

la figura 2 muestra una realización adicional del sistema con una recirculación de una mezcla de gases de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  restante,

50 la figura 3 muestra una variación de la realización adicional del sistema.

El sistema 100 mostrado en la figura 1 comprende una fuente 10 de energía renovable, por ejemplo un molino de viento o un parque eólico con una pluralidad de molinos de viento individuales. Alternativamente, la fuente 10 de energía renovable también puede ser una central solar o cualquier otra central eléctrica que es adecuada para generar energía a partir de una materia prima renovable tal como agua, viento o energía solar. A continuación se explica el sistema 100 suponiendo que la fuente 10 de energía renovable es un molino de viento. Sin embargo, esto no debe tener ningún efecto limitativo sobre la invención.

60 El molino 10 de viento está conectado a una red 300 energética para suministrar energía generada por el molino 10 de viento a la red 300. En el mismo, una cantidad 1' de energía que es al menos una fracción de la energía 1 generada por el molino 10 de viento se proporciona a la red 300 energética para cumplir las demandas de energía de los consumidores en la red 300 energética. Puede mencionarse que la red 300 energética también tendrá normalmente acceso a otras fuentes de energía.

65 Sin embargo, una cantidad 1' de energía restante de la energía 1 generada puede usarse en el sistema 100 para hacer funcionar una unidad 20 de producción de hidrógeno-nitrógeno (unidad de producción de  $\text{H}_2\text{-N}_2$ ) del sistema 100.

Especialmente cuando está disponible un exceso de energía, es decir cuando la energía 1 generada por la fuente 10 de energía renovable supera la demanda de energía de la red 300 energética a la fuente 10 de energía renovable, este exceso de energía puede dirigirse a la unidad 20 de producción de  $H_2-N_2$  para hacer funcionar la unidad 20. La cantidad 1' de energía que se alimenta a la unidad 20 de producción de  $H_2-N_2$  depende de las demandas de energía de consumidores a los que va a suministrar la red 300 energética. En caso de altas demandas, por ejemplo durante momentos pico, puede ser necesario que el 100% de la energía 1 generada por el molino 10 de viento tenga que alimentarse a la red 300 eléctrica para cubrir la demanda. En cambio, en caso de demandas muy bajas, por ejemplo durante la noche, el 100% de la electricidad 1 generada por el molino 10 de viento puede estar disponible para su uso en el sistema 100 y puede dirigirse a la unidad 20 de producción de  $H_2-N_2$ .

Tal gestión y distribución de energía 1 a partir del molino 10 de viento se logra mediante una unidad 11 de distribución de energía. La unidad 11 de distribución de energía recibe la energía 1 del molino 10 de viento. Tal como se indicó anteriormente, determinadas proporciones de la energía 1 se dirigen a la red 300 energética y/o al sistema 100 y la unidad 20 de producción de  $H_2-N_2$ , respectivamente, dependiendo de la situación de demanda de energía en la red 300 energética. Por tanto, la unidad 11 de distribución de energía está configurada para recibir la energía 1 proporcionada por la fuente 10 de energía renovable y para distribuir la energía 1 a la red 300 energética y/o a la unidad 20 de producción de  $H_2-N_2$ , en la que la distribución depende de una situación de demanda de energía en la red 300 energética.

Por ejemplo, en caso de demandarse una alta cantidad de energía en la red 300, la mayor parte o la totalidad de la energía 1 se dirigirá a la red 300 y sólo se proporcionará menos energía 1' a la unidad 20 de producción de  $H_2-N_2$ . En caso de que la situación de demanda sea de manera que sólo se demanda menos energía en la red 300, la mayor parte o la totalidad de la energía 1 proporcionada por la fuente 10 de energía renovable puede usarse para la generación de  $NH_3$ . Por tanto, se proporcionará una alta cantidad de energía 1' a la unidad 20 de producción de  $H_2-N_2$ .

Tal como se mencionó anteriormente, la cantidad 1' de la energía 1 generada por la fuente 10 de energía renovable se suministra al sistema 100 y a la unidad 20 de producción de  $H_2-N_2$  para lograr la producción de  $NH_3$ . La unidad 20 de producción de  $H_2-N_2$  comprende un electrolizador 21 de hidrógeno y una unidad 22 de separación de aire.

El electrolizador 21 de hidrógeno de la unidad 20 de producción de  $H_2-N_2$  se usa para generar hidrógeno 4 y oxígeno 6 mediante la electrolisis de agua 2. Al electrolizador 21 de hidrógeno se le suministra agua 2 a partir de una fuente arbitraria (no mostrada) y se hace funcionar usando energía 1' del molino 10 de viento. El oxígeno 6 es un subproducto del electrolizador 21 y puede ventilarse y liberarse al aire ambiental.

La unidad 22 de separación de aire (ASU) de la unidad 20 de producción de  $H_2-N_2$  se usa para la generación de nitrógeno 5. La energía 1' proporcionada por el molino 10 de viento se usa para hacer funcionar la ASU 22 que usa técnicas de separación de aire convencionales para separar nitrógeno 5 a partir de aire 3. Los componentes restantes del aire 3, es decir oxígeno y otros, pueden liberarse al aire ambiental.

Por tanto, el molino 10 de viento se usa para proporcionar la energía 1' tanto para la electrolisis de agua 2 para formar hidrógeno 4 con el electrolizador 21 de hidrógeno como para separar nitrógeno 5 a partir de aire 3 usando la ASU 22.

Después se dirigen tanto hidrógeno 4 como nitrógeno 5 a una unidad 30 de mezclado del sistema 100. La unidad 30 de mezclado comprende una unidad 31 de almacenamiento temporal, un mezclador 32 y un compresor 33. En primer lugar, hidrógeno 4 y nitrógeno 5 pasan por la unidad 31 de almacenamiento temporal antes de mezclarse en el mezclador 32. La mezcla 8 de gases hidrógeno-nitrógeno resultante (mezcla de gases de  $H_2-N_2$ ) se comprime posteriormente hasta cincuenta o más atmósferas en el compresor 33.

Ahora puede formarse amoníaco,  $NH_3$ , procesando la mezcla 8 de gases de  $H_2-N_2$  comprimida en presencia de un catalizador a una temperatura elevada. Esto se logra en una cámara 41 de reacción de  $NH_3$  de una fuente 40 de  $NH_3$  del sistema 100. La mezcla 8 de gases de  $H_2-N_2$  comprimida de la unidad 30 de mezclado y del compresor 33, respectivamente, se dirige a la cámara 41 de reacción de  $NH_3$ . La cámara 41 de reacción comprende uno o más lechos 42 de reacción de  $NH_3$  que se hace funcionar a una temperatura elevada de, por ejemplo, 350-450°C. La cámara 41 de reacción de  $NH_3$  produce una mezcla de  $NH_3$  y, adicionalmente, nitrógeno,  $N_2$ , e hidrógeno,  $H_2$ , a partir de la mezcla de gases de  $H_2-N_2$  del mezclador 30, es decir la cámara de reacción de  $NH_3$  libera una mezcla 9 de gases de  $NH_3-H_2-N_2$ .

Por ejemplo, un catalizador adecuado puede basarse en hierro fomentado con  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $SiO_2$  y  $Al_2O_3$  en vez del catalizador a base de hierro, rutenio. La mezcla 9 de  $NH_3-H_2-N_2$  se dirige a un separador 43 de la fuente 40 de  $NH_3$ , por ejemplo un condensador, en el que se separa  $NH_3$  a partir de la mezcla 9 de  $NH_3-H_2-N_2$ . Por tanto, el separador 43 produce  $NH_3$ , que se envía a un recipiente 44 de almacenamiento de  $NH_3$  de la fuente 40 de  $NH_3$ , y una mezcla 8' de gases de  $H_2-N_2$  restante.



Puede suponerse que existe una extensa base de conocimiento tanto sobre el almacenamiento como sobre el transporte de amoniaco. Lo mismo es aplicable para la manipulación y el transporte de hidrógeno, nitrógeno y mezclas de hidrógeno-nitrógeno. Por tanto, el recipiente 44 de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  así como la variedad de conductos que conectan todos los componentes del sistema 100 para dirigir  $\text{NH}_3$  y otros gases o mezclas de gases, no se describen en detalle.

Tal como se explicó anteriormente, el separador 43 genera  $\text{NH}_3$  a partir de la mezcla 9 de  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{-N}_2$  proporcionada por la cámara 41 de reacción de  $\text{NH}_3$  y queda una mezcla 8' de gases de  $\text{H}_2\text{-N}_2$ . En una realización de la invención, para la que se muestran dos variaciones en las figuras 2 y 3, esta mezcla 8' de gases de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  restante se recircula para usarse de nuevo para la generación de  $\text{NH}_3$  en la cámara 41 de reacción de  $\text{NH}_3$ .

Para esto, el sistema 100 de esta realización tal como se muestra en la figura 2 comprende una unidad 50 de reprocesamiento adicional con un recompresor 51 y un mezclador 52. Además, esta realización de la invención difiere de la realización básica de la invención anteriormente descrita en que la mezcla 8 de gases de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  comprimida a partir del compresor 33 no se hace pasar directamente a la cámara 41 de reacción de  $\text{NH}_3$ , sino que sólo alcanza la cámara 41 de reacción de  $\text{NH}_3$  a través del mezclador 52 de la unidad 50 de reprocesamiento. La mezcla 8' de gases de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  restante del separador 43 se hace pasar al recompresor 51 de la unidad 50 de reprocesamiento del sistema 100. Como el compresor 33, el recompresor 51 comprime la mezcla 8' de gases de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  restante hasta cincuenta o más atmósferas para compensar pérdidas de presión durante el procesamiento en la cámara 41 de reacción de  $\text{NH}_3$  y en el separador 43. Después se hace pasar la mezcla 8' de gases de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  restante recomprimida al mezclador 52 en el que se mezcla con la mezcla 8 de gases de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  nueva a partir del mezclador 30 y el compresor 33, respectivamente. El mezclador 52 genera una mezcla 8 de las mezclas 8, 8' de gases de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  que se dirige posteriormente a la cámara 41 de reacción de  $\text{NH}_3$ . A continuación, se procesa la mezcla de gases tal como se describió anteriormente en la fuente 40 de  $\text{NH}_3$  para producir  $\text{NH}_3$  y, de nuevo, una mezcla 8' de gases de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  restante.

La figura 3 muestra una variación de la realización mostrada en la figura 2. La mezcla 8' de gases de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  restante se alimenta directamente al interior del mezclador 32 de la unidad 30 de mezclado para mezclarse con el hidrógeno y nitrógeno entrantes a partir de la unidad 31 de almacenamiento temporal. No se usa una unidad 50 de reprocesamiento independiente.

A continuación se hace de nuevo referencia a la figura 1. Sin embargo, los detalles y características descritos a continuación también son aplicables para las realizaciones y variaciones mostradas en las figuras 2 y 3.

El recipiente 44 de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  está conectado por conexión de fluido con un generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$  de manera que puede establecerse una corriente de gas de  $\text{NH}_3$  para transportar  $\text{NH}_3$  desde el recipiente 44 de almacenamiento hasta el generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$ . Puede usarse amoniaco en varios ciclos de combustión diferentes, por ejemplo en el ciclo de Brayton o en el ciclo de diésel. Sin embargo, a un nivel de potencia de un molino de viento o un parque eólico, será apropiado usar una turbina de gas para la combustión de amoniaco para la generación de energía eléctrica, en la que el ciclo de Brayton será aplicable para una solución de turbina de gas. Por tanto, el generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$  puede ser una turbina de gas que está configurada para la combustión de amoniaco. Anteriormente se ha mostrado que turbinas de gas convencionales con tan sólo ligeras modificaciones del quemador serán adecuadas.

La turbina 200 de gas realiza la combustión del  $\text{NH}_3$  a partir del recipiente 44 de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  para la generación de energía 1''' en una cámara 201 de combustión del generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$  y la turbina de gas, respectivamente. Esta energía 1''' puede alimentarse entonces a la red 300 energética.

Sin embargo, el rendimiento y la eficiencia del generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$  y la turbina de gas, respectivamente, pueden optimizarse introduciendo hidrógeno,  $\text{H}_2$ , adicional en la corriente de gas de  $\text{NH}_3$  a partir del recipiente 44 de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  antes de la combustión en la cámara 201 de combustión. La presencia de hidrógeno,  $\text{H}_2$ , adicional en la mezcla de gases de  $\text{NH}_3\text{-H}_2$  resultante que va a quemarse en la cámara 201 de combustión da como resultado propiedades de combustión mejoradas, por ejemplo, un aumento de la eficiencia y mejora de la limpieza del procedimiento de quemado en la cámara 201 de combustión así como una reducción de gases de escape de NOX.

Por tanto, el sistema 100 comprende un sistema 80 de inyección de hidrógeno para proporcionar hidrógeno,  $\text{H}_2$ , que va a añadirse a la corriente de gas de  $\text{NH}_3$  a partir del recipiente 44 de almacenamiento de  $\text{NH}_3$ . El sistema 80 de inyección de hidrógeno puede recibir hidrógeno,  $\text{H}_2$ , a partir de una variedad de etapas del sistema 100. Por ejemplo, el hidrógeno,  $\text{H}_2$ , que va a inyectarse en la corriente de  $\text{NH}_3$  puede ser una parte del hidrógeno 4 producido en el electrolizador 21 de hidrógeno y/o puede ser una parte del hidrógeno disponible en la unidad 31 de almacenamiento temporal de la unidad 30 de mezclado. Otras etapas adecuadas para proporcionar hidrógeno,  $\text{H}_2$ , serán, por ejemplo, el mezclador 32, el compresor 33, la cámara 41 de reacción de  $\text{NH}_3$  y/o el separador 43. Sin embargo, las etapas más adecuadas serán el electrolizador 21 de hidrógeno y la unidad 31 de almacenamiento temporal porque en esas etapas el hidrógeno,  $\text{H}_2$ , no tendrá que separarse de otro gas tal como nitrógeno,  $\text{N}_2$ , dado que en esas etapas el hidrógeno no es un componente de una mezcla de gases. En cualquier caso, sólo una parte <<100% de la

cantidad total de hidrógeno en la etapa respectiva estará disponible para el sistema 80 de inyección de hidrógeno. Por ejemplo, la parte puede ser del 10% de la cantidad total de hidrógeno disponible en esa etapa.

5 El sistema 80 de inyección de hidrógeno comprende un mezclador 84 que está dispuesto entre el recipiente 4 de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  y el generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$  de manera que en primer lugar se dirige  $\text{NH}_3$  a partir del recipiente 44 de almacenamiento al interior del mezclador 84 antes de alcanzar el generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$ . En el mezclador 84, se mezcla el  $\text{NH}_3$  con el hidrógeno,  $\text{H}_2$ , procedente del sistema 80 de inyección de hidrógeno.

10 El sistema 80 de inyección de hidrógeno comprende además en cada etapa 21, 31 una unidad 85, 86 de extracción de hidrógeno que permite la regulación de la parte de hidrógeno que va a extraerse en esa etapa. Las unidades 85, 86 de extracción se controlan mediante un sistema 82 de control de hidrógeno y pueden comprender válvulas y/o bombas que se controlan para establecer un flujo de hidrógeno,  $\text{H}_2$ , particular en el sistema 80 de inyección de hidrógeno.

15 El hidrógeno,  $\text{H}_2$ , extraído se dirige a, y se almacena en, un almacenamiento 81 de hidrógeno. Sin embargo, el almacenamiento 81 es opcional y el hidrógeno,  $\text{H}_2$ , extraído puede dirigirse al mezclador 84 sin almacenarse entre medias.

20 El caudal de hidrógeno,  $\text{H}_2$ , a partir de la etapa 21, 31 al que se extrae la parte de  $\text{H}_2$  se gestiona mediante el sistema 82 de control de hidrógeno. El sistema 82 de control de hidrógeno controla las unidades 85, 86 de extracción de hidrógeno y/o una pluralidad de dispositivos 83 adicionales tales como bombas, válvulas y/u otros dispositivos adecuados para controlar el caudal en el sistema 80 de inyección de hidrógeno. Con esta configuración, se vuelve posible extraer cantidades particulares de hidrógeno a partir de las etapas 21, 31 seleccionadas controlando las unidades 85, 86 de extracción de hidrógeno. Además, puede establecerse un caudal de  $\text{H}_2$  particular al interior del mezclador 84 controlando la pluralidad de dispositivos 83. Ambos se logran mediante el sistema 82 de control de hidrógeno.

30 Para ello, el sistema 82 de control de hidrógeno recibe (no mostrado) como entrada un conjunto de datos que contiene información sobre condiciones de trabajo reales del generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$ . Estas condiciones de trabajo pueden incluir un estado de la combustión en una cámara 201 de combustión del generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$  y/o la cantidad de  $\text{NH}_3$  que alcanza el mezclador 84 a partir del recipiente 44 de almacenamiento de  $\text{NH}_3$ , es decir el caudal de  $\text{NH}_3$  hacia el mezclador 84. Además, también pueden incluirse en el conjunto de datos otros parámetros de combustión que permiten obtener conclusiones sobre las condiciones de trabajo en el generador de potencia de  $\text{NH}_3$ , por ejemplo una temperatura y/o una composición química real del gas en la cámara 201 de combustión y/o la composición química de gases de escape de combustión del generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$ . A partir de estos y posiblemente otros datos, el sistema 82 de control de hidrógeno determina y establece el caudal óptimo de hidrógeno,  $\text{H}_2$ , que va a proporcionarse al mezclador 84 controlando las unidades 85, 86 de extracción de  $\text{H}_2$  y/o la pluralidad de dispositivos 83. Por ejemplo, los datos pueden determinarse con sensores correspondientes (no mostrados) y pueden transferirse datos de sensor al sistema 82 de control de hidrógeno de manera inalámbrica.

45 El sistema 100 comprende además una unidad 60 de control principal que está configurada para controlar diversos componentes del sistema 100 (en la figura 1 no se muestran conexiones de la unidad 60 de control principal con otros componentes del sistema 100 para evitar confusiones). Especialmente, la unidad 60 de control principal controla el procedimiento de generar energía 1''' para la red 300 energética y la producción de  $\text{NH}_3$ .

50 En caso de que el suministro de energía desde el molino 10 de viento y la unidad 11 de gestión de energía, respectivamente, hacia el sistema 100 sea demasiado bajo, por ejemplo debido a altas demandas de energía en la red 300 energética, la unidad 60 de control principal reduce la producción de  $\text{NH}_3$  reduciendo el flujo másico de gas en el sistema 100 apagando los compresores 33, 51 y/o la unidad 20 de producción de  $\text{H}_2\text{-N}_2$  con el electrolizador 21 y la ASU 22. Por tanto, se dirige menos energía 1' desde el molino 10 de viento hacia el sistema 100 y hay más energía 1'' disponible para la red 300 energética. Además, la unidad 60 de control principal aumenta el flujo másico de  $\text{NH}_3$  desde el recipiente 44 de almacenamiento de  $\text{NH}_3$  hasta el generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$ . Por consiguiente, el generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$  aumenta la generación de energía 1''' requerida para la red 300 energética con el fin de garantizar un suministro de energía estable en la red 300 para lograr una carga equilibrada.

60 En caso de que el suministro de energía desde el molino 10 de viento y la unidad 11 de gestión de electricidad, respectivamente, hacia el sistema 100 sea demasiado alto, por ejemplo cuando el molino 10 de viento genera más energía de la requerida por la red 300 energética, la unidad 60 de control principal intensifica la producción de  $\text{NH}_3$  en el sistema 100 aumentando el flujo másico de gas en el sistema 100 proporcionando más potencia a los compresores 33, 51, al electrolizador 21 y/o a la ASU 22. Esto da como resultado una producción aumentada de  $\text{NH}_3$  que se almacena en el recipiente 44 de almacenamiento de  $\text{NH}_3$ . Sin embargo, no se aumenta la generación de energía 1''' a partir del generador 200 de potencia de  $\text{NH}_3$  para la red 300 energética, sino que puede reducirse.

65 Además, la unidad 60 de control principal controla la generación de potencia en el generador 200 de potencia de

- NH<sub>3</sub> basándose en el consumo y la demanda de energía en la red 300 eléctrica y basándose en el suministro de potencia disponible por cualquier fuente de energía disponible para la red 300. Por tanto, en caso de que el suministro de potencia disponible en la red 300 sea menor que la demanda, la unidad 60 de control principal encenderá el generador 200 de potencia de NH<sub>3</sub> para cubrir la demanda. En caso de que el suministro de potencia disponible en la red 300 sea superior a la demanda, la unidad 60 de control principal apagará el generador 200 de potencia de NH<sub>3</sub> y se intensificará la generación de NH<sub>3</sub> suministrando más energía a la unidad 20 de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> y aumentando el flujo másico en el sistema 100 de modo que puede volver a llenarse el recipiente 44 de almacenamiento de NH<sub>3</sub>.
- 5
- 10 Dicho de otro modo, la unidad 60 de control principal está configurada para reducir la generación de NH<sub>3</sub> para dirigirse al recipiente 44 de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y/o aumentar la generación de energía 1''' durante periodos de entrada 1 de energía renovable demasiado baja, por ejemplo durante periodos de poco viento y/o altas demandas de energía en la red 300 energética. Además, la unidad 60 de control principal está configurada para aumentar la generación de NH<sub>3</sub> que va a dirigirse al recipiente 44 de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y/o reducir la generación de energía 1''' durante periodos de entrada 1 de energía renovable demasiado alta, por ejemplo durante periodos de vientos fuertes y/o bajas demandas de energía en la red 300.
- 15

- Por tanto, el control realizado por la unidad 60 de control principal puede depender de la demanda de potencia real en la red 300 energética, la energía 1 generada por la fuente 10 de energía renovable, y/o la cantidad real de energía 1' a partir de la fuente 10 de energía renovable disponible para el sistema 100. De manera correspondiente, la unidad 60 de control principal tiene que conectarse a la red 300 energética para recibir información sobre la demanda y cobertura de energía actuales en la red 300. Además, la unidad 60 de control principal estará conectada directamente a la unidad 11 de distribución de energía y/o al molino 10 de viento para recibir información sobre la energía 1, 1', 1'' proporcionada por el molino 10 de viento y disponible para su uso en el sistema 100 y en la red 300.
- 20
- 25 La unidad 60 de control principal tendrá que conectarse a la unidad 20 de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> para controlar la cantidad de hidrógeno y nitrógeno producidos y a los diversos mezcladores y compresores, si es aplicable, para regular el flujo másico en el sistema. Con esto, la unidad 60 de control principal puede regular la producción de NH<sub>3</sub> que va a dirigirse al recipiente 44 de almacenamiento de NH<sub>3</sub>. Además de esto, la unidad 60 de control principal está conectada al recipiente 44 de almacenamiento de NH<sub>3</sub> para regular el suministro de NH<sub>3</sub> al generador 200 de potencia de NH<sub>3</sub> y al propio generador 200 de potencia de NH<sub>3</sub> para regular la generación de energía mediante combustión de NH<sub>3</sub>. Finalmente, la unidad 60 de control principal puede conectarse al sistema 82 de control de hidrógeno de manera que el caudal de hidrógeno, H<sub>2</sub>, de la etapas 21, 31 al interior del sistema 80 de inyección de hidrógeno y/o el caudal de hidrógeno desde el sistema 80 de inyección de hidrógeno hasta el mezclador 84 también pueden verse influidos de manera central por la unidad 60 de control principal.
- 30
- 35

## REIVINDICACIONES

1. Sistema (100) para proporcionar energía (1", 1''') para una red (300) energética basándose en energía (1) proporcionada por una fuente (10) de energía renovable, que comprende
- 5
- una unidad (20) de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> para producir hidrógeno (4) y nitrógeno (5), en el que la unidad (20) de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> se hace funcionar usando energía (1') proporcionada por la fuente (10) de energía renovable,
  - 10 - una unidad (30) de mezclado configurada para recibir y mezclar el hidrógeno (4) y el nitrógeno (5) producidos por la unidad (20) de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> para formar una mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno,
  - una fuente (40) de NH<sub>3</sub> para recibir y procesar la mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno para generar una mezcla (9) de gases que contiene NH<sub>3</sub>, en el que la fuente (40) de NH<sub>3</sub> comprende un recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> para almacenar al menos una parte del NH<sub>3</sub> de la mezcla (9) de gases que contiene NH<sub>3</sub>,
  - 15 - un generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub> para generar energía (1''') para la red (300) energética, en el que el generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub> está conectado por conexión de fluido al recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> para recibir una corriente de gas que contiene NH<sub>3</sub> a partir del recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y en el que el generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub> comprende una cámara (201) de combustión para someter a combustión el NH<sub>3</sub> recibido de la corriente de gas para generar la energía (1''') para la red (300) energética,
  - 20 en el que el sistema (100) comprende además
  - un sistema (80) de inyección de hidrógeno para extraer una parte de hidrógeno (H<sub>2</sub>) de una etapa (21, 31) del sistema (100) y para añadir hidrógeno (H<sub>2</sub>) extraído a la corriente de gas que va a proporcionarse al generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub>,
  - 30 comprendiendo el sistema (80) de inyección de hidrógeno un sistema (82) de control de hidrógeno para controlar un caudal de hidrógeno (H<sub>2</sub>) del sistema (80) de inyección de hidrógeno a la corriente de gas que va a proporcionarse al generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub>, en el que el control por el sistema (82) de control de hidrógeno se basa en un conjunto de datos de entrada que contiene información sobre condiciones de trabajo reales en el generador (201) de potencia de NH<sub>3</sub> y en el que las condiciones de trabajo incluyen al menos una de
  - 35 - un estado de combustión en la cámara (201) de combustión,
  - un caudal de NH<sub>3</sub> a partir del recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub>,
  - 40 - una temperatura en la cámara (201) de combustión,
  - una composición química real de una mezcla de gases en la cámara (201) de combustión, y/o
  - 45 - una composición química real de gases de escape de combustión del generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub>,
  - 50 caracterizado porque el sistema (82) de control de hidrógeno es además para controlar un caudal de hidrógeno (H<sub>2</sub>) a partir de la etapa (21, 31) en la que se extrae la parte de H<sub>2</sub> al interior del sistema (80) de inyección de hidrógeno,
  - y porque
  - 55 el sistema (80) de inyección de hidrógeno comprende una unidad (85, 86) de extracción de hidrógeno asignada a la etapa (21, 31) del sistema (100) a partir de la cual se extrae la parte de hidrógeno (H<sub>2</sub>), en el que la unidad (85, 86) de extracción de hidrógeno permite una regulación de la parte de hidrógeno (H<sub>2</sub>) que va a extraerse en la etapa (21, 31).
- 60 2. Sistema (100) según la reivindicación 1, que comprende un mezclador (84) de NH<sub>3</sub>-hidrógeno, que está conectado por conexión de fluido al recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub>, al generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub>, y al sistema (80) de inyección de hidrógeno y que está configurado y dispuesto para recibir y mezclar NH<sub>3</sub> a partir del recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> e hidrógeno (H<sub>2</sub>) a partir del sistema (80) de inyección de hidrógeno para formar una mezcla de NH<sub>3</sub>-hidrógeno que va a proporcionarse al generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub>.
- 65

3. Sistema (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el sistema (80) de inyección de hidrógeno comprende una pluralidad de dispositivos (83) para regular un flujo de hidrógeno ( $H_2$ ) en el sistema (80) de inyección de hidrógeno y a la corriente de gas que va a proporcionarse al generador (200) de potencia de  $NH_3$ .
- 5
4. Sistema (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la unidad (20) de producción de  $H_2-N_2$  comprende
- 10
- un electrolizador (21) de hidrógeno para producir el hidrógeno (4), en el que el electrolizador (21) de hidrógeno está configurado para recibir agua (2) y energía (1') producida por la fuente (10) de energía renovable y producir el hidrógeno (4) mediante electrólisis, y
  - una unidad (22) de separación de aire para producir el nitrógeno (5), en el que la unidad (22) de separación de aire está configurada para recibir aire (3) y energía (1') producida por la fuente (10) de energía renovable y producir el nitrógeno (5) separando el aire (3) recibido.
- 15
5. Sistema (100) según la reivindicación 4, en el que la etapa (21) en la que se extrae la parte de hidrógeno es el electrolizador (21) de hidrógeno.
- 20
6. Sistema (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la unidad (30) de mezclado está conectada por conexión de fluido a la unidad (20) de producción de  $H_2-N_2$  para recibir el hidrógeno (4) y nitrógeno (5) producidos en la misma, en el que la unidad (30) de mezclado comprende un sistema (31) de almacenamiento temporal para recibir y almacenar temporalmente el hidrógeno (4) y el nitrógeno (5) a partir de la unidad (20) de producción de  $H_2-N_2$ .
- 25
7. Sistema (100) según la reivindicación 6, en el que la etapa (21) en la que se extrae la parte de hidrógeno es el sistema (31) de almacenamiento temporal.
- 30
8. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la unidad (30) de mezclado comprende
- 35
- un mezclador (32) conectado por conexión de fluido a la unidad (20) de producción de  $H_2-N_2$  para recibir el hidrógeno (4) y el nitrógeno (5) y para mezclar el hidrógeno (4) y el nitrógeno (5) recibidos para formar una mezcla de hidrógeno-nitrógeno y
  - un compresor (33) para comprimir la mezcla de hidrógeno-nitrógeno a partir del mezclador (32) para formar una mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno comprimida que va a dirigirse a la fuente (40) de  $NH_3$ .
- 40
9. Sistema (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la fuente (40) de  $NH_3$  comprende
- 45
- una cámara (41) de reacción de  $NH_3$  configurada para recibir la mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno a partir de la unidad (30) de mezclado y procesar la mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno recibida para formar la mezcla (9) de gases que contiene  $NH_3$  y
  - un separador (43) para recibir la mezcla (9) de gases que contiene  $NH_3$  a partir de la cámara (41) de reacción de  $NH_3$ ,
- 50
- en el que
- el separador (43) está configurado para separar  $NH_3$  a partir de la mezcla (9) de gases que contiene  $NH_3$  de manera que se producen  $NH_3$  y una mezcla (8') de hidrógeno-nitrógeno restante y
  - el separador (43) está conectado por conexión de fluido al recipiente (44) de almacenamiento de  $NH_3$  para dirigir el  $NH_3$  producido al recipiente (44) de almacenamiento de  $NH_3$ .
- 55
10. Sistema (100) según la reivindicación 9, que comprende además una unidad (50) de reprocesamiento para reprocesar la mezcla (8') de hidrógeno-nitrógeno restante con un recompresor (51) y un segundo mezclador (52), en el que
- 60
- el recompresor (51) está conectado por conexión de fluido al separador (43) para recibir y comprimir la mezcla (8') de hidrógeno-nitrógeno restante a partir del separador (43),
  - el segundo mezclador (52) está conectado por conexión de fluido al recompresor (51) para recibir la mezcla (8') de hidrógeno-nitrógeno restante comprimida a partir del recompresor (51),
- 65

- el segundo mezclador (52) está conectado por conexión de fluido a la unidad (30) de mezclado para recibir la mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno a partir de la unidad (30) de mezclado,

y en el que

- el segundo mezclador (52) está configurado para mezclar la mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno a partir de la unidad (30) de mezclado y la mezcla (8') de hidrógeno-nitrógeno restante comprimida a partir del recompresor (51) para formar la mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno que va a proporcionarse a la fuente (40) de NH<sub>3</sub>.

11. Sistema (100) según la reivindicación 9, en el que el separador (43) está conectado por conexión de fluido a la unidad (30) de mezclado para dirigir la mezcla (8') de hidrógeno-nitrógeno restante desde el separador (43) hasta la unidad (30) de mezclado, de manera que la mezcla (8') de hidrógeno-nitrógeno restante se mezcla en la unidad (30) de mezclado con el hidrógeno (4) y el nitrógeno (5) a partir de la unidad (20) de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> para formar la mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno que va a recibirse en la fuente (40) de NH<sub>3</sub>.

12. Sistema (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende una unidad (60) de control principal para controlar la generación del NH<sub>3</sub> que va a almacenarse en el recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y/o la generación de energía (1''') con el generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub>.

13. Sistema (100) según la reivindicación 12, en el que la unidad (60) de control principal está configurada y dispuesta de manera que el control de la generación del NH<sub>3</sub> que va a almacenarse en el recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y/o de la generación de energía (1''') con el generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub> depende de una demanda de potencia real en la red (300) energética y/o de una cantidad de energía (1) generada actualmente por la fuente (10) de energía renovable.

14. Sistema (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, en el que la unidad (60) de control principal está configurada

- para reducir la generación del NH<sub>3</sub> que va a almacenarse en el recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y/o aumentar la generación de energía (1''') durante periodos de baja entrada de energía renovable a partir de la fuente (10) de energía renovable,

- para aumentar la generación del NH<sub>3</sub> que va a almacenarse en el recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y/o reducir la generación de energía (1''') durante periodos de alta entrada de energía renovable a partir de la fuente (10) de energía renovable.

15. Sistema (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, que comprende además una unidad (11) de distribución de energía que está configurada para recibir la energía (1) proporcionada por la fuente (10) de energía renovable y para distribuir la energía (1) a la red (300) energética y/o a la unidad (20) de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>, en el que la distribución depende de una situación de demanda de energía en la red (300) energética.

16. Método para proporcionar energía (1'', 1''') para una red (300) energética basándose en energía (1) proporcionada por una fuente (10) de energía renovable, en el que

- se usa al menos una parte (1') de la energía (1) a partir de la fuente (10) de energía renovable para producir hidrógeno (4) y nitrógeno (5) en una unidad (20) de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>,

- se mezclan el hidrógeno (4) y el nitrógeno (5) producidos en una unidad (30) de mezclado para formar una mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno,

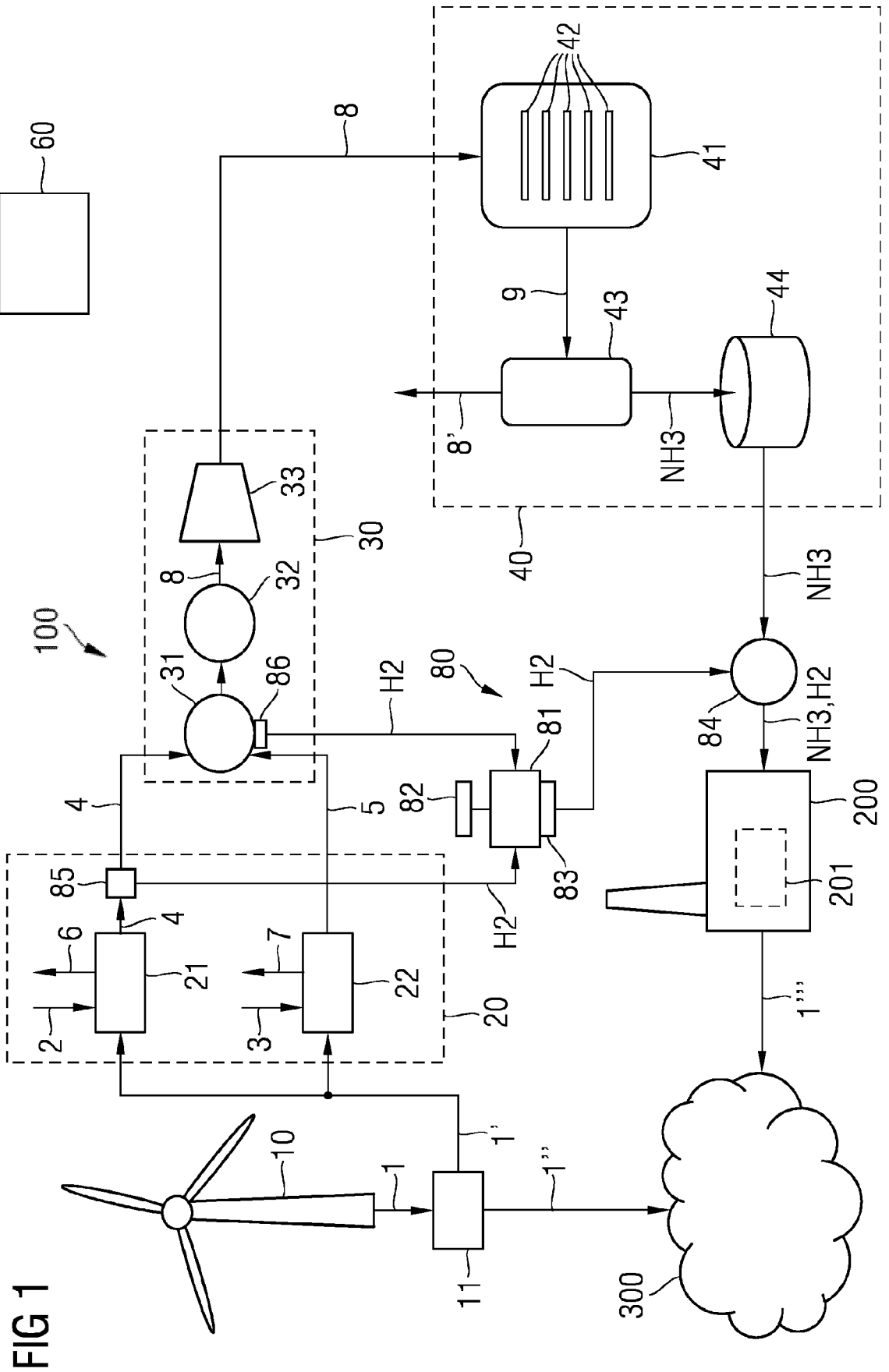
- se procesa la mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno en una fuente (40) de NH<sub>3</sub> para generar una mezcla (9) de gases que contiene NH<sub>3</sub> y se almacena NH<sub>3</sub> de la mezcla (9) de gases que contiene NH<sub>3</sub> en un recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub>,

- se extrae una parte de hidrógeno (H<sub>2</sub>) a partir de una etapa (21, 31) del sistema (100) al interior de un sistema (80) de inyección de hidrógeno,

- se proporciona NH<sub>3</sub> a partir del recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y se mezcla con hidrógeno (H<sub>2</sub>) a partir del sistema de inyección de hidrógeno para formar una mezcla de NH<sub>3</sub>-hidrógeno,

- se proporciona la mezcla de NH<sub>3</sub>-hidrógeno a una cámara (201) de combustión de un generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub> y se somete la mezcla de NH<sub>3</sub>-hidrógeno proporcionada a combustión en la cámara (201) de combustión para generar la energía (1''') para la red (300) energética,

- 5 en el que un sistema (82) de control de hidrógeno controla un caudal de hidrógeno (H<sub>2</sub>) del sistema (80) de inyección de hidrógeno que va a mezclarse con el NH<sub>3</sub> proporcionado a partir del recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub>, en el que el control por el sistema (82) de control de hidrógeno se basa en un conjunto de datos de entrada que contiene información sobre condiciones de trabajo reales en el generador (201) de potencia de NH<sub>3</sub> y en el que las condiciones de trabajo incluyen al menos una de
- un estado de combustión en la cámara (201) de combustión,
  - 10 - un caudal de NH<sub>3</sub> a partir del recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub>,
  - una temperatura en la cámara (201) de combustión,
  - 15 - una composición química real de una mezcla de gases en la cámara (201) de combustión, y/o
  - una composición química real de gases de escape de combustión del generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub>,
  - 20 caracterizado porque
- el sistema (82) de control de hidrógeno controla además un caudal de hidrógeno (H<sub>2</sub>) a partir de la etapa (21, 31) en la que se extrae la parte de H<sub>2</sub> al interior del sistema (80) de inyección de hidrógeno, y porque
- 25 la parte de hidrógeno (H<sub>2</sub>) que va a extraerse en la etapa (21, 31) del sistema (100) de la que se extrae la parte de hidrógeno (H<sub>2</sub>), se regula mediante una unidad (85, 86) de extracción de hidrógeno.
17. Método según la reivindicación 16 en el que la mezcla (9) de gases que contiene NH<sub>3</sub> se dirige a un separador (43) que separa NH<sub>3</sub> a partir de la mezcla (9) de gases que contiene NH<sub>3</sub> de manera que se producen el NH<sub>3</sub> que va a almacenarse en el recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y una mezcla (8') de hidrógeno-nitrógeno restante.
  - 30 18. Método según la reivindicación 17, en el que la mezcla (8') de hidrógeno-nitrógeno restante se recomprime y la mezcla (8') de hidrógeno-nitrógeno restante recomprimida se mezcla con la mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno a partir de la unidad (30) de mezclado para formar la mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno que se recibe en la fuente (40) de NH<sub>3</sub>.
  - 35 19. Método según la reivindicación 18, en el que la mezcla (8') de hidrógeno-nitrógeno restante se mezcla en la unidad (30) de mezclado con el hidrógeno (4) y el nitrógeno (5) a partir de la unidad (20) de producción de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> para formar la mezcla (8) de hidrógeno-nitrógeno que va a recibirse en la fuente (40) de NH<sub>3</sub>.
  - 40 20. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19 en el que una unidad (60) de control principal del sistema (100) controla la generación del NH<sub>3</sub> que va a almacenarse en el recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y/o la generación de energía (1''') con el generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub>.
  - 45 21. Método según la reivindicación 20, en el que la unidad (60) de control principal controla la generación del NH<sub>3</sub> que va a almacenarse en el recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y/o la generación de energía (1''') con el generador (200) de potencia de NH<sub>3</sub> dependiendo al menos de una demanda de potencia real en la red (300) energética y/o de una cantidad de energía (1) generada actualmente por la fuente (10) de energía renovable.
  - 50 22. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 21, en el que la unidad (60) de control principal
    - reduce la generación del NH<sub>3</sub> que va a almacenarse en el recipiente (44) de almacenamiento de NH<sub>3</sub> y/o aumenta la generación de energía (1''') durante periodos de baja entrada de energía renovable a partir de la
    - 55 fuente (10) de energía renovable,
    - aumenta la generación del NH<sub>3</sub> que va a almacenarse en el recipiente (44) de almacenamiento NH<sub>3</sub> y/o reduce la generación de energía (1''') durante periodos de alta entrada de energía renovable a partir de la
    - 60 fuente (10) de energía renovable.





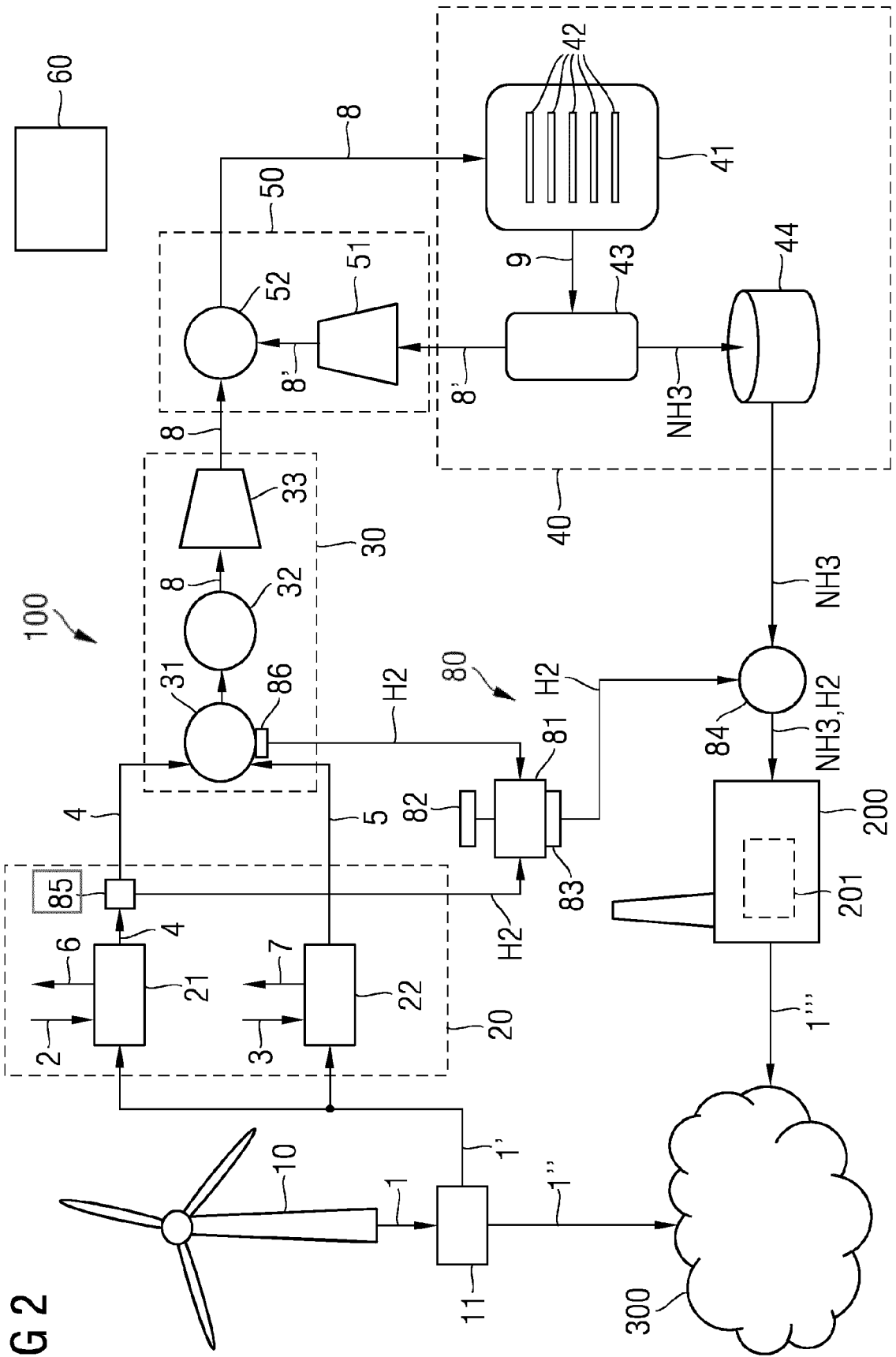


FIG 2

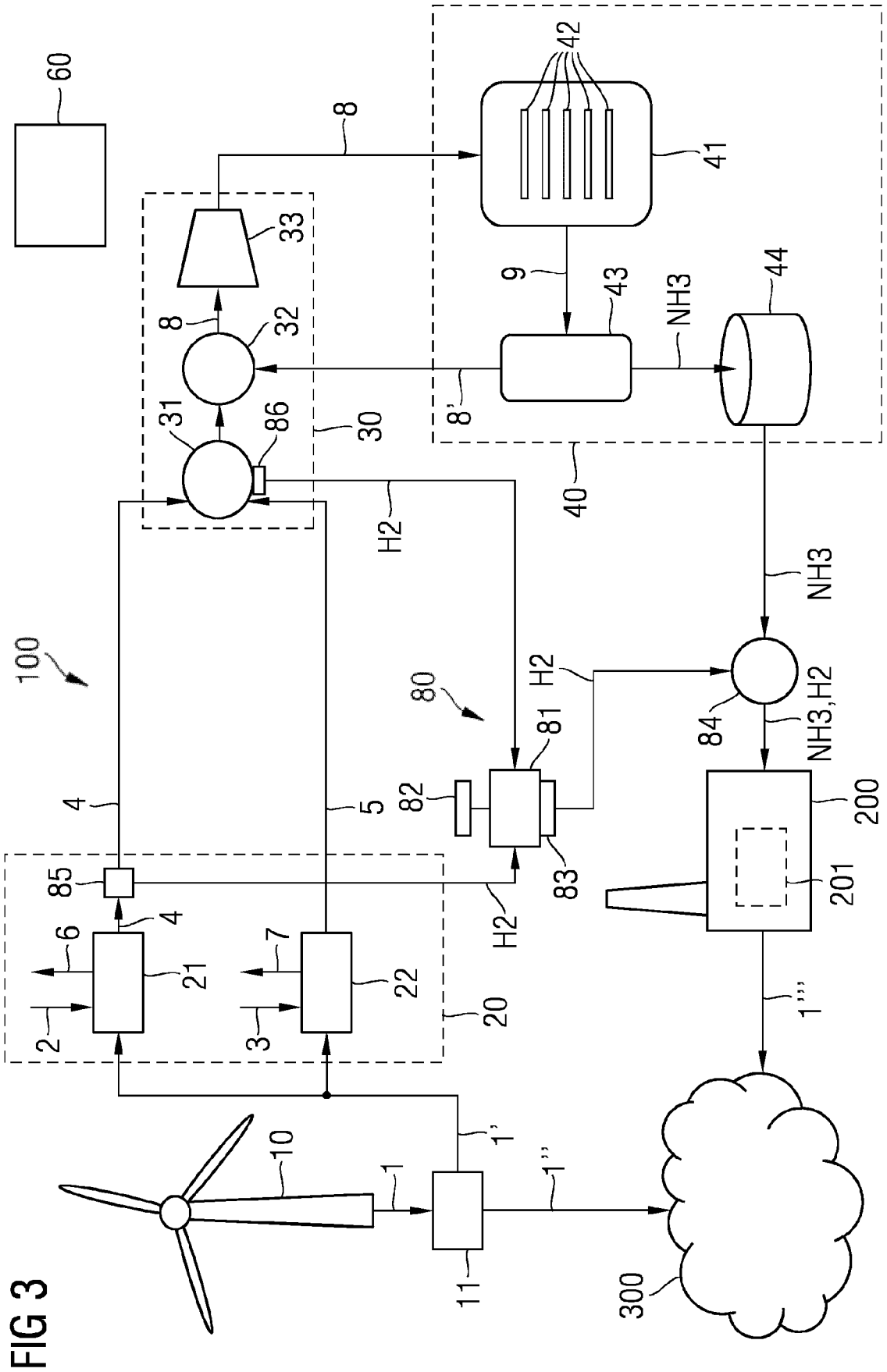


FIG 3