

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 094**

51 Int. Cl.:

C10L 3/08 (2006.01)

C10L 3/00 (2006.01)

C07C 29/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.07.2014 PCT/EP2014/064627**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.01.2015 WO15010895**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2014 E 14747853 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017 EP 3019582**

54 Título: **Central eléctrica que puede operar flexiblemente y proceso para su operación**

30 Prioridad:

09.07.2013 DE 102013107259
12.03.2014 DE 102014103311
09.04.2014 DE 102014105067

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.12.2017

73 Titular/es:

**mitsubishi hitachi power systems
EUROPE GMBH (100.0%)
Schifferstrasse 80
47059 Duisburg, DE**

72 Inventor/es:

**BERGINS, CHRISTIAN;
BUDDENBERG, TORSTEN y
KOYTSOUMPA, EFTHYMIA-IOANNA**

74 Agente/Representante:

LLAGOSTERA SOTO, María Del Carmen

ES 2 646 094 T3

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

DESCRIPCIÓN

Central eléctrica que puede operar flexiblemente y proceso para su operación.

5 La invención se refiere a una central eléctrica que comprende un generador de vapor bruto equipado con quemadores que queman carbono y/o una turbina de gas con circuito agua/vapor asociado, y que comprende al menos un juego de turbinas impulsadas por vapor con al menos un generador acoplado, donde en el generador de vapor bruto
10 equipado con los quemadores que queman carbono se genera una corriente de gas de humos que contiene CO₂, y que comprende al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂, y está acoplado con la al menos una parte de generación de energía que comprende un generador a una red eléctrica pública, que proporciona potencia de regulación donde el suministro de potencia eléctrica de la parte de generación de corriente a la red eléctrica está sometido a una regulación de potencia controlada por la red de corriente, particularmente una regulación primaria y/o regulación secundaria y/o regulación terciaria y/o regulación cuaternaria. La invención se refiere
15 también a un proceso para el funcionamiento flexible de una central eléctrica de este tipo.

20 Las centrales eléctricas están perdiendo hoy día tiempos valiosos hoy en día por la introducción progresiva y preferencial de energías renovables para la producción e introducción de corriente en las redes de potencia, dado que las mismas tienen que reducir su utilización por la mayor introducción de las energías renovables. Como resultado, la rentabilidad de las centrales eléctricas se resiente, dado que se puede vender menos corriente que la que podría ser producida técnicamente. Al mismo tiempo, las centrales eléctricas tienen que mantenerse en funcionamiento, a fin de proporcionar prestaciones de red, sin que la potencia mínima alimentada se utilice o se pague adecuadamente, dado que, en caso de exceso de corriente en la red, las tarifas eléctricas en el mercado son más bajas que los costes marginales de producción. Además de la regulación limitante por las energías renovables, se ha establecido ya hoy
25 en día la Gestión de la Demanda en las plantas industriales y la regulación limitante de las centrales solares y parques eólicos grandes para la estabilización de la red.

Debido a la creciente proporción de energías renovables en el suministro de electricidad, surgen a menudo situaciones en las cuales las centrales térmicas existentes tienen que operar a una carga más baja, dado que las energías renovables tienen la prioridad. Con ello se reducen las ventas de electricidad de las centrales térmicas consideradas a lo largo del año. Adicionalmente, por la sobreproducción parcial de corriente se ha producido una caída de los precios de la energía eléctrica en el mercado, lo cual ha reducido los ingresos de las centrales eléctricas convencionales hasta resultados no rentables.

30 La sobreproducción se intensifica además por el hecho de que las centrales térmicas son necesarias continuamente en la red a pesar de ello, por ejemplo para la regulación primaria, pero están limitadas en su rendimiento o regulación de la carga con respecto a la producción de electricidad por la denominada carga mínima. Ésta oscila en las grandes centrales eléctricas de lignito, por ejemplo, entre 30 y 50%, y en las centrales de hulla entre 15 y 30% de la potencia nominal. Así, las centrales eléctricas proporcionan de hecho servicios para la estabilización de la red, pero pierden
40 dinero por el aporte de la electricidad debido a los bajos precios del mercado.

Para remediar esta situación, se conocen las denominadas aplicaciones de Potencia para Calor, en las cuales se utiliza el exceso de corriente en generadores eléctricos de agua caliente o vapor. Esto puede hacerse directamente en la planta de calefacción de zonas residenciales o en grandes acumuladores de calor de centrales eléctricas para el abastecimiento posterior de calor a distancia. Esta aplicación tiene la ventaja de una inversión muy baja. Un inconveniente es que, debido a las pérdidas de calor, sólo es posible un corto tiempo de almacenamiento en el transcurso de unos días como máximo. Adicionalmente, por este proceso, a partir de la forma de energía corriente (exergía pura) se produce calor a un nivel de exergía bajo.

50 Para la flexibilización y reducción de la carga mínima en la central eléctrica, sería posible también almacenar la energía calorífica generada en el circuito de vapor de la central. Esto podría realizarse en forma de vapor en los denominados acumuladores Ruths en el circuito de vapor de la central. Sin embargo, en este caso las cantidades de energía almacenables y los tiempos de almacenamiento son muy pequeños, estando comprendidos particularmente en el transcurso de menos de 60 min.

55 Alternativamente, es también posible el almacenamiento de calor en forma de agua caliente en la sección de precalentamiento del circuito de vapor de las centrales. Sin embargo, en este caso las cantidades de energía que se pueden almacenar son también pequeñas. Otra posible alternativa es la acumulación de calor a temperatura más alta en forma de sales líquidas muy calientes (modificación de temperatura) o como energía de cambio de fase de sales u otros materiales sólidos. Sin embargo, en este caso los sistemas no están probados y son difíciles de implementar.

60 Se conoce en la práctica la producción de gas de síntesis con producción subsiguiente de hidrógeno y/o metanol y/o productos químicos derivados en las denominadas plantas de gasificación de combustibles que, con una realización adecuada, pueden acoplarse también a la generación de corriente con centrales de turbinas de gas. Estas plantas,

denominadas de Ciclo Combinado de Gasificación Integrado (IGCC) son sin embargo muy complejas e intensivas en costes y no son flexibles. En particular, las mismas son lentas en caso de cambio de los modos de operación entre una producción de corriente y una producción de productos químicos (por ejemplo, metanol) y en el caso de cambio de los combustibles utilizados, dado que además del gasificador del combustible representan también componentes necesariamente presentes tales como una purificación del gas/tratamiento del gas o un proceso y plantas de separación de CO₂ lentos. Adicionalmente, la disponibilidad de las plantas se reduce por la operación dinámica de este tipo de plantas, si no es que la disponibilidad requerida las características tecnológicas de los procesos individuales hacen incluso imposible la operación altamente dinámica. Adicionalmente, en estos procesos basados en el carbono procedente del combustible se obtienen productos químicos derivados fabricados por vía química directa, lo cual conduce en la mayoría de los casos a rendimientos más altos de transformación del carbono y por tanto también a niveles de transformación energética más altos. Así, por ejemplo hasta más del 50% del carbono del combustible puede transformarse en el producto metano. Sin embargo, al mismo tiempo los costes de inversión por kW_{el} de potencia instalada son entre 50 y 100% superiores a los de una central térmica convencional. Aparte de esto, sólo existen en el mundo muy pocas plantas IGCC. Por estas razones, la gasificación de combustibles se aplica hasta ahora en todo el mundo sólo en aquellos casos en que se obtienen productos químicos de alto valor, tales como carburantes o fertilizantes a partir de combustibles sólidos carbonosos, en la mayoría de los casos carbones, en plantas que operan casi en el modo de carga base.

Adicionalmente, es sabido que el CO₂ es un gas de efecto invernadero, que está considerado como una de las causas del calentamiento climático de la Tierra. Por tanto, se están realizando numerosos esfuerzos mundiales, políticos y tecnológicos, para reducir las emisiones de CO₂. Uno de estos conceptos trata del almacenamiento de CO₂ por la conversión del CO₂ en gas metanol y se describe, por ejemplo, en el artículo "Nuevas tecnologías para la separación, fijación y conversión del dióxido de carbono a fin de mitigar el calentamiento global" (Hitachi, vol. 42 (1993), No. 6, páginas 255-260). En este contexto, el CO₂ que se forma durante la combustión de combustibles fósiles se separa del gas de humos y se envía a una metanización, en la cual se forma gas natural artificial (metano). La metanización es una reacción química en la que el monóxido de carbono (CO) o dióxido de carbono (CO₂) se convierte en metano (CH₄). La reacción de dióxido de carbono para dar metanol se designa también como proceso de Sabatier y fue descubierta en 1902 por Paul Sabatier y J. B. Senderens. En esta reacción, el monóxido de carbono o dióxido de carbono reacciona a temperaturas de 300 a 700° C con hidrógeno para dar metanol y agua. La reacción es exotérmica, pero tiene que ser acelerada por un catalizador.

Adicionalmente, el documento DE 10 2006 034 712 A1 da a conocer una central eléctrica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

En relación con la producción de energías renovables por medio de energía eólica o energía solar se plantea también el problema de que con frecuencia se introduce en la red más electricidad que la demandada realmente. Esto lleva a una cantidad denominada "corriente sobrante", que tiene que ser consumida o almacenada con el fin de garantizar la estabilidad de la red. Además, con independencia del suministro de corriente generada a partir de una fuente de energía renovable a una red, se plantea el problema básico de poder utilizar opcionalmente la electricidad generada, con el fin de poder utilizar esta energía en cualquier momento.

En este contexto, ha demostrado ser ventajoso el concepto denominado "Potencia para Gas", por el cual la energía se transforma químicamente por metanización y se almacena como metanol (CH₄). En este caso, el hidrógeno necesario para la formación del metanol se produce particularmente por electrólisis, que obtiene la corriente requerida de una fuente de energía renovable tal como turbinas eólicas o pilas solares. Como fuente de CO₂ o CO se pueden utilizar corrientes tratadas de gas de humos procedentes de centrales eléctricas o plantas industriales en las cuales un combustible carbonoso o materias primas que contienen carbono pueden convertirse en una atmósfera que contiene CO₂ o CO.

El concepto "Potencia para Gas" representa un método apropiado para almacenamiento de energía y evitación a largo plazo de las emisiones directas de CO₂ a la atmósfera, dado que el producto metanol (CH₄) que se forma en la metanización puede almacenarse a largo plazo como gas natural producido artificialmente en instalaciones de infraestructuras existentes (gasoductos, almacenamientos de gas natural) a lo largo de meses. El hidrógeno se puede obtener por electrólisis. No obstante, el hidrógeno puede provenir también de otras fuentes alternativas. El CO₂ puede provenir de una separación a partir de una corriente de gas rico en CO₂, por ejemplo la corriente de gas de humos de una central eléctrica. Los componentes H₂ y CO₂ obtenidos de este modo se transforman en H₂O y CH₄ por síntesis en una planta de metanización o un metanador.

La invención tiene como objetivo aportar una solución, que proporciona un régimen de marcha o modo de funcionamiento flexible de una central eléctrica que quema un combustible que contiene carbono y que, en particular, hace posible una adaptación oportuna de la potencia de la central eléctrica a los requerimientos de potencia de la red.

Este objetivo se consigue de acuerdo con la invención mediante una central eléctrica con las características de la reivindicación 1 y un proceso para la operación de dicha central eléctrica de acuerdo con la reivindicación 16.

Realizaciones convenientes y perfeccionamientos adicionales ventajosos de la invención son el objetivo de las reivindicaciones subordinadas respectivas.

5 El objetivo anterior se consigue en una central eléctrica del tipo descrito anteriormente con mayor detalle, de tal manera que la central eléctrica comprende al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno y al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de CO₂ de la corriente de gas rico en CO₂ y del hidrógeno producido en la planta de electrólisis, y que el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos porciones de CO₂ de la corriente de gas rico en CO₂ y del hidrógeno producido en la planta de electrólisis están unidas y conectadas entre sí por conducciones transportadoras de corriente y conducciones transportadoras de medios de tal manera que la corriente generada por la central eléctrica durante el funcionamiento de la misma puede aprovecharse total o parcialmente de forma selectiva en dispositivos y plantas para la operación de uno, varios, o la totalidad de este grupo constituido por el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂, la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol.

20 En un proceso para la operación flexible de una central eléctrica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-15, el objetivo anterior se alcanza de tal manera que el al menos un dispositivo para producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos porciones de CO₂ de la corriente de gas rico en CO₂ y del hidrógeno producido en la planta de electrólisis están unidos e interconectados entre sí con conducciones transportadoras de corriente y transportadoras de medios, de tal manera que la corriente generada en la central eléctrica durante el funcionamiento de la misma se aprovecha total o parcialmente a elección para la operación de uno, varios o la totalidad de este grupo constituido por el dispositivo para producción de una corriente de gas rico en CO₂, la planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) y la planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol en los dispositivos y plantas.

30 En un primer aspecto, la invención se basa en la flexibilización de una central eléctrica que quema un combustible carbonoso por la integración de la producción de una corriente de gas rico en CO₂, particularmente una separación de CO₂, una electrólisis productora de hidrógeno, y una síntesis química para la producción de metanol y/o derivados de metanol, como por ejemplo dimetiléter (DME) o gasolina.

35 Por flexibilización, se entiende que además de los productos de la central eléctrica, corriente y prestaciones de red, como por ejemplo la regulación primaria y la regulación secundaria, se obtienen otros productos como v.g. metanol, DME, gasolina, u otras materias primas para la industria química o petroquímica o los servicios de transporte (regulares). A esto se suma también la Gestión de la Demanda de Productos (así como la posibilidad de reducción de carga de la red por disminución del requerimiento de corriente para procesos).

40 Adicionalmente, bajo flexibilización debe entenderse que, por la combinación de tales procesos puede disminuirse la alimentación mínima de una central eléctrica o el emplazamiento de una central y llevarse hasta valores negativos, sin tener que desconectar la central. Esto es particularmente ventajoso cuando la central eléctrica, a pesar del hecho de que existen suficientes productores de electricidad en la red, por ejemplo generadores de corrientes renovables, que en caso contrario tendrían que ser limitados ("restricción"), debe permanecer conectada a la red para regulación y estabilización de la misma.

50 La invención incluye centrales eléctricas cuyos quemadores que queman carbono o se hacen funcionar con materias primas biógenas, renovables, hulla, lignitos, materiales carbonosos residuales de la industria, combustibles carbonosos gaseosos como gas natural, biogás o mezclas de gases carbonosos tales como gases de cúpula de la industria química o de la producción de acero. La invención puede aplicarse en centrales de vapor en las cuales los combustibles se queman en un generador de vapor o también en plantas de turbinas de gas o motores de gas, en los cuales se queman combustibles carbonosos líquidos o gaseosos, o incluso en combinaciones de estas centrales eléctricas, v.g. centrales de turbinas de gas y turbinas de vapor, denominadas plantas GuD. La invención es aplicable también para los gases residuales de hornos de cemento, plantas de la industria papelera, y diversos procesos de combustión siempre y cuando en la planta/aparato correspondiente se incluya aguas abajo un generador de vapor y una turbina de vapor para uso de al menos una parte del calor perdido para la generación de corriente.

60 Ahora bien, si la carga mínima de la central eléctrica por el consumo propio de corriente de la central de la corriente generada de acuerdo con la invención, se reduce aún más en un proceso de "Potencia para Combustible" (PtF), o incluso si se compra de la red un exceso de corriente, puede obtenerse hidrógeno (H₂) con ayuda de la corriente en una electrólisis del agua (o alternativamente también por una electrólisis cloro-álcali) y separarse adicionalmente dióxido de carbono (CO₂) de los gases de humos, lo que reduce de nuevo la generación de electricidad. A partir de este CO₂ y H₂ se produce, de acuerdo con la invención, en una síntesis química por un proceso catalítico, v.g. metanol, que puede procesarse ulteriormente.

65

De este modo se tiene la posibilidad de lograr en la operación de la central una vida útil más larga de años de servicio de la misma y lograr también nuevamente una operación rentable por la ampliación de la paleta de productos (producción de metanol o derivados de metanol). Esto se hace posible sin tener que recurrir a los denominados "mecanismos de capacidad", que subvencionan una central no rentable durante el funcionamiento en espera, a saber mediante pago especial al operador de la central eléctrica de la operación de una planta de electricidad que en caso contrario no es rentable para proporcionar soporte para estabilidad de la red.

La invención se basa por tanto en la idea de almacenar el exceso de corriente producida en forma de metanol o derivados de metanol fuera de la red eléctrica y del ciclo de vapor en la energía química de los materiales, y utilizarlos posteriormente de manera adecuada en la central eléctrica o fuera de ella para otros fines.

La flexibilización de la central eléctrica se consigue así, por una parte, por flexibilización en productos. Esto significa que la central eléctrica no sólo está orientada con respecto a la generación del producto "corriente", sino también a la producción de los productos "metanol y/o derivados de metanol". En este caso, la central eléctrica está diseñada adicionalmente de tal manera que puede modificarse flexiblemente entre las cantidades producidas en cada caso de corriente y metanol o sus derivados. Esto puede lograrse fácilmente gracias a que las conexiones respectivas transportadoras de corriente y transportadoras de medios entre las plantas o dispositivos individuales están interconectadas y opcionalmente están establecidos almacenamientos o almacenamientos intermedios para el producto obtenido en la planta o dispositivo respectivo o para el educto a tratar. Por otra parte, la flexibilización se refiere a flexibilidad operativa, es decir una flexibilización del modo de funcionamiento posible de una central eléctrica según la invención. Gracias a que un componente de la central eléctrica o de la planta global de la central es una electrólisis productora de hidrógeno, está presente un consumidor de corriente, en caso contrario no habitual, que puede ser operado alternativamente para el suministro de la corriente generada en la central eléctrica a la red pública de corriente acoplada con corriente generada por la central. Las plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno tienen la ventaja de que reaccionan con relativa rapidez a una demanda de corriente y por ello con relación a su consumo de corriente (potencia) y su rendimiento de producción o transformación pueden aumentar o disminuir rápidamente su producción. También es posible emplear el excedente de corriente existente en la red pública de corriente acoplada en la o las plantas de electrólisis. Asimismo, las plantas y dispositivos de acuerdo con la invención están equipados con otros consumidores de corriente adicionales que pueden absorber rápidamente la corriente. De esta manera, se puede conseguir particularmente una modificación del consumo de corriente (potencia) y del rendimiento de producción o transformación de la o las plantas de electrólisis a corto plazo, preferiblemente en un transcurso de minutos, para la producción de hidrógeno y/o de la o las plantas de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol y/o del o de los dispositivos para producción de una corriente de gas rico en CO₂.

La invención se caracteriza, por tanto, en una realización de la central eléctrica por que la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) o varias plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) del lado de la central en lo que respecta a su capacidad de consumo de corriente (potencia) y su capacidad de producción de hidrógeno está(n) diseñadas y pueden ajustarse de tal manera que su consumo de corriente (potencia) y la producción de hidrógeno en respuesta a un requerimiento de regulación de potencia de la red a la central eléctrica, puede aumentar o disminuir a corto plazo, preferiblemente en cuestión de minutos. De manera análoga, el proceso de acuerdo con la invención se caracteriza en su realización por que el consumo (potencia) de corriente y la producción de hidrógeno de la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) o de las varias plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) de la central en respuesta a un requerimiento de regulación de potencia de la red se aumenta o se disminuye a corto plazo, preferiblemente en cuestión de minutos.

En este caso, es ventajoso que no sólo la planta de electrólisis, sino también el o los dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la planta de síntesis para producción de metanol y/o derivados de metanol soporten el régimen de marcha o de operación flexible de la central. Por tanto, un perfeccionamiento de la central eléctrica se caracteriza por que el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o varios dispositivos para producción de una corriente de gas rico en CO₂ y/o la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ o varias plantas de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ de la central en lo que respecta a su capacidad de consumo de corriente (potencia) y su capacidad de producción o transformación está/están diseñadas y pueden ajustarse de manera regulable, de tal modo que su consumo de corriente (potencia) y su rendimiento de producción o transformación en respuesta a un requerimiento de regulación de potencia de la red a la central pueden aumentar o disminuir a corto plazo, preferiblemente en cuestión de minutos.

Bajo un plazo corto, preferiblemente en cuestión de minutos, el aumento o disminución de una o varias plantas o dispositivos individuales de la central eléctrica se entiende anterior y posteriormente en el marco de esta solicitud que, como reacción a un requerimiento de regulación primaria de la red, se realiza un aumento o disminución dentro de 30 segundos y como reacción a un requerimiento de regulación secundaria se realiza un aumento o disminución en un plazo de 5 minutos, salvo que en casos individuales se indique otra cosa en la descripción que sigue.

Del mismo modo, en un perfeccionamiento del proceso de acuerdo con la invención, se prevé que el consumo de corriente (potencia) y la rendimiento de producción o transformación del al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o de varios dispositivos para producción de una corriente de gas rico en CO₂ y/o de la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ o de varias plantas de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ de la central en respuesta a un requerimiento de regulación de potencia de la red de la central aumenta o disminuye en corto plazo, preferiblemente en cuestión de minutos.

Dado que, en el caso de la central eléctrica de acuerdo con la invención, la corriente generada por el al menos un generador no sólo se alimenta a la red de corriente acoplada muy rápidamente y en corto plazo, sino que puede distribuirse también a las plantas y dispositivos existentes según la invención, una central eléctrica de acuerdo con la invención puede realizar una modificación rápida de carga. Por tanto, la invención se caracteriza adicionalmente por que la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ o de las varias plantas de síntesis para producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ de la central en lo que respecta a su capacidad de consumo de corriente (potencia) y sus potencias respectivas de producción o transformación están diseñados u unidos entre sí en cuanto a técnica de regulación de tal manera que las mismas, en respuesta a un requerimiento de regulación de potencia de la red a la central, en combinación con respecto a su consumo de corriente (potencia) y su rendimiento de producción o transformación en plazo breve, preferiblemente en cuestión de minutos, pueden aumentar o disminuir su producción de tal manera que la central eléctrica, en el caso de una demanda de regulación de potencia por medio de una variación de carga pueden adaptarse al requerimiento de potencia modificado con un gradiente de variación de carga en un intervalo de 3%/minuto-30%/minuto.

Con el fin de hacer posible una adaptación rápida y a corto plazo del consumo (potencia) de corriente de las plantas o partes de plantas o dispositivos individuales, es conveniente que estos estén diseñados para una carga nominal duradera o un valor de diseño global o valor de funcionamiento normal, pero se puede operar con una carga punta significativamente más alta en el corto plazo. Así, en una realización, la invención prevé también para la central eléctrica que la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ o las varias plantas de síntesis para producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico CO₂ con relación a su respectivo consumo de corriente (potencia) y/o su respectiva rendimiento de producción o transformación estén diseñados de tal manera que los mismos, particularmente en respuesta a un requerimiento de regulación de potencia de la red a la central, en un plazo corto, en el transcurso de minutos, preferiblemente en un periodo de hasta 30 minutos, pueden cargarse con un consumo de corriente (potencia) que alcanza 100-300%, preferiblemente siendo 150-200%, del valor normal de diseño o valor normal de operación de la planta o dispositivo respectivo.

Para lograr una flexibilización particularmente satisfactoria de la central eléctrica, es ventajoso que las plantas o dispositivos individuales puedan ajustarse unitaria e individualmente tanto en lo que respecta a su consumo de corriente o consumo de corriente (potencia) como en lo que concierne a su rendimiento de producción de productos o potencia de transformación en diferentes modos de operación de la central o lo hagan posible. La invención se caracteriza también por tanto, en un realización adicional de la central eléctrica, por que la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂, o las varias plantas de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ están configuradas individualmente con respecto a su consumo de corriente (potencia) de manera controlable y regulable y su potencia respectiva de producción o transformación. De manera análoga, en la realización del proceso de acuerdo con la invención, se prevé que la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂, o los varios dispositivos para producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂, o las varias plantas de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂, en lo que respecta a su respectivo consumo de corriente (potencia) y su potencia respectiva de producción o transformación estén controladas y reguladas individualmente.

Con el fin de poder operar flexiblemente una central eléctrica, en la que se genera un gas de humos que contiene CO₂, en el sentido de la presente invención, es conveniente y ventajoso que la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol, o las varias plantas de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol esté/estén diseñadas globalmente en lo que respecta a capacidad de tal manera que con ella(s) 10-50% en peso, particularmente 30-40% en peso, preferiblemente 35% peso del CO₂ que se forma para carga total de la central y que está contenido en la corriente de gas de humos que contiene CO₂, puede transformarse en metanol y/o un derivado de metanol, lo que prevé asimismo la invención.

Es además conveniente y ventajoso que la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol, o las varias plantas de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol en lo referente a su capacidad de consumo de corriente (potencia) y de la rendimiento de producción o transformación posible respectiva desde el punto de vista de su capacidad esté/estén diseñadas globalmente de tal manera que el valor máximo de la corriente eléctrica total que puede ser generada por la central para carga total y/o potencia máxima de la misma puede aprovecharse para la producción de metanol y/o derivados de metanol, por lo cual se caracteriza también la central eléctrico en su realización.

En el dispositivo para producción de una corriente de gas rico en CO₂ puede tratarse particularmente de plantas de separación de CO₂ que purifican o filtran u obtienen el CO₂ (dióxido de carbono) proveniente del gas de humos que se forma por la combustión de un combustible carbonoso. La central eléctrica se caracteriza también, por tanto, en una realización adicional, por que el al menos un dispositivo para producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para producción de una corriente de gas rico en CO₂ comprende/comprenden al menos una planta de separación de CO₂, particularmente una planta de Captura Post Combustión (PCC) y/o uno o más quemadores que operan por el proceso Oxyfuel o dispositivos quemadores del generador de vapor bruto con planta de separación de CO₂ asociada o está/están constituidos por ésto(s). En una operación Oxyfuel de los quemadores, el oxígeno necesario a este fin puede provenir en particular ventajosamente de una (de las) planta o plantas de electrólisis para la producción/generación de hidrógeno, en la cual/las cuales el agua se transforma en hidrógeno (H₂) con producción de oxígeno (O₂).

Adicionalmente, es ventajoso que las plantas que hacen posible y conciernen a la flexibilización de productos en lo que respecta a su consumo de corriente (potencia) y su rendimiento de producción o transformación esté/estén diseñadas globalmente de tal manera que la central eléctrica pueda operar en la red eléctrica con su carga mínima requerida técnicamente por el sistema sin aporte de corriente, es decir, que la corriente total que se produce fluye a las plantas y/o dispositivos respectivos que atienden a la flexibilización de productos. Así pues, la invención prevé adicionalmente una central eléctrica, en la cual la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂, o los varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂, o las varias plantas de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂, en lo que respecta a su consumo de corriente (potencia) y su rendimiento de producción o transformación están diseñados globalmente de tal manera que, durante su operación, la central eléctrica puede operar con arreglo a una operación a su carga mínima necesaria técnicamente, sin aporte de corriente a la red eléctrica.

Debería preverse también, sin embargo, que la central eléctrica pueda hacerse funcionar con exceso de corriente proveniente de la red eléctrica conectada. Por tanto, la central eléctrica de acuerdo con la invención se caracteriza también en una realización por que la central está configurada como un sumidero de corriente para la red eléctrica pública interconectada, donde la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂, o las varias plantas de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ en lo que respecta a su consumo de corriente (potencia) y su rendimiento de producción o transformación estén diseñadas y conectadas a la red de corriente globalmente de tal manera, que las mismas puedan operar con exceso de corriente adquirida de la red.

A fin de poder prestar contribución a la regulación de potencia de la red eléctrica pública, en una realización de la invención se prevé adicionalmente que la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para producción de una corriente de gas rico en CO₂, o los varios dispositivos para producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂, o las varias plantas de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ estén unidas e interconectadas a la red de electricidad pública como carga desconectable.

- 5 En una forma de realización del proceso correspondiente a la invención, está previsto análogamente que la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H_2) o las varias plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno (H_2) y el al menos un dispositivo para producción de una corriente de gas rico en CO_2 o los varios dispositivos para producción de una corriente de gas rico en CO_2 y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO_2 , o las varias plantas de síntesis para la producción de metanol o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO_2 operen como una carga desconectable unida e interconectada con la red pública de corriente correspondiente.
- 10 En cuanto la flexibilización de la central eléctrica propuesta de acuerdo con la invención, puede ser también conveniente y ventajoso vincular unas con otras las cantidades de calor que se produce en la central eléctrica en un modo de acoplamiento o desacoplamiento de calor. Una posibilidad de acuerdo con la invención consiste, en un desarrollo adicional de la invención, en que la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H_2) o las varias plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno (H_2) y el al menos un dispositivo para producción de una corriente de gas rico en CO_2 o los varios dispositivos para producción de una corriente de gas rico en CO_2 y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO_2 , o las varias plantas de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol se mantenga(n) en una conexión por conducción con un calor perdido que se produce por la operación de esta(s) planta(s) y/o dispositivo(s) en el intervalo de 30-400°C, preferiblemente en el intervalo de 30-150° C, a través de una conducción transportadora de calor perdido con un precalentamiento del agua de alimentación del circuito agua/vapor y/o un precalentamiento de una planta de separación de CO_2 , particularmente una planta de Captura Post Combustión (PCC), y/o un precalentamiento de al menos uno de los eductos empleados en la central eléctrica y/o de los productos obtenidos.
- 25 Desde el punto de vista de la técnica de plantas, es ventajoso también que el hidrógeno que puede generarse en la planta de electrólisis sea suficiente para convertir/transformar todo el dióxido de carbono (CO_2) que se produce o se separa en la operación de la central eléctrica en metanol y/o uno o varios derivados de metanol. Por ello, la invención prevé, en una realización adicional de la central, que la al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H_2) o las varias plantas de electrólisis para la producción de hidrógeno (H_2) en lo que respecta a su capacidad de producción y/o transformación esté/estén diseñadas de tal manera que con la cantidad de hidrógeno obtenible, la proporción total de CO_2 de la corriente de gas de humos que se forma por la combustión del combustible carbonoso en los quemadores del generador de vapor bruto y/o la totalidad del CO_2 separado en la al menos una planta de separación de CO_2 pueda transformarse en la o las plantas de síntesis para la producción de metanol y/o un derivado de metanol.
- 35 Finalmente, la invención se caracteriza también por que cada uno de los dispositivos o plantas del grupo del al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO_2 , que contiene al menos una planta de electrólisis para la producción de hidrógeno (H_2) y la al menos una planta de síntesis para la producción de metanol y/o derivados de metanol está asociado a al menos un acumulador de eductos y/o productos, en particular de la planta de electrólisis, un acumulador de hidrógeno y/o un acumulador de oxígeno, y el dispositivo para producción de una corriente de gas rico en CO_2 es un dispositivo acumulador de CO_2 . Estos acumuladores están diseñados preferentemente como almacenamientos tampón, de tal manera que los procesos que tienen lugar en las plantas/dispositivos individuales pueden operar independientemente unos de otros y la dinámica de los procesos individuales no se obstaculiza. A este respecto, los acumuladores contribuyen también a la flexibilización de la operación o del modo de operación de la central eléctrica. En este contexto, la prioridad en la ponderación de las plantas/instalaciones individuales y de los procesos o procedimientos se asigna a la producción de metanol y/o derivados de metanol. A este fin, las capacidades y potencias se ajustan particularmente en todos los casos a la o las plantas de separación de CO_2 y la o las plantas de electrólisis.0
- 50 Con respecto a la flexibilidad de la operación de las plantas, la invención representada aquí y en lo que sigue de la generación de corriente en una central eléctrica que quema combustibles carbonosos con separación de CO_2 aguas abajo (Captura Post Combustión PCC) o separación de CO_2 integrada (Oxyfuel), ofrece la ventaja de que la operación de la central puede conducirse con la máxima flexibilidad en lo que respecta a la cantidad de corriente generada. El proceso se puede combinar con centrales térmicas de nueva construcción, o puede adaptarse también como ampliación de centrales eléctricas existentes. Si bien es cierto que la vía de conversión que pasa por generación de electricidad y electrólisis no es exergéticamente óptima, no obstante, los inconvenientes energéticos y exergéticos de esta combinación de procesos pueden compensarse al menos en parte por interconexiones energéticas de los procesos particularmente ventajosas. Por la producción de transportadores de energía que contienen carbono (metanol o derivados de metanol) es posible ajustar la carga mínima en las centrales eléctricas que queman combustibles carbonosos incluso hasta valores negativos (0 hasta > -10%). Asimismo, es posible también un aumento de la susceptibilidad de regulación primaria hasta más allá de 100 MW_{el} por minuto en las centrales eléctricas más pequeñas.
- 60

Se ofrecen así diversas ventajas por la interconexión de calor de las partes del proceso aguas abajo, como la separación de CO₂ según el principio de Captura Post Combustión, la electrólisis de hidrógeno y la producción aguas abajo de metanol o derivados de metanol.

5 Así, el calor perdido de partes de las plantas como la separación de CO₂ o de los reactores (producción o transformación de metanol) puede integrarse de modo energéticamente favorable en el precalentamiento a alta presión o precalentamiento a baja presión de la central eléctrica, o emplearse también para el precalentamiento de los eductos de la reacción antes de los reactores.

10 El calor necesario para la operación de partes de las plantas tales como la desorción del proceso PCC o de la rectificación o destilación post-conectada, opcionalmente eventual, de los productos puede retirarse del calor de reacción perdido de los reactores (producción o transformación de metanol) o retirarse de modo energéticamente eficiente como vapor de purga del proceso de vapor, o puede obtenerse al menos también en parte de la refrigeración de los productos y productos intermedios. De esta manera, la eficiencia de la transformación de la corriente en los
15 productos químicos respectivos aumenta sustancialmente hasta más de 70%, en comparación con menos del 60% en las plantas que carecen de integración de energía de esta clase.

Si la separación de CO₂ tiene lugar por el proceso PCC, la absorción química debería reconectarse convenientemente en caso necesario a una desulfuración del gas de humos y/o al enfriamiento del gas de humos a fin de realizar también la separación de CO₂ de la manera más eficiente y con el consumo mínimo de agente de lavado (principalmente
20 soluciones amínicas).

El agua formada por el enfriamiento de los productos o productos intermedios debería conducirse preferiblemente de nuevo a la electrólisis de hidrógeno después de una purificación eventualmente necesaria. La purificación puede realizarse preferiblemente en las plantas para tratamiento del agua de alimentación de la central y/o también en un
25 tratamiento de agua diseñado especialmente para ello.

A fin de que la velocidad total de modificación de la carga de la electrólisis pueda utilizarse para soporte de la susceptibilidad de regulación de la central eléctrica o en el marco de una Gestión de la Demanda, es conveniente
30 integrar en el proceso global acumuladores de agua y/o hidrógeno y/o CO₂ y/u oxígeno, que permiten, en un transcurso de segundos hasta horas, la modificación retardada de la carga de los reactores químicos o de la separación de CO₂. Éstos acumuladores pueden ser por ejemplo depósitos a presión (recipientes a presión o cavernas) o también depósitos de líquidos. De este modo, la carga de la electrólisis puede modificarse por la potencia eléctrica aplicada en el transcurso de pocos segundos hasta un 100%, en tanto que la separación de CO₂ y los reactores conectados aguas
35 abajo pueden requerir más tiempo para la modificación de la carga.

Los componentes parciales de la planta global (complejos plantas central eléctrica + electrólisis de hidrógeno + separación de CO₂ + reactores) pueden ser conducidos de manera inversamente proporcional al requerimiento de corriente en la red, es decir a carga alta de la electrólisis, la separación de CO₂ y/o los reactores (producción de
40 metanol y transformación en derivados de metanol), especialmente cuando prevalece bajo consumo de potencia en la red, mientras que la central eléctrica propiamente dicha se hace funcionar a la carga más baja posible, o incluso puede desacoplarse de tal manera que la electrólisis de hidrógeno, la separación de CO₂ y los reactores operen por regla general a carga máxima y se desacoplan únicamente de la red en el caso de exigencia de carga positiva, es decir, se reducen con respecto a su consumo de corriente (potencia) (Gestión de la Demanda, DSM).
45

Este último tipo de operación de las plantas o funcionamiento de la central eléctrica es particularmente conveniente cuando el nivel de precios en el mercado de corriente es muy bajo y/o tienen que realizarse a menudo gradientes de carga (alimentación) positivos, dado que por una desconexión momentánea e inmediata de la electrólisis de hidrógeno puede realizarse muy rápidamente una alimentación de corriente adicional elevada.
50

En el primer caso mencionado, dependiendo de la potencia momentánea de las plantas, pueden soportarse por aumento o disminución muy rápidos de la carga de la electrólisis de hidrógeno, gradientes de carga de la potencia de la central en ambas direcciones (positiva o negativa).

55 La dinámica global del sistema puede favorecerse también por la conexión paralela de sistemas de baterías, que pueden integrarse convenientemente a niveles de baja tensión paralelamente a la electrólisis de hidrógeno. El tamaño y el diseño de un acumulador de baterías de este tipo pueden determinarse basándose en el nivel de precios de la corriente esperado y el grado de utilización de la central eléctrica, así como de las intervenciones reguladoras esperadas para estabilización de la red eléctrica.
60

Los procesos anteriormente mencionados para el almacenamiento de calor en el circuito de vapor o por la generación eléctrica de calor pueden combinarse también ventajosamente con el proceso de acuerdo con la invención.

65 Si la central se encuentra cerca de una planta industrial en la que se le quiere oxígeno, como por ejemplo en la industria siderúrgica o la industria química, es conveniente utilizar el oxígeno que se forma por la realización de una electrólisis

del agua en estas plantas industriales, y reducir al mismo tiempo el rendimiento de cualquier planta de fraccionamiento de aire existente.

5 En caso contrario, el oxígeno puede utilizarse también parcial o totalmente para soporte del encendido del hogar de la central eléctrica para aumento de la eficiencia de la caldera por la reducción de la corriente volumétrica de gas de humos, o en una combustión Oxyfuel pura con separación integrada de CO₂ como alternativa a la separación de CO₂ PCC.

10 Si no es posible o no se desea la utilización en una planta industrial cercana ni la utilización en un hogar enriquecido en oxígeno, el oxígeno puede también comprimirse, después de purificación y secado eventualmente necesarios, a presión mayor y venderse como oxígeno comprimido o después de licuación como oxígeno líquido. La implementación de tales procesos aguas abajo aumenta adicionalmente el consumo de corriente del proceso global y puede aprovecharse razonablemente para ampliación del campo de regulación de la carga hasta alimentaciones de corriente (= consumo de corriente) negativas de la central eléctrica o del emplazamiento industrial.

15 En el caso del proceso aquí descrito para flexibilización de una central eléctrica puede, dependiendo del diseño y del combustible empleado, por aprovechamiento de la generación propia de corriente con independencia del intervalo de carga en operación estacionaria, transformarse aproximadamente 10-35% del carbono contenido en el combustible o en el gas de humos en metanol y derivados de metanol. Por la utilización de corriente adquirida adicionalmente de la red, esta proporción puede aumentar todavía hasta más de 90%. Además, en caso del empleo de alimentaciones para los productos intermedios CO₂, H₂ y O₂ la operación puede desacoplarse temporalmente de la generación de electricidad en la central. Adicionalmente, es también posible, por el diseño de la electrólisis de hidrógeno a densidades de corriente más bajas en la operación normal temporalmente a corto plazo, aumentar fuertemente la potencia de la electrólisis hasta valores superiores a 200% de la operación normal, a fin de consumir más corriente y para soportar las variaciones de carga de la alimentación de corriente con este gradiente negativo.

La invención se ilustra a continuación con mayor detalle a modo de ejemplo por medio de dibujos. Éstos muestran, en

30 Fig. 1 en representación esquemática un diagrama de circuitos de planta de una central eléctrica según la invención y en

Fig. 2 en representación esquemática la interconexión de una central eléctrica según la invención con componentes asociados.

35 La Fig. 1 muestra en representación esquemática una central eléctrica 51, que quema lignito 50, y que comprende un generador de vapor bruto 1 con un circuito agua/vapor 54 asociado. El gas de humos 53 que se forma por la combustión del lignito 50 en los quemadores del generador de vapor bruto 1, se conduce por una conducción a un precalentador de aire 2, al cual se lleva en contracorriente el aire de combustión 52 conducido por una conducción, que se precalienta en el precalentador de aire 2. Después de ello, el gas de humos 53 se conduce a un sistema de desplazamiento de calor 3, y el calor se desacopla del gas de humos 53, que se pone a disposición para el precalentamiento del agua de alimentación del circuito agua/vapor 54. Después de ello, el gas de humos 53 se conduce moderadamente en línea a una planta 4 de desulfuración del gas de humos, donde aquél se libera adicionalmente de SO₂ (dióxido de azufre) y SO₃ (tríoóxido de azufre). El gas de humos 53 purificado de este modo abandona la planta 4 de desulfuración del gas de humos con una temperatura de 40- 90°C. Con el fin de lograr y garantizar una alta disponibilidad y altas tasas de separación en la planta de separación de CO₂ por Captura Post Combustión (PCC) 5, conectada aguas abajo del generador de vapor 1, el gas de humos 53 se somete primeramente a una purificación fina en una planta de purificación fina 6. La planta de purificación fina 6 está configurada como un refrigerante del gas de humos con un prelavador de NaOH (hidróxido de sodio) asociado, en el cual tiene lugar un lavado del gas de humos 53 con una solución de NaOH y el gas de humos 53 se enfría a una temperatura de 30-50°C. Al mismo tiempo, la concentración de SO₂/SO₃ del gas de humos 53 se reduce de nuevo.

50 Desde la planta de purificación fina 6, el gas de humos 53 enfriado se envía a un absorbedor 7 de la planta de Captura Post Combustión (PCC) 5, y en ella se pone en contacto de contracorriente con un agente de lavado que disuelve el CO₂ de la corriente de gas. En cuanto al agente de lavado de CO₂, en el ejemplo de realización se trata de una solución acuosa de amina, que está diseñada como una solución simple de monoetanolamina, con lo que el requerimiento de energía durante la desorción subsiguiente en el desorbedor 8 asciende a 3,2-3,8 MJ/kg de dióxido de carbono separado. Sin embargo, también es posible utilizar un agente de lavado de CO₂, que está optimizado con respecto al consumo de energía necesario para la desorción, de tal manera que sólo es necesario un consumo de energía en el intervalo de 2,4 a 2,8 MJ/ kg de dióxido de carbono. Del absorbedor sale por una parte un gas purificado 55 y, por otra parte, la solución de lavado de CO₂, saturada con CO₂, que se conduce por una conducción 56 al desorbedor 8 que es también un componente de la planta de Captura Post Combustión (PCC) 5. El calor necesario para la desorción en el desorbedor 8 se pone a disposición y se suministra de manera convencional en un rehervidor 9 en forma de vapor. En el ejemplo de realización, este vapor se retira como vapor de purga 12 entre una turbina de media presión 10 y una turbina de baja presión 11 del juego de turbinas 58 asociado al circuito agua/vapor 54 a una temperatura de 110° C a 200°C del circuito agua/vapor 54 y se conduce por una conducción 57 al rehervidor 9. El condensado formado en el rehervidor 9 por el calentamiento del rehervidor, se recicla a la sección de precalentamiento del circuito agua/vapor

54 por una conducción 13. Del desorbedor sale por una parte el agente de lavado exento de CO₂, que se recicla de manera convencional en el circuito al absorbedor 7 y por otra parte una mezcla de dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua. Esta mezcla dióxido de carbono/vapor de agua se conduce después de un enfriamiento y relavado 14 asociados en la zona de salida del desorbedor 8 a una etapa de compresión 15. El enfriamiento en la zona de cabeza del desorbedor 8 tiene lugar con ayuda de un intercambiador de calor 16b, y el relavado se realiza preferiblemente por medio de un agente ácido. En la etapa de compresión 15, la mezcla dióxido de carbono/vapor de agua se comprime a una presión superior a 20 bar, preferiblemente a una presión entre 30 y 60 bar. El calor sensible de la mezcla dióxido de carbono/vapor de agua que abandona el desorbedor 8 y la etapa de compresión 15, y parcialmente también el calor de condensación del agua contenida en ella, se retira o se desacopla en un cambiador de calor 16a posconectado de la etapa de compresión y atravesado por la mezcla dióxido de carbono/vapor de agua, y el intercambiador de calor 16b que está asociado a la zona de salida del desorbedor 8. La energía calorífica aquí retirada o desacoplada se conduce por ejemplo, a través de los intercambiadores de calor 17a, 17b, 17c, y 17d al precalentamiento a baja presión (17b) del circuito agua/vapor 54, al precalentamiento del aire de combustión (17a) o al precalentamiento de los eductos (17c, 17d), que conduce a la zona de los reactores (27, 31) para la síntesis de metanol y la destilación de una planta de síntesis, 60 para la producción de metanol y/o derivados de metanol. En la planta de compresión que comprende en el ejemplo de realización varias etapas de compresión 15, el intercambiador de calor 16 se encuentra entre la primera y la última etapas de compresión 15. La corriente de gas rico en CO₂ 59 que abandona la última etapa de compresión 15 se envía a un acumulador 18 y desde allí a la planta de síntesis 60 para la producción de metanol y/o derivados de metanol. Antes de la entrada en el acumulador 18, la corriente de gas rico en CO₂ fluye de nuevo a un intercambiador de calor 19, en el cual esta corriente de gas se enfría adicionalmente. Todavía después de su salida del acumulador 18 y antes de su entrada en el reactor de síntesis de metanol 27 de la planta de síntesis 60, la corriente de gas rico en CO₂ fluye a otro intercambiador de calor 20, por medio del cual se aporta calor a la corriente de gas rico en CO₂ a fin de llevar la corriente de gas rico en CO₂ que entra como educto en el reactor de síntesis de metanol 27 a una temperatura de reactor o de reacción en el intervalo de 100 a 400°C, preferiblemente de 150-300°C. El calor necesario para ello se suministra al intercambiador de calor 20 como vapor de purga, que se retira del juego de turbinas 58, o en forma de calor perdido que se produce en otros procesos.

En el reactor de síntesis de metanol, el CO₂ de la corriente de gas rico en CO₂ se hace reaccionar con hidrógeno para formar metanol. El hidrógeno se produce en una planta de electrólisis 61, que en el ejemplo de realización se trata de una hidrólisis alcalina. Sin embargo, también es posible emplear otros tipos de electrolizadores, tales como electrolizadores de membrana de electrolito polímero (PEM) o celdas de electrólisis de óxidos sólidos (SOEC) o una electrólisis cloro-álcali.

La electrólisis alcalina del agua del ejemplo de realización comprende una celda de electrólisis 21, en la cual el agua 34 suministrada a una temperatura entre 50 y 100°C, preferiblemente entre 70 y 90°C, se descompone electrolíticamente en sus componentes hidrógeno y oxígeno. En este caso, la celda de electrólisis 21 propiamente dicha se atempera por medio de un intercambiador de calor 22b y el agua suministrada por medio de un intercambiador de calor 22a, de tal modo que la electrólisis se encuentra en todo momento en el intervalo de temperatura de operación óptimo y pueden realizarse rápidamente modificaciones de carga, en particular hasta cargas más altas. La electrólisis alcalina puede tener lugar en intervalos de presión amplios, aplicándose particularmente presiones superiores a 15 bar, siendo aplicables preferiblemente presiones en el intervalo de 20 a 60 bar. Alternativa o adicionalmente, la planta de síntesis 61 está equipada con un compresor de hidrógeno 23, al cual se conduce el hidrógeno generado en la celda de electrólisis 21 antes de su entrada en el reactor de síntesis de metanol 27. Un compresor de hidrógeno 23 de este tipo es particularmente útil a este fin, porque está asociado con un acumulador de hidrógeno 24 en el que se puede almacenar el hidrógeno generado. El acumulador intermedio 24 es, por una parte, un acumulador de producto, dado que el hidrógeno generado por medio de la planta de electrólisis 61 se almacena en el mismo. Por otra parte, aquél representa también un acumulador de educto, dado que el hidrógeno almacenado en él es el material de partida para la síntesis de metanol. Con el fin de enfriar el hidrógeno comprimido en el compresor de hidrógeno 23 antes de su almacenamiento intermedio, está dispuesto entre el compresor de hidrógeno 23 y el acumulador intermedio 24 un intercambiador de calor 25, mediante el cual se puede extraer o retirar energía calorífica de la corriente de hidrógeno. Con el fin de llevar la corriente de hidrógeno que abandona más tarde el acumulador intermedio 24 a una temperatura de reacción suficientemente alta antes de su entrada en el reactor de síntesis de metanol 27, está previsto un intercambiador de calor 26 adicional, por medio del cual se aporta calor nuevamente a la corriente de hidrógeno, pudiendo provenir el calor necesario para ello del vapor de purga proveniente del circuito agua/vapor 54 o del calor perdido del reactor de síntesis de metanol 27. Por otra parte, el calor perdido procedente de la síntesis de metanol puede disiparse en el reactor de síntesis de metanol 27 conectado aguas abajo o en estos intercambiadores de calor o dispositivos de enfriamiento integrados 28a, 28b, 28c. El intercambiador de calor 28a disipa de esta manera su calor en la sección de precalentamiento del circuito agua/vapor 54, pudiendo disiparse también sin embargo el calor perdido en el rehervidor 9 de la planta de Captura Post Combustión (PCC) 5 y/o en el precalentamiento de diversos eductos, a saber, el precalentamiento en la central eléctrica de acuerdo con la invención de los productos de partida a procesar/transformar. Dado que en el reactor de síntesis de metanol 27 no se alcanza una conversión muy alta de los eductos dióxido de carbono (CO₂) e hidrógeno suministrados, sino que la conversión está comprendida exclusivamente en el intervalo de 10-35%, en el ejemplo de realización el enfriamiento Post Conectado que comprende los dispositivos cambiadores de calor/refrigerantes 28a, 28b, 28c está diseñado de tal manera que en un recipiente 29 tiene lugar una separación de fases del producto metanol producido en el reactor de síntesis de metanol 27, y los

componentes gaseosos separados se reciclan de nuevo total o parcialmente a través de un bucle de reciclo 30 al reactor de síntesis de metanol 27. En el reciclo 30, el calor se conduce de nuevo a los componentes gaseosos reciclados por medio del intercambiador de calor 17c.

5 La fase líquida separada en el recipiente 29 se conduce a un reactor de destilación o rectificación 31, en el cual se separan de la fase líquida agua, pero también en caso deseado alcoholes de alto punto de ebullición, cuando se desea una pureza mayor del producto metanol a obtener. El calor necesario para la destilación o rectificación es suministrado convenientemente por intercambiadores de calor, a los cuales se envía vapor de purga de calidad inferior, proveniente del circuito agua/vapor 54 y/o del calor perdido del rehervidor 9, o bien energía calorífica retirada de otras etapas del proceso. Del reactor de destilación y/o rectificación sale una corriente gaseosa de metanol (CH₃OH) 35, cuyo calor de vaporización puede retirarse particularmente en dos etapas de enfriamiento finales (32a, 32b) por medio de los intercambiadores de calor 32a, 32b en la sección de precalentamiento del circuito agua/vapor 54 y/o un precalentamiento de eductos.

10 15 El agua 33 retirada del reactor de destilación y/o rectificación 31 puede enviarse a una planta especial de tratamiento de agua y/o a la planta de tratamiento del agua de alimentación del circuito agua/vapor 54, y conducirse después como educto (agua 34) a la unidad de electrólisis 61.

20 El oxígeno producido por la electrólisis puede comprimirse a presiones diferentes, licuarse opcionalmente y enviarse a una aplicación.

De la Fig. 2 puede deducirse esquemáticamente la disposición e interconexión de los dispositivos y plantas individuales de la central eléctrica según la invención.

25 La corriente generada por medio de un generador 70 asociado opcionalmente a un transformador en la central eléctrica 51 puede enviarse por una parte a la red eléctrica pública asociada 71, pero también a la planta de electrólisis 61, estando asociadas también a la planta de electrólisis baterías 72 y transformadores 73, que hacen posible el almacenamiento y la transformación de la corriente suministrada. Sin embargo, con la corriente generada por el generador 70, puede abastecerse también un acumulador de calor 74 calentado eléctricamente, que genera por ejemplo calor a distancia, que puede suministrarse a una red de calefacción a distancia 75. Adicionalmente, el vapor 76 proveniente del circuito agua/vapor 54, o la energía calorífica extraída del mismo, pueden suministrarse al acumulador de calor 74. La corriente generada por el generador 70 puede conducirse también, sin embargo, a una planta de compresión o licuefacción de oxígeno 77, en la cual se trata el oxígeno 78 producido por la electrólisis 61. El oxígeno comprimido o licuado puede almacenarse luego en un acumulador de oxígeno 79, o bien conducirse a cualquier otra aplicación 80. Sin embargo, el oxígeno generado en la planta de electrólisis 61 puede suministrarse también al generador de vapor 1 como agente oxidante. Las plantas o dispositivos individuales 61, 72, 74, 77 y 80 pueden abastecerse con la corriente generada por el generador 70, pero también - aunque esto no se representa en Fig. 2 - pueden abastecerse todas ellas con corriente adquirida de la red de corriente 71, en particular cuando está disponible este denominado excedente de corriente. Particularmente, los dispositivos/plantas representados están interconectados entre sí de tal manera que la corriente generada por el generador 70 o adquirida de la red eléctrica 71 puede distribuirse flexiblemente a los dispositivos/partes de planta individuales. Sin embargo, aquí se da prioridad a la producción de metanol, en particular, a la producción de metanol por medio de la planta de síntesis 60, por lo que la planta de electrólisis 61 constituye el núcleo de la planta, que reacciona flexible, oportuna y rápidamente con modificaciones de carga a los requerimientos de regulación de potencia de la red.

45 A la planta de electrólisis 61 y la unidad de síntesis 60 está asociada una purificación del agua 81, en la cual se purifica adecuadamente el agua que se suministra a la planta de electrólisis 61 y la unidad de síntesis 60 antes de los requerimientos deseados.

50 Tanto la producción de metanol por medio del reactor de síntesis de metanol 27 como la planta de producción para la producción de derivados de metanol 82 son almacenamientos asociados en cada caso, y de hecho, la planta de síntesis 60 es un acumulador de metanol 83 y la planta de producción 82 es un acumulador de derivados de metanol 84. El calor perdido que se produce durante la producción de metanol en la planta de síntesis 60 y el que se produce durante la separación de CO₂ en la planta de Captura Post Combustión 5 se devuelve nuevamente al circuito agua/vapor 54, como se indica por las flechas 85 y 86.

60 En conjunto, la central eléctrica 51 de acuerdo con la invención está flexibilizada por las conexiones de conducciones transportadoras de corriente y transportadoras de medios representados en las figuras 1 y 2 en lo que respecta a modos de operación realizables y potencias de producción o transformación alcanzables o productos de producción o transformación obtenibles. Asimismo, los consumos de corriente o consumos de potencia eléctrica de las distintas partes de las plantas individuales, particularmente de la planta de electrólisis 61, contribuyen a favorecer la flexibilización de los regímenes de marcha o modos de operación ajustables de la central eléctrica 51 para diferentes demandas de potencia y requisitos de regulación de potencia. Así, es posible regular la separación de CO₂ por medio de la planta PCC 5 y/o la producción de hidrógeno por la planta de electrólisis 61 de tal manera que la carga mínima

de la central eléctrica 51 y el aporte de corriente a la red eléctrica 71 se pueden reducir hasta 0 MW_{el}. Si, además, se adquiere corriente de la red eléctrica 71, la alimentación de la central 51 a la red se hace incluso negativa.

5 La planta de electrólisis 61 puede diseñarse también de tal manera que la compra de corriente para la producción de hidrógeno es 5 a 10 veces mayor que la potencia real respectiva del generador 70 en el estado de carga actual de la central 51.

10 Adicionalmente, la planta de separación de CO₂ 5 puede estar diseñada de tal manera que hasta 95% del dióxido de carbono o corrientes de dióxido de carbono producidas con el gas de humos 53 se separa y se conduce al mismo tiempo o después de una acumulación intermedia en un acumulador de CO₂ 18 a reactores químicos retardados, en particular al reactor de síntesis de metanol 27 para la producción de metanol o derivados de metanol.

15 El acumulador de almacenamiento de CO₂ previsto 18, el acumulador de hidrógeno 24, el acumulador de metanol 83, el acumulador de oxígeno 79 y el acumulador de derivados de metanol 84 están configurados como los denominados almacenamientos tampón, de tal modo que los productos almacenados en ellos pueden almacenarse como eductos para el procesamiento subsiguiente. En este caso, el acumulador de hidrógeno 24 y/o el acumulador de CO₂ 18 y/o el acumulador de oxígeno 79 están configurados preferiblemente como acumuladores a presión y todos los acumuladores están dotados de tal capacidad que almacenan las cantidades de productos necesarias para el tratamiento ulterior, de tal modo que éstas pueden almacenarse a corto o largo plazo, pero pueden ponerse también a disposición a corto plazo en caso deseado para el proceso de producción asociado.

25 Adicionalmente, la planta de electrólisis 61 y/o la planta de separación de CO₂ 5 o el dispositivo para producción de una corriente de gas rico en CO₂ y/o los reactores químicos, en particular el reactor de síntesis de metanol 27 soportan el funcionamiento flexible de la central eléctrica por la puesta a disposición de una modificación rápida de la carga, de tal manera que la susceptibilidad de regulación global, en particular la regulación primaria y secundaria de la central, se hace mejor en lo que respecta a una alimentación de corriente o una compra de corriente. Las capacidades de modificación de la carga suministradas por estas plantas, pero especialmente por la planta de electrólisis 61, conducen a que la central eléctrica 51 pueda operar con un gradiente de modificación de carga desde 3%/minuto hasta 10 y hasta más de 20%/minuto. Por supuesto, también es posible prever adicionalmente en la central eléctrica plantas que generan energía renovable, tales como plantas fotovoltaicas o centrales eléctricas eólicas, que ponen luego a disposición del proceso global la electricidad generada en su caso.

35 El calor de proceso producido o necesario en cada caso para los procesos individuales en las plantas enumeradas puede ser suministrado por la interconexión de conducciones correspondiente de las plantas o procesos parciales individuales. Así, es posible emplear calor de proceso, particularmente en el intervalo de 30 a 150°C, que se retira como calor perdido de la planta de Captura Post Combustión 5, y/o como vapor de purga del circuito agua/vapor 54, para el precalentamiento de las corrientes de proceso de un electrolizador, en particular, de la planta de electrólisis 61, y/o como calor de acompañamiento del/de los mismos y/o para precalentamiento de los eductos a transformar en el reactor de síntesis de metanol 27 y/o para precalentamiento del agua de alimentación en el circuito agua/vapor 54 y/o el reactor de destilación y/o rectificación 31. Asimismo, el calor perdido proveniente del enfriamiento de los productos en el precalentamiento de los eductos de la electrólisis, de los reactores o de la purificación de productos, de todo el proceso puede devolverse nuevamente al proceso global. El agua 33 obtenida en la destilación o rectificación, u opcionalmente agua obtenida en otros puntos del proceso global puede devolverse también, preferiblemente después del tratamiento en una planta de purificación de agua 81 a la planta de electrólisis 61. El oxígeno producido durante electrólisis del agua puede conducirse al menos parcialmente a una operación industrial cercana, y reducirse así en ella la carga de las plantas de fraccionamiento de aire. No obstante, también es posible comprimir al menos en parte el oxígeno producido en la electrólisis del agua y envasarlo en recipientes a presión o llenar al menos un almacenamiento de oxígeno 79 y/o licuarlo por un proceso de frío.

50 La producción de hidrógeno y/u otras partes de las plantas, particularmente de plantas eléctricas, están dimensionadas de tal manera que al menos a corto plazo, en el transcurso de minutos, preferiblemente hasta 30 minutos, el consumo eléctrico puede incrementarse hasta más de 100% del valor de diseño, preferiblemente hasta más de 120 a 200%. Además, las baterías 72 instaladas adicionalmente están dimensionadas de tal manera que al menos a corto plazo, en el transcurso de segundos, preferiblemente también hasta más de 15 minutos, el consumo eléctrico o suministro de electricidad pueden aumentar hasta más de 100% del valor de diseño, preferiblemente hasta más de 150 a 300%.

60 Adicionalmente, puede preverse la instalación de un calentamiento eléctrico del agua y/o generación de vapor en el proceso global o en la central 51, que por una parte contribuye en lo que concierne a su consumo de corriente a la flexibilización de la central eléctrica, y cuyo calor generado (agua caliente o vapor) puede enviarse a uno o varios depósitos acumuladores de calor. Particularmente, está prevista también la integración en la central eléctrica de un acumulador de calor en forma de agua, vapor o materiales en estado sólido o líquidos tales como sales. Asimismo, el calor generado o almacenado puede utilizarse para el secado del combustible empleado, en particular el lignito previsto en el ejemplo de realización, utilizándose el calor perdido de los procesos parciales o de una purga de las turbinas (juego de turbinas) para el secado del lignito u otros combustibles.

65

En la figura 1 se incluyen las abreviaturas siguientes: GP = fase gaseosa, FP = fase líquida, HDV = precalentamiento a alta presión, NDV = precalentamiento a baja presión, HD = turbina de alta presión, MD = turbina de media presión, y ND = turbina de baja presión.

5 Por último, puede preverse también que una parte de los productos de reacción obtenidos particularmente en la planta de síntesis 60, a saber, metanol o un derivado de metanol, se almacene en el emplazamiento de la central y se envíe como combustible de puesta en marcha y/o como combustible de apoyo y/o como combustible principal, al menos temporalmente, a los quemadores del generador de vapor 1 y se queme en éste.

10 Bajo una corriente de gas rico en CO₂ se entiende, en el marco de esta solicitud, una corriente de este tipo que tiene una proporción de al menos 12, en particular al menos 30 por ciento en peso o en volumen de CO₂.

En resumen, puede establecerse que la invención parte de la consideración de que en centrales eléctricas que en caso contrario tendrían que estar prácticamente cerradas, por el aumento del consumo propio de energía debido a la separación de CO₂ 5 (en particular, la demanda de vapor para calentamiento del rehervidor 9) y por medio de una producción de metanol mediante una planta de síntesis 60 (demanda de corriente para la electrólisis) puede aumentarse la utilización de las capacidades de las centrales térmicas existentes de tal modo que incluso en periodos de baja demanda, la central eléctrica puede funcionar con una carga mayor que la que sería necesaria para la generación de corriente pura. Como resultado, la central puede operar con un mayor número de horas de plena carga, dado que está diseñada no sólo para la producción de electricidad, sino también para la producción de metanol o la producción de derivados de metanol. Adicionalmente, la invención se basa en la consideración de que la mayor velocidad de modificación de la carga de la planta de electrólisis 61, que es superior comparada con la posible velocidad de modificación de la carga de la central, puede aprovecharse para ofrecer a la red eléctrica pública interconectada un servicio de regulación claramente más rápido. En el caso de una regulación de potencia controlada o demandada por la red, la carga de la planta de electrólisis 41 puede aumentarse o disminuirse con relativa rapidez y en un plazo corto, de tal modo que con ello se da más tiempo total al generador de vapor o a la central eléctrica, se realiza una variación de la carga, o incluso puede evitarse que sea necesaria una modificación de la carga de la parte de la central propiamente dicha, es decir que sea necesario un ajuste de potencia del generador de vapor 1. Por último, la invención parte de la consideración de que con ella es posible evitar que la central eléctrica tenga que ser apagada completamente en tiempos de baja demanda. Esto puede diseñarse todavía de tal manera que la planta de electrólisis 61 y la producción de metanol 60, para carga mínima de la central eléctrica, reciban o retiren corriente suficiente y no sea necesario ningún suministro de corriente a la red.

Los límites del diseño de una central eléctrica de acuerdo con la invención son, por una parte, centrales eléctricas de lignito, que actualmente generan (todavía) energía eléctrica a un coste muy favorable. Una central de este tipo puede operar con la invención siempre a 100% de carga (plena carga), aun cuando la red eléctrica no retire la energía eléctrica generada en forma de corriente. La corriente no retirada puede aprovecharse en la planta de electrólisis 61 para producción de hidrógeno. El otro límite son centrales eléctricas de hulla, que tienen que operar actualmente a una carga mínima, dado que en caso contrario requerirían demasiado tiempo para una nueva puesta en marcha, o tienen que mantenerse disponibles para fines de regulación a una potencia específica del generador. En las centrales de hulla equipadas de acuerdo con la invención, la carga mínima puede (súper) absorberse ahora y utilizarse la corriente generada para la producción de hidrógeno en la planta de electrólisis 61, sin que la central tenga que retirarse de la red, de tal modo que su masa rotativa lenta (particularmente la del generador) esté disponible todavía para soporte de regulación.

A este respecto, es posible una flexibilización del modo de operación de una central eléctrica, dado que la propia central 51 puede modificar todavía lentamente su carga, pero la carga aprovechada por la planta de electrólisis 61 y la planta de síntesis 60 se mantiene a disposición para regulación.

50 Globalmente, la rentabilidad de una central eléctrica puede mejorarse por las posibilidades de regulación mencionadas anteriormente (más horas a plena carga, prestaciones de servicios de red disponibles en todo momento, y producto "combustible" adicional (metanol y derivados de metanol)).

Una ventaja de la presente invención es que no tiene que realizarse una gasificación previa de productos para la producción de metanol o derivados de metanol, sino que se utiliza para ello la combustión de un combustible carbonoso en el generador de vapor 1 de una o varias centrales 51. La invención se caracteriza por costes de inversión bajos en la readaptación de centrales eléctricas existentes, el aumento de rentabilidad de las plantas existentes por una readaptación, así como por una alta seguridad de funcionamiento y fiabilidad de la síntesis de metanol, que utiliza el CO₂ formado durante la combustión en el generador de vapor 1 y H₂ producido por electrólisis. Incluso en plantas nuevas, la solución de acuerdo con la invención representa una mejora en flexibilidad, tiempo de utilización de las plantas y rentabilidad.

En la central eléctrica representada esquemáticamente en Fig. 1, se requieren por ejemplo 45 kg/s de combustible (poder calorífico 10,5 KJ/kg) para el funcionamiento de una central eléctrica de 670 MW_{el} a carga de 30% y se generan 190 MW_{el} de corriente, se separa 15% del CO₂ contenido en el gas de humos, y se obtienen electrolíticamente 1,1

kg/s de hidrógeno. A partir de ello, se obtienen aproximadamente 6 kg/s de metanol, lo que corresponde a una eficiencia de transformación del carbono del combustible en el producto metanol de aproximadamente 27% y una eficiencia mayor que 60% (corriente a poder calorífico del metanol).

5 Si estas cantidades de productos se generaran en el 90% de las horas de funcionamiento anual de una central eléctrica de este tipo, con costes supuestos del combustible por importe de 10 €/tonelada, y con liberación de 400 €/tonelada de metanol, se podría alcanzar un volumen de ventas de 60 millones de euros. Adicionalmente, la central eléctrica puede generar ingresos adicionales por una mayor producción de corriente, prácticamente un año de regulación primaria/secundaria. Por último, son posibles también ingresos por Gestión de la Demanda por la planta de electrólisis 61. En particular, la propia planta de electrólisis 61 puede soportar por sí misma en cualquier momento mucho más rápidamente que la central eléctrica cargas entre 0 y hasta más de 200 MW, eventualmente hasta 400 MW (sobrecargas sólo de corta duración), con lo que se pueden proporcionar prestaciones de red adicionales.

10
15 De esto se deduce que la flexibilización de la central 51 según la invención tiene una influencia positiva en el funcionamiento de la central 51, tanto técnica como económicamente.

REIVINDICACIONES

1. Central eléctrica (51) que comprende un generador de vapor bruto (1) equipado con quemadores que queman carbono y/o una turbina de gas con circuito agua/vapor asociado (54), y que comprende al menos un juego de turbinas impulsadas por vapor (58) con al menos un generador acoplado (70), en donde en el generador de vapor bruto (1) equipado con los quemadores que queman carbono se genera una corriente de gas de humos (53) que contiene CO₂, y que comprende al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂,
y que con su parte generadora de corriente que comprende al menos un generador (70) está acoplada a una red pública de corriente (71), que proporciona potencia de regulación, en donde el suministro de potencia eléctrica de la parte generadora de corriente de la central (51) a la red de corriente (71) está sometido a una regulación de potencia controlada por la red de corriente, particularmente una regulación primaria y/o regulación secundaria y/o regulación terciaria y/o regulación cuaternaria,
caracterizada por que,
la central eléctrica (51) comprende al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) y al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de CO₂ de la corriente de gas rico en CO₂ y del hidrógeno generado en la planta de electrólisis (61) y que, el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) y la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de CO₂ de la corriente de gas rica CO₂ y del hidrógeno producido en la planta de electrólisis 61 por medio de conducciones transportadoras de corriente y conducciones transportadoras de medios están unidas y conectadas entre sí moderadamente en línea de tal manera que la corriente generada del lado de la central durante la operación de la central (51) puede aprovecharse total o parcialmente, a elección, para la operación de uno, varios o todos éstos del grupo de dispositivos y plantas constituido por al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂, de la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) y de la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol.
2. Central eléctrica según la reivindicación 1, **caracterizada por que** la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) o varias plantas de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) y/o el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y/o la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ o varias plantas de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ del lado de la central eléctrica con relación a su capacidad de consumo de corriente o de potencia y a su capacidad de producción de hidrógeno o en lo que respecta a su capacidad de consumo de corriente o de potencia y su rendimiento de producción o transformación, está/están diseñados de tal manera y puede/pueden ajustarse de tal manera, que su consumo de corriente o potencia y generación de hidrógeno y/o su consumo de corriente o potencia respectivo y su rendimiento de producción o transformación en respuesta a un requerimiento de regulación de potencia de la red a la central eléctrica (51) puede regularse en sentido de aumento o disminución a corto plazo, preferiblemente en el transcurso de minutos.
3. Central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis (61) para producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir del menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ o las varias plantas de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ en lo que respecta a su capacidad de consumo de corriente o de potencia y su rendimiento de producción o transformación respectiva están diseñados y conectados unos con otros por la técnica de regulación de tal manera, que en respuesta a un requerimiento de regulación de potencia del lado de la red a la central (51) en combinación en cada caso con respecto a su consumo de corriente o de potencia respectivo y su rendimiento de producción o transformación y son susceptibles de aumento o disminución de carga a corto plazo, preferiblemente en el transcurso de minutos, de tal manera que la central eléctrica (51) en el caso de un requerimiento de regulación de potencia por la red, moderadamente en línea en el caso de una modificación de carga con un gradiente de modificación de carga comprendido en el intervalo de 3%/min – 30%/min puede ajustarse al requerimiento de potencia modificado.
4. Central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una

- 5 planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ o las varias plantas de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ en lo que respecta a su consumo de corriente o potencia respectivo y su rendimiento de producción o transformación respectiva están configurados de manera controlable y regulable y/o en lo que respecta a su consumo de corriente o potencia respectivo y/o su rendimiento de producción o transformación respectiva está/están diseñados de tal manera que los mismos, particularmente en respuesta a un requerimiento de regulación de potencia de la red a la central (51), en un plazo corto en el transcurso de minutos, preferiblemente en un periodo de tiempo de hasta 10 30 minutos, puede/pueden impulsarse con un consumo de corriente o potencia que alcanza 100-300%, preferiblemente 150-200%, del valor normal de diseño o de operación de la planta (60, 61) o dispositivo respectivo.
- 15 5. Central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol o las varias plantas de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol está/están diseñadas globalmente en cuanto a capacidad de tal manera que con ello 10-50% en peso, particularmente 30-40% en peso, preferiblemente 35% en peso, del CO₂ que se forma a carga total de la central eléctrica (51) y el CO₂ contenido en la corriente de gas de humos (53) que contiene CO₂ puede transformarse en metanol y/o un derivado de metanol y/o globalmente con respecto a su capacidad de consumo de corriente o potencia y a la rendimiento de 20 producción o transformación posible en cada caso desde el punto de vista de la capacidad está/están diseñadas de tal manera que puede aprovecharse el máximo de esta corriente eléctrica total alcanzable para carga total y/o potencia máxima de la central (51) para la producción de metanol y/o derivados de metanol.
- 25 6. Central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** los al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂, comprende/comprenden la al menos una planta de separación de CO₂, particularmente una planta de Captura Post Combustión (PCC) (5) y/o uno o varios quemadores que opera(n) según el proceso Oxyfuel o dispositivos de encendido del generador de vapor bruto (1) con planta de 30 separación de CO₂ asociada, o está/están constituidos por éstos.
- 35 7. Central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes 40 de la corriente de gas rico en CO₂ o las varias plantas de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ en lo que respecta a su consumo de corriente o potencia y su rendimiento de producción o transformación están diseñados globalmente de tal manera que durante su operación la central eléctrica (51) en el caso de una operación con su carga mínima necesaria conforme a la técnica de plantas puede operar sin suministro de corriente a la red (71).
- 45 8. Central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la central eléctrica (51) está configurada como sumidero de corriente para la red pública de corriente interconectada (71), en donde la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂), y el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ o las varias plantas de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ en lo que respecta a su consumo de corriente o potencia y su rendimiento de producción o transformación están diseñados globalmente tal manera e interconectados con la red eléctrica (71) que los mismos pueden operar con corriente eléctrica adquirida de la red de corriente (71).
- 55 9. Central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes 60 de la corriente de gas rico en CO₂ o las varias plantas de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ están unidas e interconectadas con la red de corriente pública (71) como carga desconectable.
- 65 10. Central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis (61) para

- la producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ o las varias plantas de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol se mantiene(n) en conexión gracias al calor perdido que se produce durante la operación de esta/estas plantas (60, 61) y/o dispositivo(s) en el intervalo de 30-400°C, preferiblemente en el intervalo de 30-150°C, a través de al menos una conducción transportadora de calor perdido con un precalentamiento del agua de alimentación del circuito agua/vapor (54) y/o un precalentamiento de una planta de separación de CO₂, particularmente de una planta de Captura Post Combustión (PCC) (5), y/o un precalentamiento de al menos uno de los eductos empleados y/o productos obtenidos en la central eléctrica (51) se mantienen en unión por conducción.
- 5
- 10
11. Central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) con respecto a su capacidad de producción y/o transformación está/están diseñadas de tal manera, que con la cantidad de hidrógeno obtenible la proporción total de CO₂ de la corriente de gas (53) que se forma por la combustión del combustible carbonoso (50) en los quemadores del generador de vapor bruto (1) y/o la totalidad de CO₂ separado en la al menos una planta de separación de CO₂ (5 en la o las plantas de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol puede transformarse en metanol o un derivado de metanol.
- 15
- 20
12. Central eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** a cada uno de los dispositivos o plantas del grupo del al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂, de la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) y la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol está asociado al menos un acumulador de educto y/o de producto, particularmente a la planta de electrólisis (61) un acumulador de hidrógeno (24) y/o un acumulador de oxígeno (79) y al dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ un acumulador de CO₂ (18).
- 25
- 30
13. Proceso para la operación flexible de una central eléctrica (51) según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, **caracterizado por que** el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) y la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de CO₂ de la corriente de gas rico en CO₂ y del hidrógeno producido en la planta de electrólisis (61) están unidos e interconectados unos con otros moderadamente en conducción por conducciones transportadoras de corriente y transportadoras de medios de tal manera que durante la operación de la central eléctrica (51) la corriente generada por la central se aprovecha total o parcialmente, a elección, para la operación del grupo constituido por uno, varios o la totalidad de éstos, del dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂, la planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) y la planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol en los dispositivos y plantas.
- 35
- 40
14. Proceso según la reivindicación 13, **caracterizado por que** el consumo de corriente o potencia y la producción de hidrógeno de la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) o de las varias plantas de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) de la central eléctrica en respuesta a un requerimiento de regulación de potencia de la red a la central (51) se aumenta o se disminuye a corto plazo, preferiblemente en el transcurso de minutos.
- 45
15. Proceso según la reivindicación 13 ó 14, **caracterizado por que** el consumo de corriente/potencia respectivo y la rendimiento de producción o transformación del al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y/o de la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ o de varias plantas de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ del lado de la central en respuesta a un requerimiento de regulación de potencia de la red a la central (51) se aumenta o se disminuye a corto plazo, preferiblemente en el transcurso de minutos.
- 50
- 55
16. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, **caracterizado por que** la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) o las varias plantas de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H₂) y el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ o los varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO₂ y la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ o las varias plantas de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO₂ con respecto a su consumo de corriente o potencia respectivo y su rendimiento de producción o transformación respectiva se controlan y regulan individualmente.
- 60
- 65

- 5
- 10
17. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, **caracterizado por que** la al menos una planta de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H_2) o las varias plantas de electrólisis (61) para la producción de hidrógeno (H_2) y el al menos un dispositivo para la producción de una corriente de gas rico en CO_2 o los varios dispositivos para la producción de una corriente de gas rico en CO_2 y la al menos una planta de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO_2 o las varias plantas de síntesis (60) para la producción de metanol y/o derivados de metanol a partir de al menos partes de la corriente de gas rico en CO_2 operan como carga desconectable unida e interconectada con la red eléctrica pública (71).

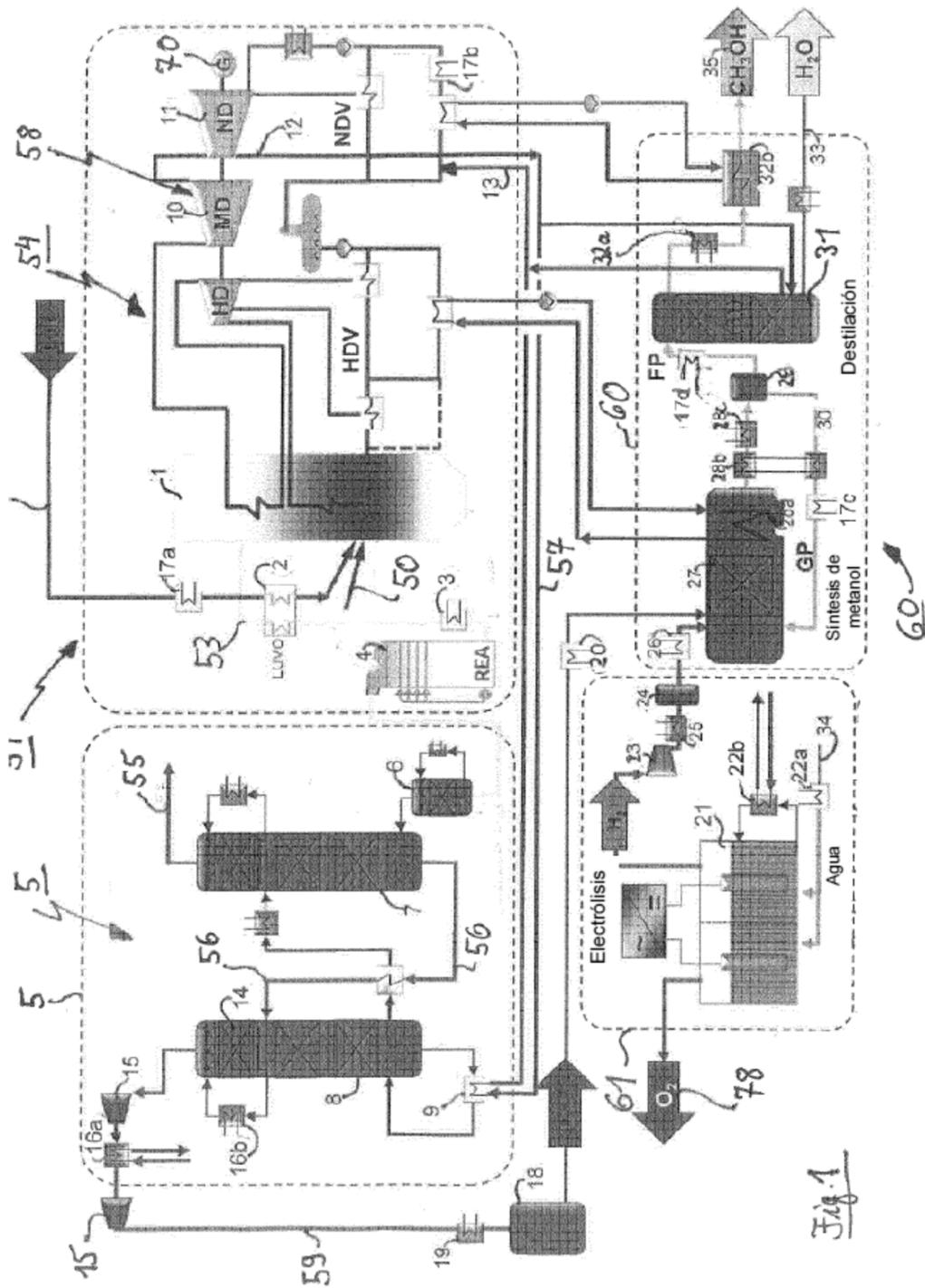


Fig. 1

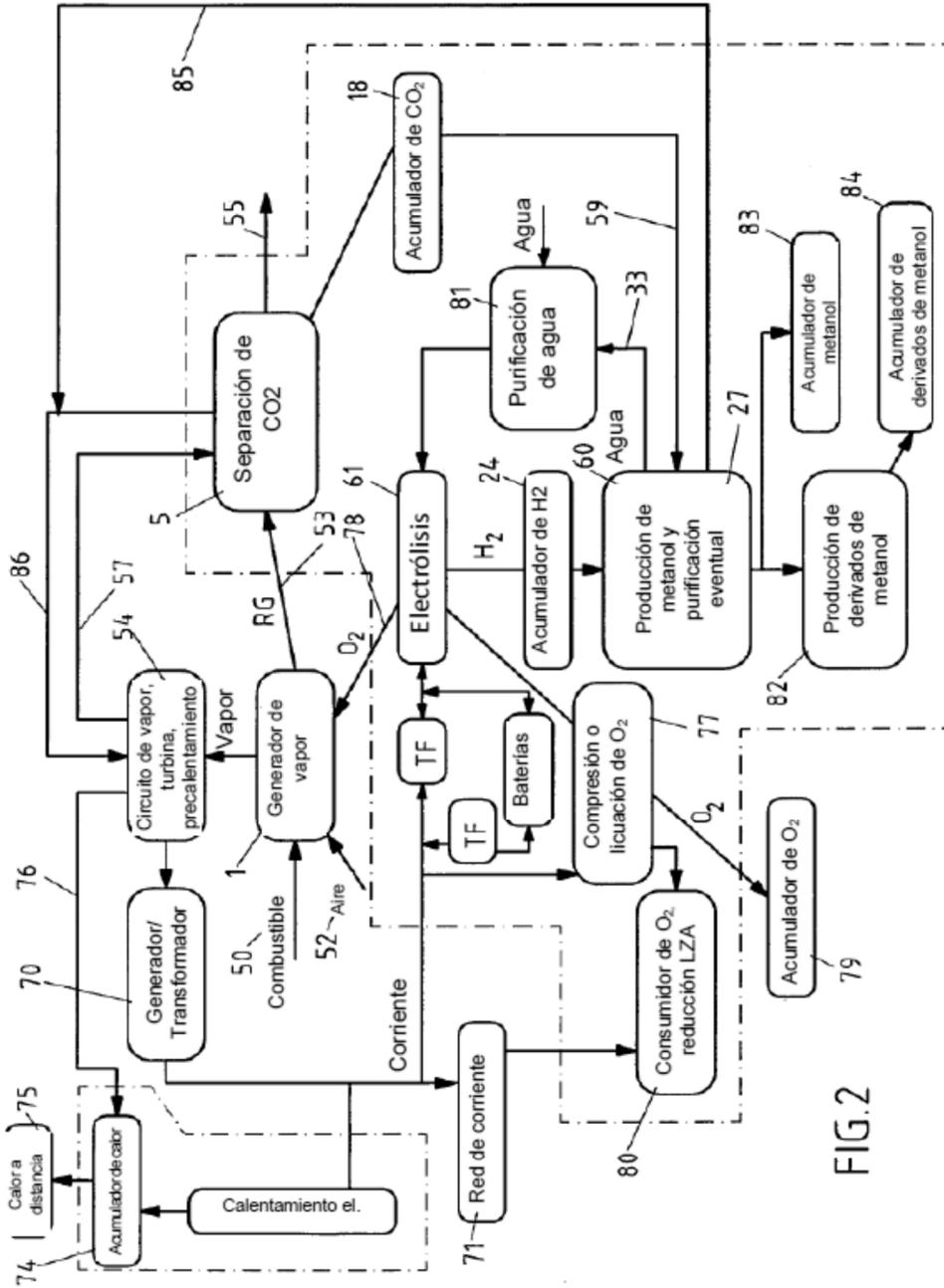


FIG.2