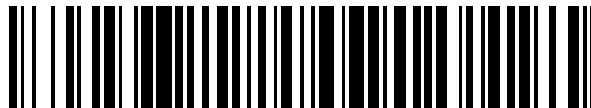


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 811**

51 Int. Cl.:

**F01K 7/16** (2006.01)

**F01K 23/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.01.2015 PCT/EP2015/051919**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.10.2015 WO15154894**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2015 E 15703547 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 3129610**

54 Título: **Proceso y dispositivo para almacenamiento y recuperación de energía**

30 Prioridad:

**11.04.2014 DE 102014105237**

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

**16.07.2019**

73 Titular/es:

**MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS  
EUROPE GMBH (100.0%)  
Schifferstrasse 80  
47059 Duisburg, DE**

72 Inventor/es:

**BERGINS, CHRISTIAN y  
BUDDENBERG, TORSTEN**

74 Agente/Representante:

**LLAGOSTERA SOTO, María Del Carmen**

ES 2 719 811 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**

Proceso y dispositivo para almacenamiento y recuperación de energía.

5 La presente invención se refiere a un proceso para almacenamiento y recuperación de energía, en el cual en un periodo de almacenamiento de energía se forma un producto de licuefacción del aire (LAIR) y en un periodo de recuperación de energía, con empleo de al menos una parte del producto de licuefacción del aire (LAIR) se forma una corriente de fluido a presión y en al menos un dispositivo de producción de energía se expande con producción de trabajo; donde en el periodo de almacenamiento de energía se obtiene el producto de licuefacción del aire (LAIR) por una compresión de aire realizada con aportación de energía, particularmente aportación de corriente, en un dispositivo de tratamiento del aire como medio fluido, en caso deseado se almacena en estado frío en un dispositivo de almacenamiento configurado como almacenamiento de líquido y en el periodo de recuperación de energía se conduce a una unidad de vaporización y en donde el producto del licuefacción del aire (LAIR) se expande con producción de trabajo al menos en el periodo de recuperación de energía después de un aumento de presión como la corriente de fluido a presión en el al menos un dispositivo de producción de energía, donde la corriente de fluido a presión se expande en un primer dispositivo de producción de energía y aguas abajo de este primer dispositivo de producción de energía se hace pasar a través de un dispositivo recuperador, en el cual se acopla a la corriente de fluido a presión energía térmica desacoplada de una corriente de gas de chimenea conducida al dispositivo recuperador, donde la corriente de gas de chimenea se conduce desde un segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible al dispositivo recuperador.

Adicionalmente, la invención se refiere a un dispositivo, particularmente para la realización de un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que está dispuesto para almacenamiento y recuperación de energía por formación de un producto de licuefacción del aire (LAIR) en un periodo de almacenamiento de energía y para la generación y expansión con producción de trabajo de una corriente de fluido a presión formada por utilización de al menos una parte del producto de licuefacción del aire (LAIR) en un periodo de recuperación de energía, que comprende un dispositivo de tratamiento del aire que puede operar con aporte de energía, particularmente aporte de corriente, por medio del cual puede generarse el producto de licuefacción del aire (LAIR) por compresión de aire como medio fluido, un dispositivo de almacenamiento del producto de licuefacción del aire, un dispositivo transportador que comprime el producto de licuefacción del aire (LAIR) aumentando la presión de la corriente de fluido a presión y al menos un dispositivo de producción de energía que está en conexión por tubería con el dispositivo transportador y que expande la corriente de fluido a presión con producción de trabajo, donde en la conexión por tubería en el sentido de la corriente del fluido a presión aguas abajo de un primer dispositivo de producción de energía atravesado por la corriente de fluido a presión está dispuesto un dispositivo recuperador atravesado por la corriente de fluido a presión, en el cual puede acoplarse a la corriente de fluido a presión energía térmica desacoplada de una corriente de gas de chimenea conducida al dispositivo recuperador, donde el dispositivo recuperador está en una conexión por tubería que conduce la corriente de gas de chimenea con un segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible.

40 Por ejemplo, por los documentos DE 31 39 567 A1 y EP 1 989 400 A1 se conoce la utilización de aire líquido o nitrógeno líquido, es decir productos de licuefacción del aire enfriados a muy baja temperatura, para regulación de la red y para la puesta a punto de potencia de regulación en redes de corriente.

45 Por ello, en momentos de corriente barata o momentos de corriente excedente, se licúa total o parcialmente aire en una planta de fraccionamiento de aire con un licuador integrado o en una planta de licuefacción específica, designada también generalmente como unidad de tratamiento del aire, para dar un producto de licuefacción del aire de esta clase. El producto de licuefacción del aire se almacena en un sistema de tanques con tanques de temperatura muy baja. Esta modalidad de operación se realiza en un periodo, que se designa en esta memoria como periodo de almacenamiento de energía.

50 En periodos de carga punta, el producto de licuefacción del aire se retira del sistema de tanques, se aumenta la presión por medio de una bomba y se calienta hasta aproximadamente la temperatura ambiente o más alta y se transforma de este modo en estado gaseoso o supercrítico. Una corriente a presión obtenida con ello se expande en una unidad de la central eléctrica en una o varias turbinas de expansión con calentamiento intermedio hasta la presión del ambiente. La potencia mecánica que se libera con ello se transforma en energía eléctrica en uno o varios generadores de la unidad de la central eléctrica y se alimenta a una red eléctrica. Esta modalidad de operación se realiza en un periodo que se designa en esta memoria como periodo de recuperación de energía.

60 El frío que se libera en la transformación del producto de licuefacción del aire en el estado gaseoso o supercrítico durante el periodo de recuperación de energía puede almacenarse y emplearse durante el periodo de almacenamiento de energía para la provisión de frío para la obtención del producto de licuefacción del aire.

65 Se conocen también centrales eléctricas de almacenamiento de aire comprimido, en las cuales el aire no se licúa, sin embargo, sino que se comprime en un compresor y se almacena en una caverna subterránea. En momentos de demanda alta de corriente, el aire comprimido se envía desde la caverna a la cámara de combustión de una turbina

de gas. Simultáneamente se conduce a la turbina de gas un combustible por una conducción de gas, por ejemplo, gas natural, y se quema en ella en la atmósfera formada por el aire comprimido. El gas residual producido se expande la turbina de gas, con lo cual se genera energía.

5 Por el documento DE 197 57 88 A1 se conoce un sistema de generación de corriente con una turbina de gas y un almacenamiento de energía, que comprende un depósito de almacenamiento para almacenar aire líquido, un dispositivo de vaporización para vaporizar el aire líquido almacenado en el depósito de almacenamiento, una cámara de combustión para la generación de un gas de combustión por combustión del aire vaporizado en el dispositivo de vaporización y un combustible, y adicionalmente una turbina de gas, que es operada por el gas de combustión  
10 generado en la cámara de combustión y un generador de turbinas de gas, que está conectado con la turbina de gas para la generación de corriente eléctrica. Para la conducción del aire líquido al dispositivo de vaporización, está prevista una unidad de aumento de presión por medio de la cual el aire líquido almacenado en el depósito de almacenamiento se lleva a una presión que es más alta que la presión del aire que se conduce a la cámara de combustión. Adicionalmente, el sistema comprende una turbina de expansión que opera por expansión del aire  
15 vaporizado en el dispositivo de vaporización, y un combinado turbinas de expansión-generador, que está conectado con la turbina de expansión para la generación de corriente eléctrica.

Una combinación de una turbina de gas con una planta de producción de energía que genera corriente por medio de un producto de licuefacción del aire que se expande se conoce por US 3. 631. 673 A.

20 La posibilidad de licuar aire y almacenarlo como producto de licuefacción del aire en un tanque, desde el cual se conduce más tarde el mismo a un escalón de expansión generadora de corriente, se conoce por US 2011/0132. 032.

La presente invención debe diferenciarse también de procesos y dispositivos en los cuales se introduce en una  
25 turbina de gas un fluido enriquecido en oxígeno para el apoyo de reacciones de oxidación. Procesos y dispositivos respectivos operan básicamente con productos de licuefacción del aire, que contienen (claramente) más de 40% en moles de oxígeno.

Un proceso genérico de este tipo se conoce por el documento AT 012 844 U1. En este proceso, se hace funcionar  
30 un dispositivo de transformación de energía asociado a un motor de gas conforme un proceso orgánico según Rankine, donde el calor perdido del motor de gas se conduce al dispositivo de transformación de energía para la vaporización de un medio de trabajo al menos bifásico y se conduce al dispositivo de transformación de energía para la condensación del medio de trabajo aire frío licuado desde un dispositivo de almacenamiento de aire líquido.

35 La combinación de una turbina de gas con el aprovechamiento de un producto de licuefacción del aire, donde tiene lugar un intercambio de calor entre el gas residual de la turbina de gas y el producto de licuefacción del aire y que pone en funcionamiento no sólo un generador con el producto de licuefacción del aire en un escalón de expansión para la generación de corriente sino también por medio de la turbina de gas un generador para la generación de corriente, así como un proceso genérico de este tipo, se conocen por US 2012/0151961 A1.

40 La rentabilidad de procesos y dispositivos correspondientes se ve influida notablemente por el grado de eficacia global.

45 Así pues, la invención se propone como objetivo mejorar a este respecto los procesos y dispositivos correspondientes.

Adicionalmente, la invención se propone como objetivo proporcionar una solución, con la cual centrales eléctricas de gas y vapor o turbinas de gas abiertas existentes se proveen de un almacenamiento de energía.

50 Los presentes objetivos se resuelven con un proceso de acuerdo con la reivindicación 1 y un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10. Realizaciones convenientes y ventajosas de la invención son objeto de las reivindicaciones subordinadas correspondientes.

60 Para la resolución del presente objetivo, la invención propone un proceso, en el cual la corriente de fluido a presión, particularmente corriente de aire, se expande en un primer dispositivo de producción de energía y aguas abajo de este primer dispositivo de producción de energía se hace pasar por un dispositivo recuperador, particularmente una caldera de recuperación, en el cual se acopla a la corriente del fluido a presión energía térmica desacoplada de una corriente de gas de chimenea conducida desde uno del dispositivo recuperador, particularmente la caldera de recuperación, donde la corriente de gas de chimenea se conduce desde un segundo dispositivo de producción de energía alimentado con combustible, particularmente una turbina de gas, al dispositivo recuperador, particularmente a la caldera de recuperación, y donde la corriente de fluido a presión se expande en un primer escalón de expansión del primer dispositivo de producción de energía a una presión de  $\geq 10$  bar, se bifurca luego una corriente parcial y se conduce al segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible.

Asimismo, la invención propone para la resolución de los presentes objetivos un dispositivo, particularmente para la realización de un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el cual está dispuesto, en conexión por tubería, aguas abajo en el sentido de la corriente de la corriente de fluido a presión de un primer dispositivo de producción de energía recorrido por la corriente de fluido a presión, particularmente una caldera de recuperación, en el cual/la cual puede acoplarse a la corriente de fluido a presión energía térmica desacoplada de uno del dispositivo recuperador, particularmente la caldera de recuperación, energía térmica desacoplada de la corriente de gas de chimenea, donde el dispositivo recuperador, particularmente la caldera de recuperación, está en conexión por tubería, que conduce la corriente de gas de chimenea, con un segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente una turbina de gas, y donde el primer y el segundo dispositivos de producción de energía están uno con otro en conexión por tubería en una corriente parcial de la corriente de fluido que conduce desde el primer dispositivo de producción de energía al segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible.

El dispositivo de acuerdo con la invención se caracteriza por que el primer y el segundo dispositivo de producción de energía están conectados uno a otro en conexión por tubería que conduce una corriente parcial de la corriente de fluido a presión.

La invención se refiere por tanto a la Tecnología de Almacenamiento de la Energía del Aire Líquido (LAES), en la cual se emplea corriente eléctrica para producir y almacenar aire líquido. El aire líquido puede llevarse más tarde en caso de necesidad (alta) de corriente con una bomba energéticamente eficiente a presión elevada y expandirse luego por calentamiento en un dispositivo de producción de energía.

Gracias a la invención es posible ahora proveer y complementar también centrales eléctricas de gas y vapor existentes, que tienen también una turbina de gas y al menos un dispositivo de producción de energía, con un almacenamiento de energía de un producto de licuefacción del aire. De este modo, puede alcanzarse una eficiencia mayor con costes de inversión aceptables. No obstante, la invención es ventajosa también para construcciones nuevas desde el punto de vista de la mejora de la eficiencia.

Para la consecución de estos objetivos, la invención propone prever, además de un (segundo) dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, un primer dispositivo de producción de energía atravesado por la corriente de fluido a presión obtenida por la vaporización del producto de licuefacción del aire y expandido en ella, y acoplar térmicamente al mismo tiempo la corriente de fluido a presión conducida desde el primer dispositivo de producción de energía a la corriente de gas de chimenea procedente del segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible en un recuperador o caldera de recuperación uno a otro de tal manera que la energía térmica desacoplada de la corriente de gas de chimenea se acopla a la corriente de fluido a presión. De este modo es posible calentar la corriente de fluido a presión que exhibe en este campo a la temperatura ambiente una presión de 40 a 100 bar hasta una temperatura  $>400$  °C, particularmente  $>450$  °C y particularmente hasta una temperatura de 500 °C.

La invención prevé por tanto en la realización del proceso, que la corriente de fluido a presión se envía al recuperador con una presión de 30-100 bar, preferiblemente 55-75 bar, y en el mismo por medio de la energía térmica acoplada se calienta a una temperatura de  $> 400$  °C, particularmente  $> 450$  °C.

Para la realización de una central eléctrica de gas y vapor con el proceso correspondiente a la invención y el dispositivo correspondiente a la invención, una central eléctrica de este tipo puede operarse en primer lugar como central eléctrica "normal" de gas y vapor o como central eléctrica de carga punta. Sin embargo, también es posible, incluso cuando los dispositivos de almacenamiento de energía están presentes con la licuefacción del aire, no operar ésta, sino hacer funcionar exclusivamente el "segundo" dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente una turbina de gas. En este caso, el recuperador o caldera de recuperación no se utiliza para calentamiento de la corriente de fluido a presión. Sin embargo, cuando se conecta la parte de almacenamiento de energía, está disponible inmediatamente potencia de salida adicional, si se tiene a disposición aire licuado en un dispositivo de almacenamiento de productos de licuefacción del aire. Un dispositivo de almacenamiento de productos de licuefacción del aire de este tipo, particularmente un tanque de almacenamiento de aire líquido, permite además la absorción de cantidades de corriente excedentarias de la red, cuando el dispositivo de tratamiento del aire asociado y particularmente el dispositivo compresor del aire que licúa el aire se hace funcionar con corriente excedentaria de la red. En este caso se proporciona además la posibilidad de operar plantas de potencia para gas o potencia para combustible, que toman de la red la corriente excedente que procede por ejemplo de la generación por medio de energías renovables y la almacenan en forma de agua y/o combustible carbonoso.

Debido a la realización correspondiente a la invención, pueden emplearse en todas las variantes del proceso turbinas de gas, que tienen que modificarse sólo ligeramente con respecto a las máquinas de serie conocidas. Los expansores del aire necesario adicionalmente, es decir la unidad de expansión que constituye el escalón de expansión, particularmente una turbina de expansión del primer dispositivo de producción de energía, se conocen también como derivados, están disponibles en el mercado de turbinas de vapor, y pueden obtenerse de éste sin

problemas y sin un coste excesivo. Asimismo, es posible modificar el recuperador o la caldera de recuperación previstos de acuerdo con la invención por adaptación de poca importancia de calderas de recuperación conocidas en relación con centrales eléctricas de gas y vapor.

5 Para presiones de la corriente de fluido a presión de 50 bar hasta 80 bar y temperatura de entrada de la corriente de fluido a presión en el primer dispositivo expansor de producción de energía, particularmente en el escalón de expansión, de 450 °C hasta 550 °C son posibles eficiencias de almacenamiento con ayuda del almacenamiento de frío y licuefacción del aire superiores a 50%. Si se prevén además otras medidas adicionales, como la conducción de frío adicional procedente de procesos externos o la introducción de aire comprimido en el segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente turbina de gas, la eficiencia puede aumentarse entonces hasta 55 a 65%. Adicionalmente, si el calor residual que se produce en la compresión del aire en el dispositivo compresor de aire o la planta de compresión del aire se alimenta a una red de calor a distancia o se alimenta a una red de calor de procesos y se conduce con ello a una utilización en otro lugar, entonces son posibles grados de aprovechamiento referidos al combustible (eficiencia de combustible en el caso de desalmacenamiento de energía) superiores a 80%, en casos particulares incluso hasta 100%.

Además es posible realizar ventajosamente con la invención la combinación de un almacenamiento de energía química con un almacenamiento de aire líquido (Liquid Air Energy Storage = LAES), cuando se hace funcionar en el sitio de la planta LAES una planta que, mediante la transformación de CO<sub>2</sub> preferiblemente con hidrógeno procedente de una electrólisis, permite la producción de metano, metanol o dimetiléter, productos que pueden enviarse luego como combustible al segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible.

En la realización, la invención prevé que la corriente de fluido a presión se expanda a una presión de  $\leq 0,2$  bar en al menos un escalón de expansión, particularmente una primera turbina de expansión, del primer dispositivo de producción de energía. Preferiblemente, la corriente de fluido a presión expandida se devuelve al ambiente.

En este caso es ventajoso que la corriente de fluido a presión de acuerdo con la invención se expande en un primer escalón de expansión, particularmente la primera turbina de expansión, del primer dispositivo de producción de energía a la presión de  $\geq 10$  bar, preferiblemente a una presión entre 10 bar y 25 bar, después de lo cual se bifurca la corriente parcial y se conduce al segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente su cámara de combustión.

Un acoplamiento adicional conveniente y ventajoso entre el primer dispositivo de producción de energía y el segundo dispositivo de producción de energía se obtiene también en una realización de la invención de tal manera que la corriente de fluido a presión en el primer escalón de expansión, particularmente una primera turbina de expansión, del primer dispositivo de producción de energía se expande a una presión de  $\geq 10$  bar, preferiblemente  $\geq 14$  bar, después de lo cual la corriente parcial se bifurca y se conduce al segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente su cámara de combustión, y la corriente parcial residual remanente se conduce a un tercer escalón de expansión, particularmente una tercera turbina de expansión, del primer dispositivo de producción de energía.

En un acoplamiento de este tipo del primer dispositivo de producción de energía y el segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible es conveniente además adaptar la corriente parcial de la corriente de fluido a presión conducida al segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible desde el primer dispositivo de producción de energía a la caudal másico de aire. Así pues, la invención se caracteriza además porque la corriente parcial de la corriente de fluido a presión conducida al segundo dispositivo de producción de energía, particularmente una cámara de combustión del segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, corresponde a 2-40%, preferiblemente 5-15%, de la caudal másico de aire, que se comprime en la operación del segundo dispositivo de producción de energía, particularmente la turbina de gas, por al menos un escalón de compresión, particularmente una turbina de compresión, del segundo dispositivo de producción de energía.

El aire conducido y/o la corriente de fluido parcial conducida al segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente la turbina de gas, puede/pueden conducirse en este caso a un escalón de compresión o un compresor o particularmente una turbina de compresión, pero también es posible conducir la parte de la caudal másico del aire indicada anteriormente y/o la corriente de fluido a presión del segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente turbina de gas, para enfriamiento de hélices y paletas.

La corriente parcial de la corriente de fluido a presión retirada después de una expansión parcial del primer escalón de expansión, particularmente de la primera turbina de expansión, del primer dispositivo de producción de energía y conducida al segundo dispositivo de producción de energía abandona el primer dispositivo de producción de energía preferiblemente a una temperatura comprendida en el intervalo de 150 °C a 450 °C, particularmente de 300 °C a 400 °C.

65

El segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible puede estar configurado como turbina de gas de dos ejes, a la cual se conduce la corriente parcial de la corriente de fluido a presión procedente del primer dispositivo de producción de energía, donde en la turbina de gas de dos ejes pueden regularse las velocidades de rotación de los ejes independientemente uno de otro y al menos un eje está configurado de modo que puede regularse su velocidad de rotación.

En el recuperador o caldera de recuperación puede tratarse de un cambiador de calor tubular, en el cual la corriente de gas de chimenea conducida en uno o varios escalones cede el calor residual de la corriente de fluido a presión fría afluyente, siendo conducida la corriente de fluido a presión fría en el interior de los tubos del cambiador de calor tubular. No obstante, también es posible realizar el acoplamiento de calor a partir de la corriente de gas de chimenea en un recuperador o caldera de recuperación, que está configurado como cambiador de calor de placas que comprende uno o varios escalones, donde la caldera de recuperación cede a la corriente fría de fluido a presión conducida. También en este caso la corriente de fluido a presión es conducida en el interior del cambiador de calor de placas o de sus tubos. Naturalmente, es posible también el establecimiento de dos o más recuperadores/calderas de recuperación. El o los recuperador(es)/caldera(s) de recuperación comprenden preferiblemente uno o varios escalones de intercambio de calor, cuyos tubos o placas están constituidos por un material austenítico. Para ello, los cambiadores de calor de placas o de tubos pueden estar formados - al menos parcialmente - como tubos acanalados externamente. Dado que el recuperador/caldera de recuperación puede estar configurado en principio de este modo, como lo están estas calderas de recuperación o recuperadores de las centrales eléctricas de gas y vapor, a través de los cuales se hace pasar en éstas el gas residual o gas de chimenea de la turbina de gas, puede estar previsto también en este caso, que los dispositivos de intercambio de calor estén dispuestos horizontal o verticalmente. También es posible, para el calentamiento de la corriente de fluido a presión, prever superficies de intercambio de calor a las cuales se conduzca para el aporte de calor a la corriente de fluido a presión vapor y/o agua muy caliente desde una segunda planta de generación de energía asociada (en paralelo) o desde un almacenamiento.

Tales plantas se conocen entonces particularmente como centrales eléctricas convencionales de gas y vapor, estando equipadas al mismo tiempo con un catalizador, que realiza una desnitrificación de la corriente de gas de chimenea conducida a través del cambiador de calor, es decir el recuperador/caldera de recuperación. Para ello, el cambiador de calor o recuperador/caldera de recuperación está constituido al menos por dos etapas y entre las etapas está dispuesto un aparato para la desnitrificación de la corriente de gas de chimenea por medio de un catalizador y por ejemplo amoniaco o agua amoniacal. La invención se caracteriza también en un perfeccionamiento por que la corriente de gas de chimenea se hace pasar a través de un dispositivo recuperador, particularmente una caldera de recuperación, que efectúa una desnitrificación. La invención se caracteriza adicionalmente en un perfeccionamiento del proceso porque a la corriente de gas de chimenea conducida al dispositivo recuperador antes de la entrada en el dispositivo recuperador se añade una corriente de aire fresco que tiene la temperatura ambiente en una cantidad tal que la corriente de gas de chimenea antes de la entrada en el dispositivo recuperador se enfría a una temperatura entre 250 y 500 °C, particularmente entre 310 y 430 °C. Además, en este caso es conveniente realizar también complementaria o alternativamente un enfriamiento de la corriente de gas de chimenea por medio de una pulverización de agua. La invención se caracteriza por tanto adicionalmente por que la corriente de gas de chimenea antes de la entrada en el dispositivo recuperador se enfría por medio de una pulverización de agua a una temperatura de 250 °C hasta 500 °C, particularmente entre 310 °C y 430 °C.

Con ello se resuelve el problema de que, en una central eléctrica combinada turbinas de gas-LAES durante la operación simple del sistema de turbinas de gas en el modo de turbinas de gas de la central eléctrica combinada, la corriente de gas de chimenea del segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente una turbina de gas, en el dispositivo recuperador no es enfriada por la corriente de fluido a presión conducida también a través del dispositivo recuperador. Con ello, el gas de chimenea tendría entonces al entrar en el interior del aparato de desnitrificación o dispositivo de desnitrificación catalítica configurado dentro del dispositivo recuperador una temperatura de aproximadamente 510 °C a 550 °C, que es demasiado alta para la operación a una temperatura de desnitrificación catalítica. Tales dispositivos de desnitrificación catalítica que hacen posible una reducción catalítica selectiva (reducción catalítica selectiva "SCR"), requieren sin embargo una ventana de temperatura, que se encuentra en el intervalo de 310 °C a 430 °C. Por encima de esta ventana de temperatura el catalizador existente en el dispositivo de desnitrificación respectivo comienza a sinterizarse, y por debajo de esta ventana de temperatura la reacción catalítica de los óxidos de nitrógeno es demasiado lenta para realizar en el margen del tiempo de residencia convencional una desnitrificación suficiente de la corriente de gas de chimenea.

En este caso puede preverse que la corriente de gas de chimenea procedente del segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente de la/de una turbina de gas, esté impulsada con aire ambiente, particularmente por medio de una aireación adicional, es decir que alcance una temperatura mixta que se encuentre dentro del campo de temperatura/ventana de temperatura permisible para la operación de un catalizador SCR. Esta corriente de aire adicional se conduce con un caudal másico que, dependiendo de la temperatura de salida de la corriente de gas de chimenea del segundo dispositivo de producción de energía, está próxima a por ejemplo 40% en peso del caudal másico de gas de chimenea. En este caso puede preverse que la mezcla del aire ambiente frío en el camino del gas de chimenea existente se realice por medio de superficies

5 muy calientes del recuperador no utilizadas. No obstante, también es posible prever y establecer un camino separado del gas de chimenea, que esté dispuesto exclusivamente para este caso de operación del modo de las turbinas de gas, y sea atravesado entonces por la corriente de gas de chimenea. Una posibilidad adicional consiste en instalar en el camino del gas de chimenea existentes canales de derivación conmutables opcionales, que  
 10 aumentan de este modo la sección transversal que puede ser atravesada por la corriente de gas de chimenea y reducen con ello la velocidad de la corriente del gas de chimenea y la pérdida de presión. Sin embargo, los canales de derivación pueden estar previstos también, particularmente para la derivación de las superficies muy calientes del recuperador, dado que estas superficies muy calientes representan la sección transversal mínima de la corriente en el modo LAES de la central eléctrica, en el cual funciona tanto el almacenamiento de aire líquido como la turbina de gas.

15 Alternativamente, en una realización puede preverse también que la corriente de gas de chimenea sea enfriada por medio de una pulverización de agua antes de alcanzar la superficie del catalizador o el aparato catalizador. Una solución de este tipo puede hacer necesario también eventualmente, que después del atravesamiento del aparato o dispositivo o dispositivo catalizador tenga que pulverizarse todavía agua, a fin de disminuir adicionalmente la temperatura del gas de chimenea, y ajustar tales condiciones en el lado del gas residual del dispositivo recuperador como las que se alcanzan también en una operación LAES, a la cual es conducida la corriente fría de fluido a presión por el dispositivo recuperador.

20 En un dispositivo recuperador provisto de un dispositivo de desnitrificación puede estar previsto además prever ya también en el segundo dispositivo de producción de energía, medidas que conduzcan a una disminución de temperatura de la corriente de gas de chimenea. En este caso es posible por ejemplo operar el compresor de aire o el dispositivo de compresión del aire de la planta de licuefacción del aire y utilizar el aire comprimido generado con  
 25 ello para el enfriamiento de las superficies muy calientes del recuperador, que están dispuestas en el sentido de la corriente de gas de chimenea antes del aparato de desnitrificación en el dispositivo recuperador. El aire comprimido generado en este caso puede llevarse luego a un escalón de expansión o turbina de expansión de un dispositivo de producción de energía y utilizarse para la generación de corriente. Sin embargo, también es posible enfriar la corriente de gas de chimenea por medio de una superficie muy caliente adicional y/o existente del dispositivo recuperador, en el cual esta superficie muy caliente adicional/existente es atravesada con un fluido, que se utiliza a continuación para la carga de un almacenamiento térmico. Dado que un almacenamiento térmico tiene siempre una capacidad limitada y la duración del modo de turbinas de gas de la central eléctrica tiene que configurarse  
 30 variablemente en lo que respecta a su duración, se prevé por tanto la posibilidad de disipar al ambiente cantidades de calor purgadas de la corriente de gas de chimenea por medio de un proceso de intercambio de calor adicional. El almacenamiento térmico puede comprender en este caso tanto un medio de almacenamiento gaseoso como un medio líquido o sólido. El calor almacenado puede aprovecharse subsiguientemente, en el modo LAES puro, es decir sin operación de turbinas de gas, para precalentar el aire líquido almacenado en forma de la corriente de fluido a presión antes de la expansión en un escalón de expansión del primer dispositivo de producción de energía, en caso de que, por ejemplo, el segundo dispositivo de producción de energía no estuviera en operación.

40 En general, es posible también operar un dispositivo correspondiente a la invención solamente con el proceso correspondiente a la invención, en el cual el aire almacenado criogénicamente y licuado se comprime con una bomba y se vaporiza en una unidad de vaporización. La corriente de fluido a presión (aproximadamente 60 bar) que se consigue entonces tiene una temperatura próxima a la temperatura ambiente (20 °C). Dado que en esta modalidad de operación en el modo LAES además el segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente turbina de gas, está también en operación, se aprovecha entonces el calor residual de la corriente de gas de chimenea para calentar el aire procedente en forma de la corriente de fluido a presión de un almacenamiento de aire líquido, es decir de un dispositivo de almacenamiento, a una temperatura que está próxima a la temperatura de la corriente de gas de chimenea. La corriente de fluido a presión precalentada de este modo se expande luego en un escalón de expansión del primer dispositivo de producción de energía conectada aguas abajo en el sentido de la corriente. En este modo LAES, el primer y el segundo dispositivos de producción de energía operan por tanto en paralelo y se aprovechan para producción de corriente. En el caso de una modalidad de operación en modo GT (turbina de gas), en el cual está en operación exclusivamente el segundo dispositivo de producción de energía, la producción de corriente opera sólo con este segundo dispositivo de producción de energía.

55 El dispositivo de tratamiento del aire que comprende el dispositivo de compresión, así como la unidad de licuefacción y la unidad de vaporización puede acoplarse preferiblemente a la red de calor a distancia o a una red de calor de procesos. En este caso, el calor procedente de la compresión del aire (aparato de compresión) y/o de la unidad de licuefacción se envía a una red de calor a distancia o a una red de calor de procesos. La invención se caracteriza por tanto en un perfeccionamiento por que, el calor residual de la compresión que se produce en la  
 60 compresión del aire en el dispositivo de tratamiento del aire se almacena y/o se pone a disposición como calor a distancia y/o como calor de procesos. No obstante, también es posible suministrar más tarde al menos una parte de este calor residual de la compresión almacenado como calor de procesos a la unidad de vaporización y/o a la corriente de fluido a presión antes de su entrada en el dispositivo recuperador para la vaporización y/o para calentamiento/calefacción del producto de licuefacción del aire. Por otra parte, la energía necesaria para la  
 65

vaporización y/o calentamiento/calefacción del producto de licuefacción del aire puede proceder también de una planta paralela de generación de energía.

5 La invención prevé también en su diseño, que a partir de la corriente de aire residual que abandona el primer dispositivo de producción de energía y/o de la corriente de gas de chimenea que abandona el dispositivo recuperador se desacople energía térmica y se ponga a disposición como calor a distancia y/o calor de procesos.

10 En la parte de licuefacción del dispositivo o planta correspondiente a la invención puede estar previsto que se conduzca a la unidad de licuefacción frío excedentario de procesos a distancia, es decir procesos que no están directamente en asociación con el proceso correspondiente a la invención. Un proceso a distancia de este tipo puede ser la vaporización de gas natural o gas natural licuado. La invención se caracteriza por tanto en un perfeccionamiento porque, al dispositivo de tratamiento del aire que comprende una unidad de licuefacción, una unidad de vaporización y preferiblemente un almacenamiento de frío, se lleva frío producido en otros procesos de vaporización, particularmente frío procedente de la vaporización de gas natural o gas natural licuado.

15 El segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible puede alimentarse con los combustibles más diversos. En este caso puede tratarse de un combustible, cuya generación se basa en el almacenamiento de corriente eléctrica en forma de energía química, que se produce en este caso por síntesis. En este caso puede tratarse de hidrógeno procedente de una electrólisis, de metano procedente de una planta de potencia para gas, en donde en la planta de potencia para gas hidrógeno procedente de una electrólisis, preferiblemente con CO<sub>2</sub> procedente de un gas de chimenea se transforma en metano, o de dimetiléter (DME). Preferiblemente, estos combustibles sintéticos tienen una proporción que corresponde a la energía almacenada en el aire líquido, es decir la corriente de fluido a presión, en relación con el total de la cantidad de combustible introducida en la turbina de gas. La energía (energía de reacción) del combustible del segundo dispositivo de producción de energía puede proceder de energía nuclear o energía renovable, por ejemplo, geotérmica, fotovoltaica, termosolar (CSP), energía eólica o de biomasa. Particularmente, los átomos de carbono del combustible pueden proceder en el almacenamiento de energía de combustibles fósiles reciclados energéticamente o del CO<sub>2</sub> que se forma a partir de los mismos por su combustión u oxidación.

20 25 30 En el sitio del dispositivo correspondiente a la invención con una planta de almacenamiento de energía por medio de aire licuado puede instalarse adicionalmente una planta del almacenamiento de energía química, que almacena energía por medio de electrólisis y/o potencia para gas y/o potencia para combustible, y donde este combustible almacenado puede constituir parcial o totalmente el combustible del segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible.

35 40 Como se ha mencionado ya anteriormente, para la optimización de la eficiencia energética de un dispositivo correspondiente a la invención para la realización de un proceso correspondiente a la invención particularmente de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1-9, es decir, de una planta de almacenamiento de energía o dispositivo de almacenamiento de energía, puede aprovecharse la energía térmica presente en la corriente de gas de chimenea en el sentido de la corriente después del dispositivo recuperador y la existente en el aire residual que se forma después de la expansión de la corriente de fluido a presión en el primer dispositivo de producción de energía, o aprovecharse también la energía del calor residual existente en la producción de combustibles almacenables para la puesta a disposición de calor de procesos o calor a distancia.

45 En un perfeccionamiento, la invención prevé que el primer dispositivo de producción de energía y/o el segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente la/una turbina de gas, esté/estén configurados como turbina generadora.

50 En este caso se prevé además ventajosamente que el primer dispositivo de producción de energía y/o el segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente la/una turbina de gas, tenga/tengan al menos uno de los escalones de expansión que expanden la corriente de fluido a presión conducida, particularmente una turbina de expansión.

55 Un perfeccionamiento correspondiente a la invención consiste también en que el primer dispositivo de producción de energía y/o el segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible, particularmente la/una turbina de gas, tenga/tengan al menos uno de los escalones compresión que comprime(n) la corriente de fluido a presión conducida y/o el aire conducido, particularmente una turbina de compresión.

60 De acuerdo con un perfeccionamiento de la invención es ventajoso que, dentro del dispositivo recuperador, particularmente la caldera de recuperación, esté configurado y dispuesto un dispositivo de desnitrificación del gas de chimenea, preferiblemente entre dos etapas de intercambio de calor, lo que prevé asimismo la invención.

65 De acuerdo con una realización adicional de la invención, es ventajoso que el dispositivo de tratamiento del aire esté configurado de tal manera que el mismo comprenda una unidad de licuefacción y una unidad de vaporización, así como preferiblemente una unidad de almacenamiento de frío.



En general, el dispositivo correspondiente a la invención está dispuesto finalmente para que pueda realizarse con el mismo el proceso correspondiente a la invención, por lo cual el mismo tiene medios que están dispuestos para la realización de un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-9.

5 La invención se ilustra con mayor detalle a continuación con ayuda de un dibujo ilustrativo.

Éste representa en las Figuras 1-9 ejemplos de realización del dispositivo correspondiente a la invención para la realización del proceso correspondiente a la invención en representación esquemática.

10 En las Figuras 1-9 se ilustran con referencias idénticas elementos, dispositivos, dispositivos y corrientes de fluido iguales, análogos, o que se corresponden básicamente unos a otros y se ilustra de nuevo la claridad de exposición, pero no en todos los casos. Esto es tanto más válido, cuanto que las variantes de realización individuales de acuerdo con las Figuras 1-9 se diferencian unas de otras exclusivamente en campos parciales.

15 La Figura 1 muestra un dispositivo correspondiente a la invención en forma de una planta de almacenamiento de energía 1 y de una planta de producción de energía 2. En la planta de almacenamiento de energía 1 está formado en un período de almacenamiento de energía un producto de licuefacción del aire (LAIR). Para ello se produce en un dispositivo de tratamiento del aire 3, que comprende un dispositivo de compresión 5 que opera con corriente 4, una unidad de licuefacción 6 y una unidad de vaporización 7 con almacenamiento de frío asociado 8, un producto de licuefacción del aire (LAIR) a partir del aire 9 conducido desde el dispositivo de compresión 5. El producto de licuefacción del aire (LAIR) se almacena (almacenamiento intermedio 20) en un dispositivo de almacenamiento 10 configurado como almacenamiento de líquido, de tal manera que esta unidad de almacenamiento 10 configura un dispositivo de almacenamiento de producto de licuefacción del aire. Para poder aprovechar de nuevo la energía almacenada en este producto de licuefacción del aire (LAIR) en la planta de producción de energía 2, se conduce el mismo en un período de recuperación de energía con ayuda de un dispositivo transportador configurado como bomba 11 a la unidad de vaporización 7, después de cuyo atravesamiento el producto de licuefacción del aire se encuentra en forma de una corriente de fluido a presión "fría" 12 con una presión entre 30 y 10 bar, preferiblemente 30 y 90 bar, particularmente 40 a 70 bar, y de modo muy particularmente preferido 55-75 bar, y a temperatura ambiente. En este caso, es posible también que el producto de licuefacción del aire (LAIR) no se almacene en la unidad de almacenamiento intermedio 10, sino que se conduzca directamente después de su generación a la bomba 11. La corriente de fluido a presión "fría" 12 se conduce a través de un dispositivo recuperador 13 a un primer dispositivo de producción de energía 14. En el ejemplo de realización de acuerdo con la Figura 1 el primer dispositivo de producción de energía 14 comprende un primer escalón de expansión 15 con generador acoplado 16, donde el primer escalón de expansión 15 está configurado como turbina de expansión.

35 La planta de producción de energía 2 comprende adicionalmente un segundo dispositivo de producción de energía 17 alimentado por combustible, que está configurado como unidad de turbina de gas 18, particularmente como turbina de gas abierta 18a con generador acoplado 19. La unidad de turbinas de gas 18 tiene un escalón de compresión 20, particularmente una turbina de compresión, por medio de la cual el aire conducido 41 se comprime y se envía a una cámara de combustión 21. En la cámara de combustión 21, el aire comprimido 41 se quema con adición de un combustible, en el ejemplo de realización gas natural 40, y la corriente de gas residual formada en el mismo se conduce a un segundo escalón de expansión 22, particularmente una turbina de expansión, de la unidad de turbinas de gas 18. El gas de chimenea que abandona el segundo escalón de expansión 22, que tiene una temperatura superior a 400 °C, particularmente una temperatura comprendida en el intervalo de 450-500 °C, se conduce también como corriente de gas de chimenea 23 al dispositivo recuperador 13. En el dispositivo recuperador 13, tiene lugar un intercambio de calor entre la corriente de gas de chimenea 23 y la corriente de fluido a presión 12, de tal modo que se desacopla energía térmica de la corriente de gas de chimenea 23 y se acopla a la corriente de fluido a presión 12. Después del atravesamiento del dispositivo recuperador 13, que está configurado en forma de una caldera de recuperación, la corriente de fluido a presión 12 tiene una temperatura superior a 400 °C, preferiblemente superior a 450 °C, particularmente una temperatura comprendida en el intervalo de 500-550 °C. Esta corriente de fluido a presión 12 calentada ahora a mayor temperatura se conduce al escalón de expansión 15 del primer dispositivo de producción de energía y se expande de tal manera que el aire 24 cedido al ambiente tiene ahora una presión de  $\leq 0,2$  bar. Por esta operación combinada del primer dispositivo de producción de energía 14 y el segundo dispositivo de producción de energía 17 se genera corriente eléctrica por medio de ambos generadores 16 y 19.

En la forma de realización de acuerdo con la Figura 2, a diferencia de la forma de realización de acuerdo con la Figura 1, se bifurca desde el primer escalón de expansión 15 del primer dispositivo de producción de energía 14 una corriente parcial 25 de la corriente de fluido a presión 12, después de lo cual la corriente de fluido a presión se expande en el primer escalón de expansión 15 a una presión de  $> 10$  bar, preferiblemente a una presión entre 10 bar y 25 bar. Esta corriente parcial 25 de la corriente de fluido a presión se conduce a la cámara de combustión 21 del segundo dispositivo de producción de energía 17. Adicionalmente, de la corriente de aire comprimido en el escalón de compresión 20 se bifurca una corriente parcial 34 de aire 41, que al final del escalón de compresión 20 tiene una temperatura de aproximadamente 450 °C, y se mezcla con la corriente de fluido a presión 12 aguas abajo del dispositivo recuperador 13, de tal modo que ésta se calienta ya antes de la entrada en el dispositivo recuperador 13.

En este caso, la corriente parcial 25 puede mezclarse también con la corriente parcial residual del aire comprimido 41 conducida a la cámara de combustión 21 antes de su entrada en la cámara de combustión 21, como se representa punteado en la Figura 2.

5 El perfeccionamiento adicional es como en la forma de realización de acuerdo con la Fig.1.

La forma de realización de acuerdo con la Figura 3 se diferencia ahora, comparada con las formas de realización anteriores, en que el escalón de expansión del primer dispositivo de producción de energía 14 está configurado en 2 escalones y comprende el primer escalón de expansión 15 y un tercer escalón de expansión 15a. En este caso, la corriente de fluido a presión 12 se expande en el primer escalón de expansión 15 a una presión de > 10 bar, preferiblemente >14 bar, y se conduce luego al tercer escalón de expansión 15a. Entre los escalones de expansión primero y tercero 15, 15a se bifurca una corriente parcial 26 de la corriente de fluido a presión 12 y se envía a la cámara de combustión 21 del segundo dispositivo de producción de energía 17. La corriente parcial residual 12a restante de la corriente de fluido a presión 12 se conduce al tercer escalón de expansión 15a del primer dispositivo de producción de energía 14.

La forma de realización de acuerdo con la Figura 4 se diferencia de la realización de acuerdo con la Figura 3 exclusivamente en que el escalón de expansión del segundo dispositivo de producción de energía 17 está configurado en 2 escalones y comprende el segundo escalón de expansión 22 y un cuarto escalón de expansión 22a.

La forma de realización de acuerdo con la Figura 5 pretende ilustrar que el calor residual de la compresión 27 que se produce en el dispositivo de compresión 5 por la compresión del aire conducido 9 se almacena en un almacenamiento de calor 28 y puede conducirse a continuación a una red de calor a distancia y/o una red de calor de procesos 29.

La Figura 6 ilustra que también aguas abajo del dispositivo recuperador 13 puede estar dispuesto un cambiador de calor 30, con el cual se retira de la corriente de gas de chimenea 23 calor residual presente todavía en ella, y puede conducirse también a la red de calor a distancia y/o la red de calor de procesos. Asimismo, es posible conducir el aire residual 24 que abandona el primer dispositivo de producción de energía 14 a un cambiador de calor 31, en el cual se desacopla de nuevo energía térmica presente todavía en el aire residual 24 y puede ponerse a disposición de la red de calor a distancia y/o la red de calor de procesos 29.

La Figura 7 muestra que frío/frío excedentario 32 procedente de otros procesos, particularmente procesos de vaporización, preferiblemente de la vaporización de gas natural o gas natural licuado, se conduce al dispositivo de tratamiento del aire y puede emplearse en él en la unidad de licuefacción 6. Mientras que la Figura 8 ilustra que la energía térmica almacenada en el almacenamiento de calor 28 puede conducirse también a la unidad de vaporización 7 o la corriente de fluido a presión 12 en forma de calor de procesos 29a, la Figura 9 muestra finalmente que puede encontrar también aplicación calor a distancia 33, para conducir éste a la unidad de vaporización 7 y/o a la corriente de fluido a presión 12 en el sentido de la corriente antes y/o después del dispositivo recuperador 13. Un "producto de licuefacción del aire" en el sentido de la invención es cualquier producto, que puede producirse al menos por compresión, enfriamiento y expansión subsiguiente de aire en forma de un líquido de temperatura muy baja. Particularmente, en el caso de un producto de licuefacción del aire, puede tratarse de aire líquido, oxígeno líquido, nitrógeno líquido y/o un gas noble líquido tal como argón líquido. Los conceptos "oxígeno líquido" o "nitrógeno líquido" designan también, en este contexto, un líquido de temperatura muy baja, que contiene oxígeno o nitrógeno en una cantidad que es superior a la del aire atmosférico. Por tanto, no tiene que tratarse necesariamente de líquidos puros con contenidos elevados de oxígeno o nitrógeno. Así pues, bajo nitrógeno líquido se entiende tanto nitrógeno puro o esencialmente puro, como también una mezcla de gases del aire licuados, cuyo contenido de nitrógeno es más alto que el correspondiente al aire atmosférico. Por ejemplo, éste tiene un contenido de nitrógeno de al menos 90, preferiblemente al menos 99% molar.

Bajo los conceptos "periodo de almacenamiento de energía" y "periodo de recuperación de energía" se entienden particularmente períodos que no se solapan uno a otro. Esto significa que las medidas descritas antes y después del periodo de almacenamiento de energía no se llevan a cabo típicamente durante el periodo de recuperación de energía, y, al contrario. No obstante, puede estar previsto también, por ejemplo, en un periodo adicional llevar a cabo al menos una parte de las medidas descritas para el período de almacenamiento de energía simultáneamente con las medidas descritas para el periodo de recuperación de energía, por ejemplo, a fin de garantizar una mayor continuidad en la operación de una planta respectiva. Por ejemplo, en un periodo de almacenamiento de energía puede conducirse también una corriente de fluido a presión 12 a una unidad dispuesta para producción de energía o planta de producción de energía 2 y expandirse en ésta con producción de trabajo, por ejemplo, a fin de poder operar el compresor utilizado en ella sin parada. El periodo de almacenamiento de energía y el periodo de recuperación de energía corresponden cada uno a un modo de operación o proceso de una planta respectiva o de un proceso respectivo.

## REIVINDICACIONES

1. Proceso para almacenamiento y recuperación de energía, en el cual, en un periodo de almacenamiento de energía se forma un producto de licuefacción del aire (LAIR) y en un periodo de recuperación de energía se forma una corriente de fluido a presión (12) con utilización de al menos una parte del producto de licuefacción del aire (LAIR) y se expande con producción de trabajo en al menos un dispositivo de producción de energía (14, 17), donde en el periodo de almacenamiento de energía se obtiene el producto de licuefacción del aire (LAIR) por una compresión de aire que opera con aporte de energía en un dispositivo de tratamiento del aire (3) obtenido como medio líquido, en caso deseado en estado frío en un dispositivo de almacenamiento (10) configurado como depósito de almacenamiento de líquido, y en el periodo de recuperación de energía se conduce a una unidad de vaporización (7) y en donde el producto de licuefacción del aire (LAIR) se expande con producción de trabajo al menos en el periodo de recuperación de energía después de un aumento de presión en comparación con la corriente de fluido a presión (12) en el al menos un dispositivo de producción de energía (14, 17), donde la corriente de fluido a presión (12) se expande en un primer dispositivo de producción de energía (14) y aguas abajo de este primer dispositivo de producción de energía (14) se conduce a través de un dispositivo recuperador (13), en el cual en la corriente de fluido a presión (12) se acopla energía térmica desacoplada de una corriente de gas de chimenea (23) conducida al dispositivo recuperador (13), donde la corriente de gas de chimenea (23) se conduce al dispositivo recuperador (13) desde un segundo dispositivo de producción de energía (17) alimentado por combustible, **caracterizado porque** la corriente de fluido a presión (12) en un primer escalón de expansión (15) del primer dispositivo de producción de energía (14) se expande a una presión de  $\geq 10$  bar, y se bifurca luego una corriente parcial (25, 26) que se conduce al segundo dispositivo de producción de energía (17).
2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la corriente de fluido a presión (12) se conduce al recuperador (13) con una presión de 30-100 bar y se calienta en él por medio de la energía térmica acoplada a una temperatura de  $>400$  °C.
3. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** la corriente de fluido a presión (12) en al menos un escalón de expansión (15, 15a) del primer dispositivo de producción de energía (14) se expande a una presión de  $\leq 0,2$  bar.
4. Proceso de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la corriente de fluido a presión (12) en el primer escalón de expansión (15) del primer dispositivo de producción de energía (14) se expande a una presión de  $\geq 10$  bar, después de lo cual se bifurca la corriente parcial (26) y se conduce al segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible (17), y la corriente parcial residual que queda (12a) se conduce a un tercer escalón de expansión (15a) del primer dispositivo de producción de energía (14).
5. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la corriente parcial (25, 26) conducida al segundo dispositivo de producción de energía (17) de la corriente de fluido a presión (12) corresponde a 2-40% del caudal másico de aire, que se comprime en la operación del segundo dispositivo de producción de energía (17) por al menos un escalón de compresión (20).
6. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la corriente de gas de chimenea (23) se hace pasar por un dispositivo recuperador (13) que realiza una desnitrificación.
7. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** a la corriente de gas de chimenea (23) conducida al dispositivo recuperador (13) se conduce, antes de la entrada en el dispositivo recuperador (13) una corriente de aire fresco que tiene la temperatura ambiente en una cantidad tal, que la corriente de gas de chimenea (23) antes de la entrada en el dispositivo recuperador (13) se enfría a una temperatura entre 250 °C y 500 °C y/o por que la corriente de gas de chimenea (23) antes de la entrada en el dispositivo de recuperación (13) se enfría por medio de una pulverización de agua a una temperatura de 250 °C hasta 500 °C.
8. Proceso de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el calor de compresión perdido (27) que se produce por la compresión (5) del aire (9) en el dispositivo de tratamiento del aire (3) se almacena (28) y/o se pone a disposición como calor a distancia y/o como calor de procesos (29), y/o, porque de la corriente de aire residual (24) que abandona el primer dispositivo de producción de energía (14) y/o de la corriente de gas de chimenea que abandona el dispositivo recuperador (13) se desacopla energía térmica y se pone a disposición como calor a distancia (29) y/o calor de procesos (29).
9. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al dispositivo de tratamiento del aire (3) que comprende una unidad de licuefacción (6) y una unidad de vaporización (7) se conduce frío (32) que se produce en otros procesos de vaporización.

- 5 10. Dispositivo, particularmente para la realización de un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que está dispuesto para el almacenamiento y recuperación de energía por formación de un producto de licuefacción del aire (LAIR) en un periodo de almacenamiento de energía y para la generación y expansión con producción de trabajo de una corriente de fluido a presión (12) formada con empleo de al menos una parte del producto de licuefacción del aire (LAIR), en un periodo de recuperación de energía, que comprende un dispositivo de tratamiento del aire (3) que puede operar con aporte de energía, por medio del cual puede generarse el producto de licuefacción del aire (LAIR) por compresión de aire como medio fluido, preferiblemente un dispositivo de almacenamiento de un producto de licuefacción del aire (10), un dispositivo transportador (11) que comprime el producto de licuefacción del aire (LAIR) que aumenta la presión para la corriente de fluido a presión (12) y al menos un dispositivo de producción de energía (14, 17) que está en conexión por tubería con el dispositivo transportador (11) y que expande con producción de trabajo la corriente de fluido a presión (12), donde en la conexión por tubería en el sentido de la corriente está dispuesto aguas abajo de un primer dispositivo de producción de energía (14) atravesado por la corriente de fluido a presión (12), en el cual en la corriente de fluido a presión (12) puede acoplarse energía térmica desacoplada de una corriente de gas de chimenea (23) conducida al dispositivo recuperador (13), donde el dispositivo recuperador (13) se encuentra en conexión por tubería con un segundo dispositivo de producción de energía alimentado por combustible que conduce la corriente de gas de chimenea (23), **caracterizado porque**, el primer y el segundo dispositivo de producción de energía (14, 17) están conectados por tubería uno a otro en una corriente parcial (25, 26) de la corriente de fluido a presión (12) desde el primer dispositivo de producción de energía (14) al segundo dispositivo de producción de energía (17) alimentado por combustible.
- 15 20 11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado porque** el primer dispositivo de producción de energía (14) y/o el segundo dispositivo de producción de energía (17) alimentado por combustible está/están configurados como turbina de generación.
- 25 12. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10 ó 11, **caracterizado porque** el primer dispositivo de producción de energía (14) y/o el segundo dispositivo de producción de energía (17) alimentado por combustible tiene/tienen al menos un escalón de expansión (15, 22) que expande la corriente de fluido a presión conducida (12), y/o al menos un escalón de compresión (20) que comprime la corriente de fluido a presión (12) conducida y/o el aire conducido (41).
- 30 13. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera o varias de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado porque** dentro del dispositivo recuperador (13) está configurado y dispuesto un aparato de desnitrificación del gas de chimenea.
- 35 14. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera o varias de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado porque** el dispositivo de tratamiento del aire (3) comprende una unidad de licuefacción (6) y una unidad de vaporización (7) así como preferiblemente una unidad de almacenamiento de frío (8).
- 40 15. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizado porque** tiene medios que están dispuestos para la realización de un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

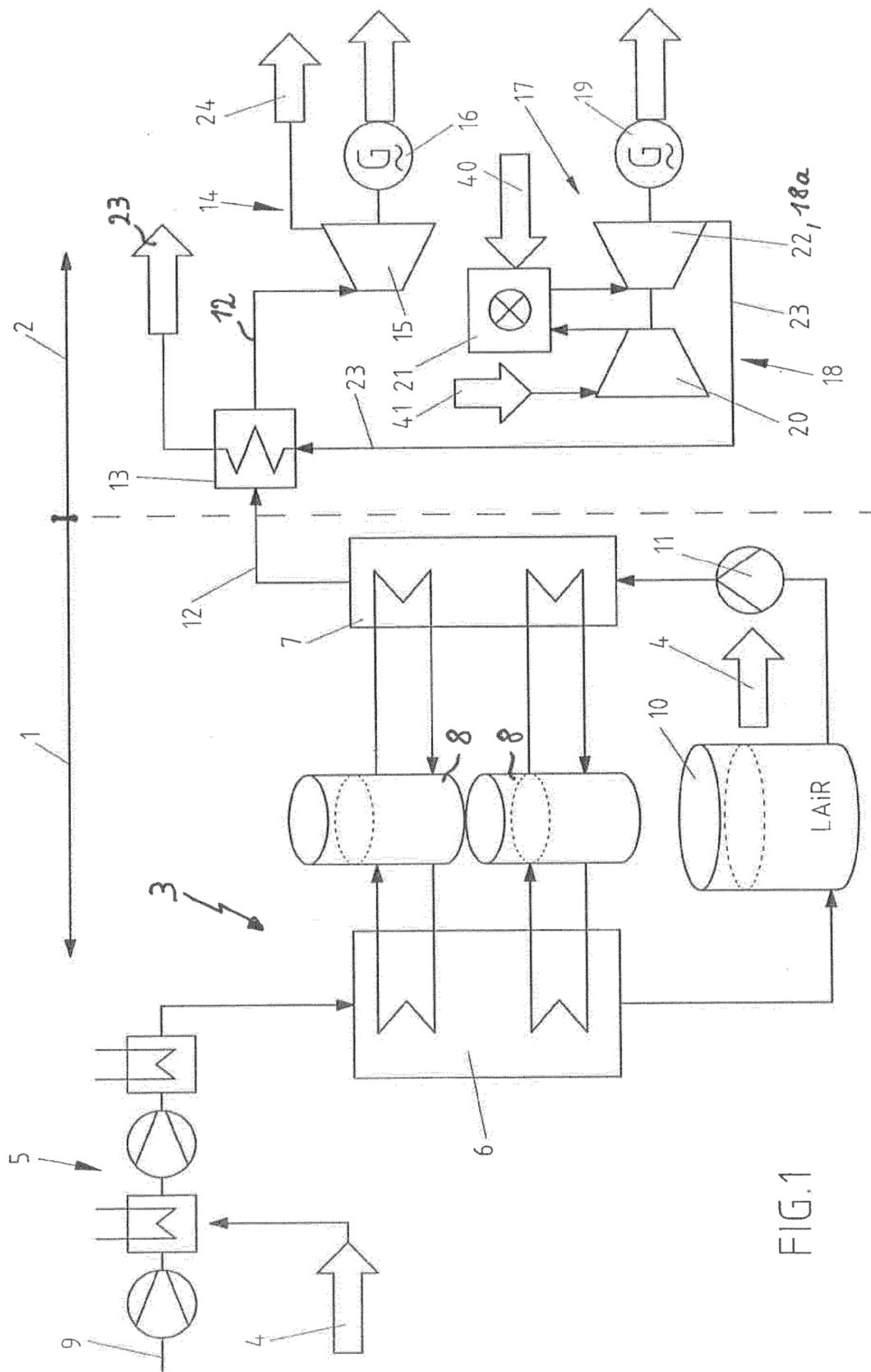


FIG. 1



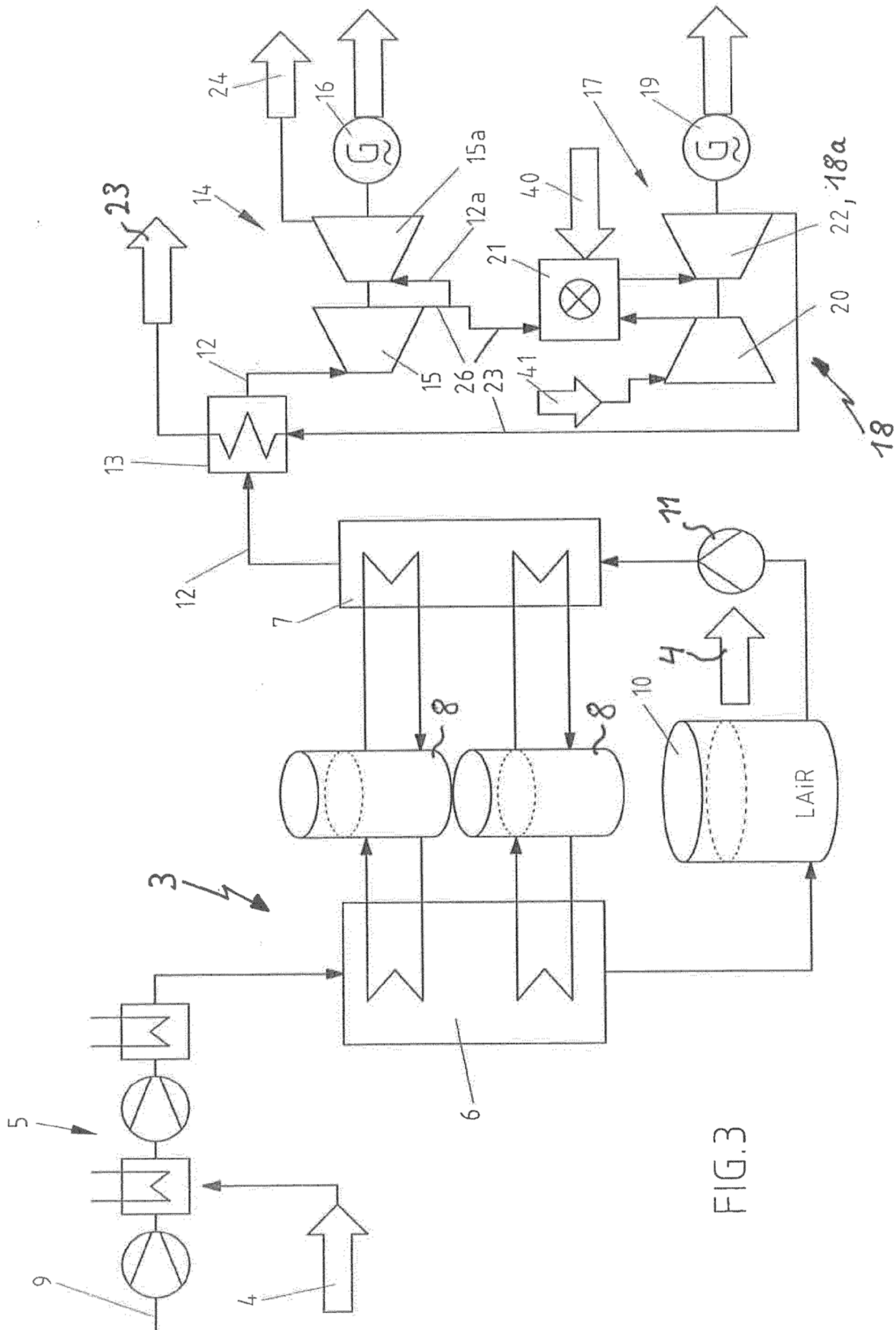


FIG. 3







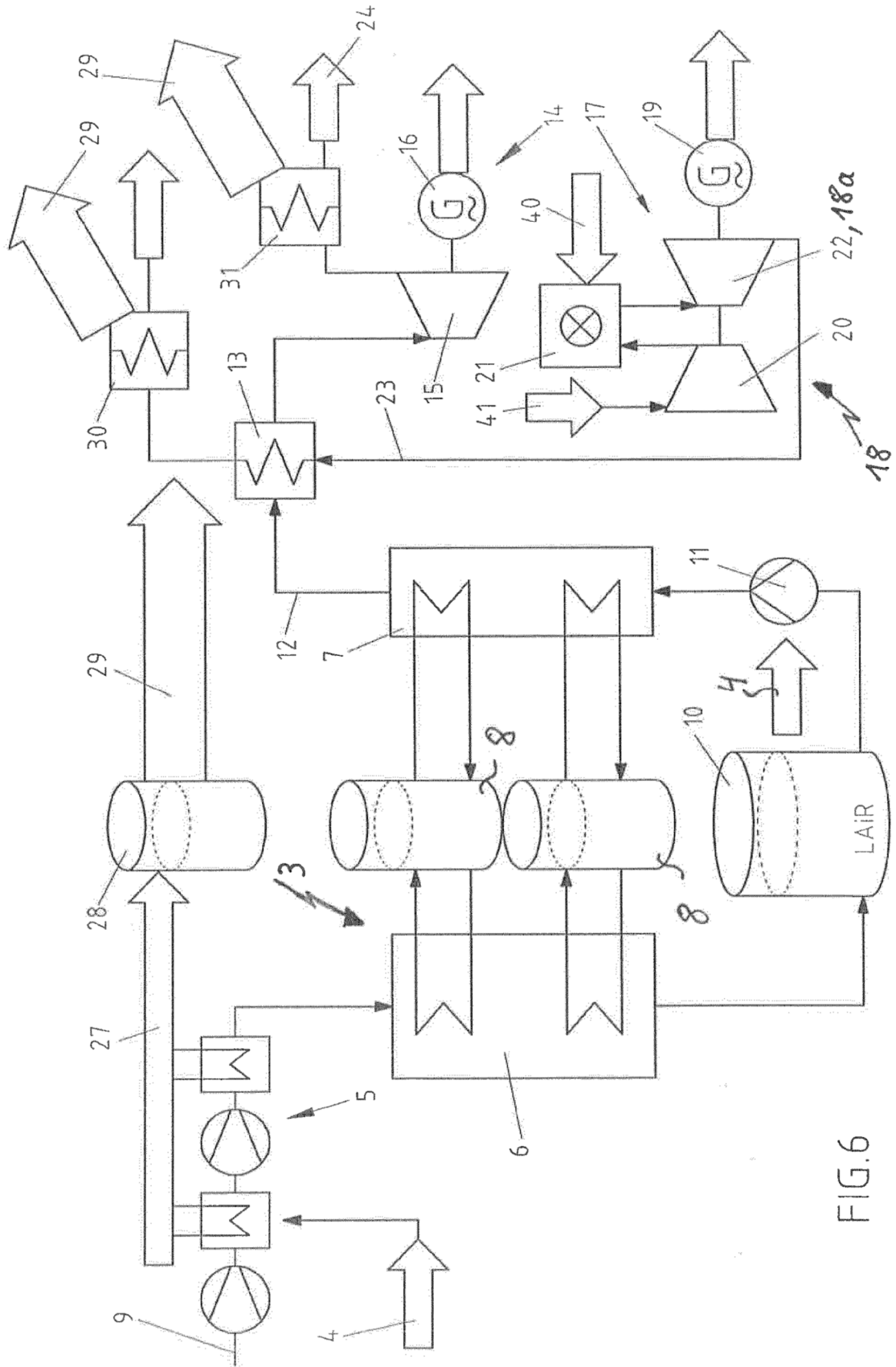


FIG. 6

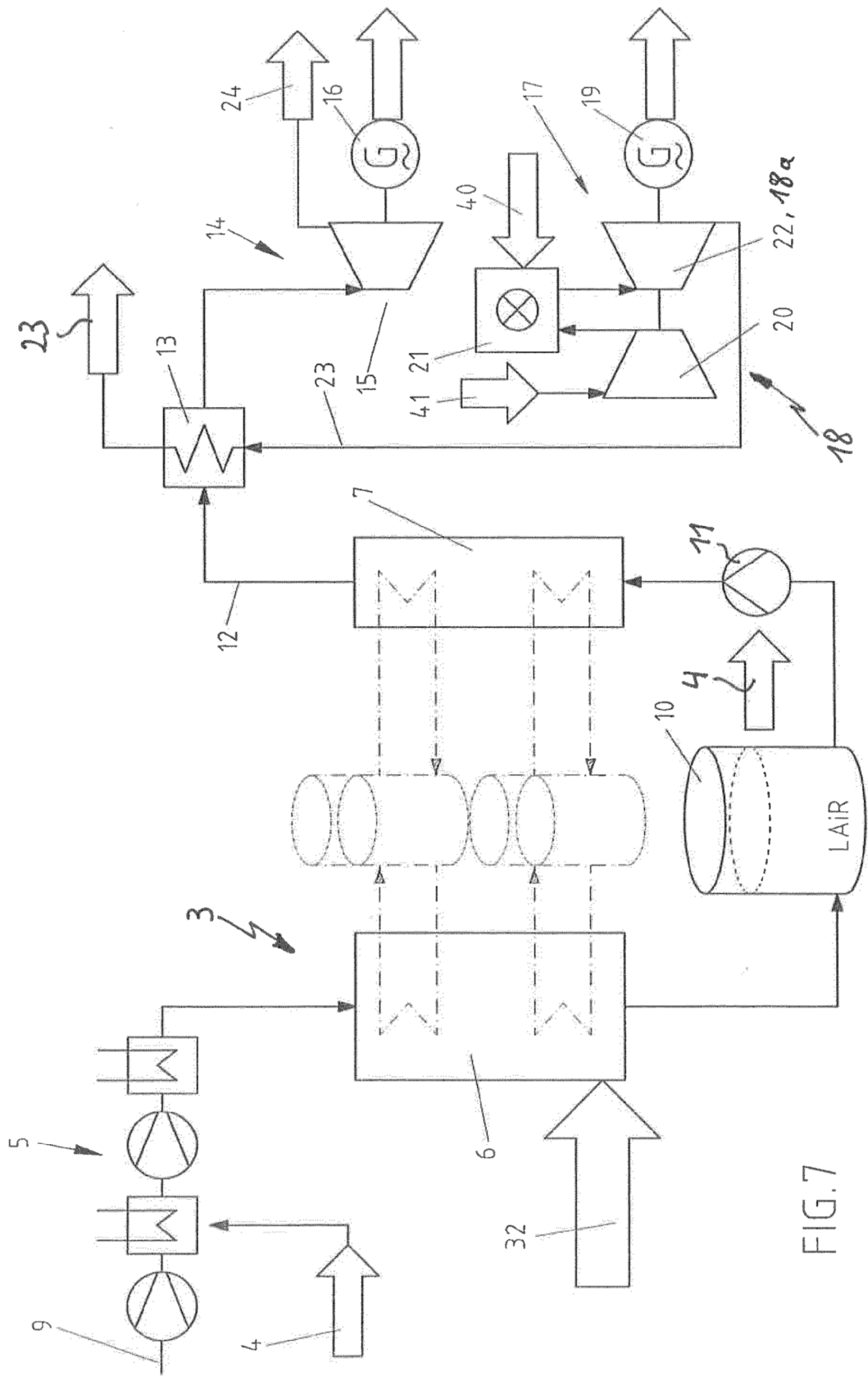


FIG.7

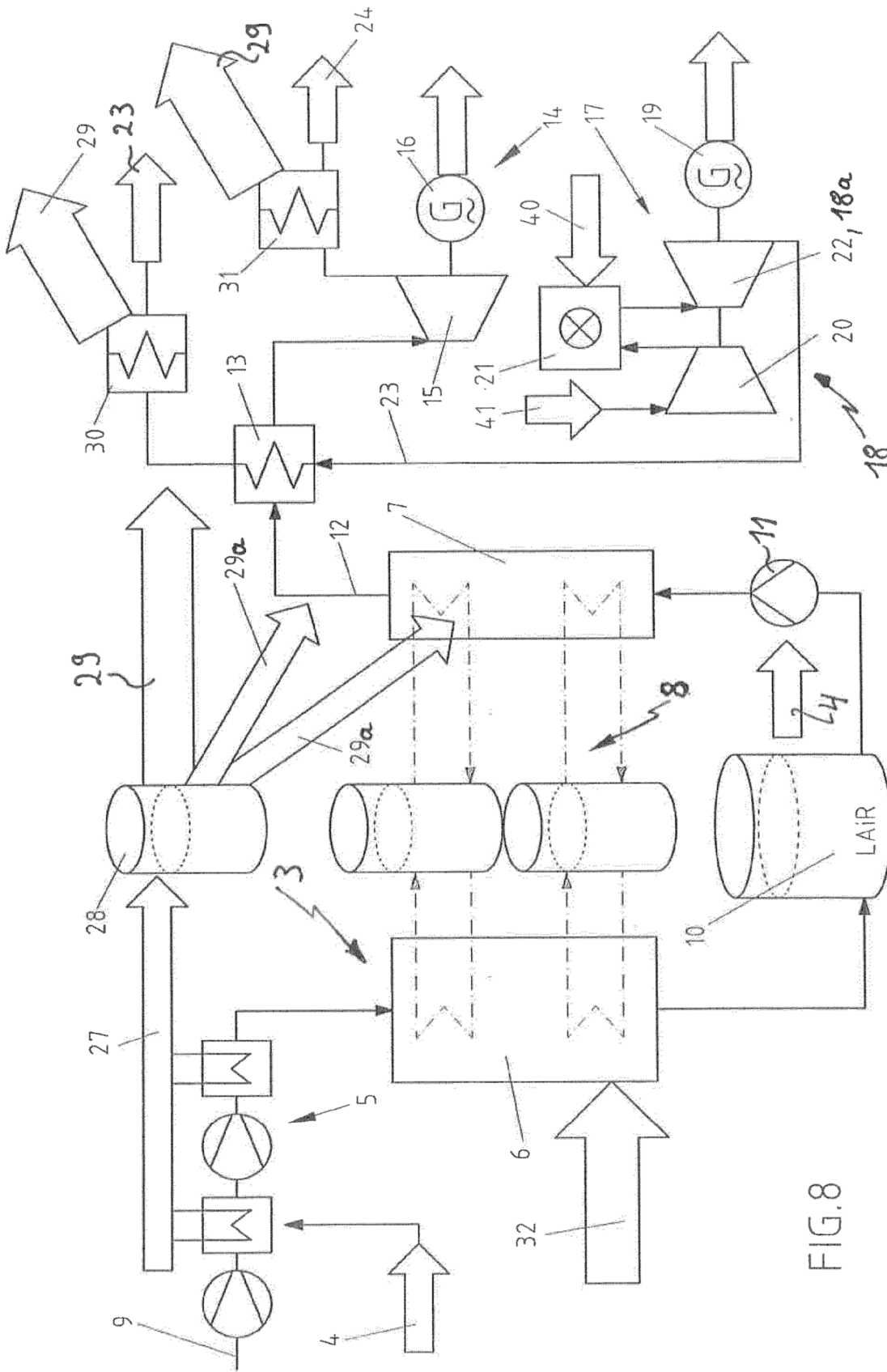


FIG.8

