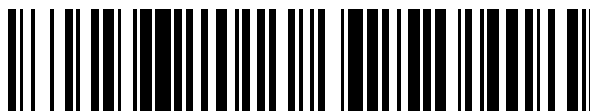


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 654**

51 Int. Cl.:

F01K 23/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2011** **E 11169328 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.12.2014** **EP 2395206**

54 Título: **Central eléctrica con captura y compresión de CO₂**

30 Prioridad:

10.06.2010 EP 10165506

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

18.03.2015

73 Titular/es:

ALSTOM TECHNOLOGY LTD. (100.0%)
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden, CH

72 Inventor/es:

HOFFMANN, JÜRGEN;
NAGEL, HOLGER y
LI, HONGTAO

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 531 654 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 con captura y compresión de CO₂

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 La invención se refiere a un método para hacer funcionar una central eléctrica con captura y compresión de CO₂, así como a una central para llevar a cabo dicho método.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 El CO₂ (dióxido de carbono) se ha identificado como un gas de efecto invernadero principal, CCS (siglas inglesas de "captura y almacenamiento de carbono") es considerado como uno de los potenciales medios más importantes para reducir la liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera y para controlar el calentamiento global. En este contexto CCS se define como el proceso de captura, compresión, transporte y almacenamiento de CO₂. La captura se define como un proceso en el que se elimina CO₂ ya sea de los gases de combustión después de la combustión de un combustible a base de carbono o la eliminación y el procesamiento de carbono antes de la combustión. La regeneración de cualesquiera absorbentes, adsorbentes u otros medios para eliminar el CO₂ de un gas de combustión o el flujo de gas combustible se considera parte del proceso de captura.

- 15 La captura de CO₂ de la parte trasera o la captura post-combustión es una tecnología comercialmente prometedora para centrales eléctricas de combustibles fósiles incluyendo las CCPP (centrales eléctricas de ciclo combinado). En la captura de la parte trasera, el CO₂ se elimina de un gas de combustión. El gas de combustión restante se libera a la atmósfera y el CO₂ se comprime para el transporte y almacenamiento. Existen varias tecnologías conocidas para eliminar el CO₂ de un gas de combustión tales como absorción, adsorción, separación de membrana y la separación criogénica.

- 20 Además de la energía requerida para eliminar el CO₂ de los gases de combustión, la energía requerida para la compresión de CO₂ es significativa. Para minimizar las penalizaciones de rendimiento debido a la compresión de CO₂ se ha sugerido el uso de turbinas de vapor para accionar los compresores de CO₂. Sin embargo, estas turbinas dependen de la disponibilidad de cantidades suficientes de vapor vivo. Este vapor no está disponible durante la puesta en marcha y/o funcionamiento a carga parcial de una central eléctrica. Dependiendo del tipo de central eléctrica, se necesita un tiempo considerable hasta que el vapor está disponible. Para un funcionamiento del compresor de CO₂ más flexible los compresores de CO₂ son, por tanto, típicamente alimentados por motores eléctricos. Éstos aumentan la flexibilidad operativa, pero conducen a costos adicionales, pérdidas en la potencia y la eficiencia de los generadores y motores. Ambas realizaciones se describen en el documento US-4434613-A.

SUMARIO DE LA INVENCION

- 30 El objetivo principal de la presente invención es proporcionar un método para el funcionamiento optimizado de una central eléctrica que comprende una unidad de generación de energía con un sistema de captura de dióxido de carbono (CO₂), y un compresor de CO₂ con un mínimo de pérdidas durante el funcionamiento normal en el punto de diseño, y que permite el funcionamiento a carga parcial flexible del sistema de captura de CO₂ y el compresor. Al lograr este objetivo, se puede reducir el impacto de la compresión de CO₂ en el COE (siglas inglesas de "costo de la electricidad"), lo que será favorable para la introducción temprana de la CCS en las centrales eléctricas comerciales.

En este contexto una unidad de generación de energía o unidad de potencia comprende una central eléctrica alimentada con combustibles fósiles tal como, por ejemplo, una turbina de gas, un ciclo combinado o una caldera alimentada con carbón con un accionamiento de ciclo de vapor de agua, y un equipo de captura de CO₂.

- 40 La esencia de la invención es un método operativo flexible, que permite el uso de vapor de la unidad de potencia para accionar una turbina de vapor, que acciona el compresor de CO₂ a través de un embrague de rotación libre acoplado si está disponible una cantidad suficiente de vapor de agua de la unidad de potencia, y para accionar el compresor de CO₂ por parte del generador, que se utiliza como motor cuando está disponible vapor insuficiente en la unidad de potencia. A veces, cuando no está disponible vapor o el vapor es insuficiente, el embrague de rotación libre está desacoplado y la turbina de vapor puede estar parada o funcionando en vacío.

Para ser capaz de realizar una operación flexible de este tipo de los compresores de CO₂ y, al mismo tiempo, evitar las pérdidas de potencia y eficiencia debido a la generación de energía eléctrica para el accionamiento de un motor y para evitar las pérdidas del motor, se propone una disposición del compresor de CO₂ con un generador y una turbina de vapor en un eje.

En esta disposición la turbina de vapor se puede desconectar del generador mediante un embrague de rotación libre (también conocido como embrague de rueda libre o embrague SSS) cuando no hay vapor disponible. El compresor de CO₂ es accionado a continuación por el generador, que puede ser hecho funcionar como un motor, por ejemplo con el uso de un SFC (siglas inglesas de "convertidor estático de frecuencia").

5 Con un SFC u otros convertidores de frecuencia, el generador puede ser hecho funcionar con velocidad variable para mejorar la eficiencia del funcionamiento en carga parcial del compresor de CO₂. El funcionamiento a velocidad variable es posible si el compresor de CO₂ es accionado a baja velocidad con el generador solo y a una mayor velocidad si es accionado por la turbina de vapor o tanto por la turbina de vapor como por el generador en combinación.

10 Típicamente, durante el funcionamiento en carga parcial en estado estacionario normal y/o en carga base de la central, la turbina de vapor se acopla a través del embrague de rotación libre y el compresor de CO₂ sólo es accionado por la turbina de vapor.

15 La turbina de vapor está dimensionada, por ejemplo, para accionar el generador y el compresor de CO₂. Por consiguiente, la central eléctrica es hecha funcionar, típicamente, de manera que el excedente de energía de la turbina de vapor, que sobrepasa la potencia requerida para accionar el compresor de CO₂, se convierte en energía eléctrica por medio del generador y se alimenta a la red eléctrica. En una realización, la turbina de vapor está dimensionada de tal manera que en condiciones de diseño la potencia de la turbina de vapor es igual a la capacidad del generador más los requisitos de energía de CO₂.

20 En una realización adicional, la central eléctrica se hace funcionar de tal manera que durante el funcionamiento en carga parcial baja y/o en carga la turbina de vapor no está acoplada a través del embrague de rotación libre y por que el compresor de CO₂ es accionado por el generador, el cual es hecho funcionar como motor durante este modo de funcionamiento. Una carga parcial baja es típicamente una carga de menos de 30% de la carga base de la central, pero dependiendo del diseño de la central eléctrica, el funcionamiento en carga baja puede ascender hasta el 50% de la carga base de la central. El uso del generador como un motor para accionar el compresor de CO₂ es
25 también ventajoso si no está disponible vapor debido a la construcción gradual de una central eléctrica de ciclo combinado o debido a una interrupción de la parte de vapor de una central eléctrica de ciclo combinado, en el que la turbina de gas se hace funcionar en un solo ciclo.

Además, se prevé un funcionamiento de la central eléctrica, en el que la turbina de vapor se acopla al generador y compresor de CO₂ a través del embrague de rotación libre y tanto la turbina de vapor como el generador accionan el
30 compresor de CO₂. Este método de funcionamiento es adecuado para condiciones de carga, en las que el vapor está disponible para accionar la turbina de vapor pero la salida de potencia de la turbina de vapor es menor que la potencia requerida para accionar el compresor de CO₂.

Todavía en otra realización de la invención, la central eléctrica comprende una pluralidad de unidades de generación de potencia a partir de las cuales el CO₂ capturado es recogido por al menos un colector de CO₂. El CO₂ recogido
35 por este colector es comprimido por una pluralidad de compresores de CO₂. La recogida de CO₂ en un colector y la compresión en una pluralidad de compresores de CO₂ mejora la flexibilidad de la compresión de CO₂ y puede mejorar la eficiencia de la compresión de CO₂ a carga parcial. La cantidad de CO₂ capturado de una unidad de potencia es proporcional a la salida de potencia. Si un compresor de CO₂ se utiliza para comprimir el CO₂ de una unidad de potencia, el compresor tiene que ser descargado de manera proporcional a la reducción en el flujo de
40 CO₂. Sin embargo, la eficiencia de un compresor de CO₂ disminuye con un caudal reducido y se deteriora a caudales por debajo de aproximadamente 70% el diseño de flujo y desciende drásticamente para caudales por debajo de aproximadamente 50% el diseño de flujo. La recogida del CO₂ en un colector y la compresión por una pluralidad de compresores de CO₂ permite el funcionamiento de los compresores de CO₂ más cerca del punto de diseño.

45 Por ejemplo, una central eléctrica con cuatro unidades de potencia y cuatro compresores de CO₂, que está funcionando al 70%, produce entre el 70% y el 75% del CO₂ de carga base. El funcionamiento de los compresores de CO₂ a aproximadamente un 70% daría lugar a una penalización de eficiencia significativa. El concepto de colector y de funcionamiento propuesto permite desconectar un compresor de CO₂ y comprimir el flujo total de CO₂ con los tres compresores de CO₂ operativos restantes, que en este caso funcionan cerca de su punto de diseño y se
50 corresponden con una alta eficiencia.

Además, por ejemplo, si el operario decide, por razones de rendimiento o de duración, hacer funcionar una de las unidades de potencia a diferentes niveles de carga, el compresor de CO₂ dedicado a la unidad, que está funcionando en el nivel más bajo de carga, funcionará con el flujo de masa de CO₂ más bajo y, de manera correspondiente, baja eficiencia. La eficiencia global para la compresión de CO₂ se puede aumentar mediante la
55 distribución uniforme del flujo de masa de CO₂ a todos los compresores de CO₂ en funcionamiento.

Para aumentar aún más la flexibilidad de la compresión de CO₂ y mejorar su eficiencia a carga parcial, se propone el funcionamiento de al menos un compresor de CO₂ con velocidad variable. Para hacer funcionar el al menos un compresor de CO₂ con una velocidad variable, éste es accionado ya sea por el generador o la turbina de vapor o por ambos con un controlador de la velocidad. Para permitir un funcionamiento a velocidad variable del generador, el generador puede ser configurado, por ejemplo, como un generador con convertidor de matriz o cualquier otro tipo de convertidor de frecuencia para permitir la conexión a la red independientemente de la velocidad de funcionamiento. Una combinación adecuada de generador con convertidor de matriz, también denominada "máquina eléctrica con un convertidor de matriz" es conocida, por ejemplo, del documento EP1973222, que se incorpora por referencia.

Una realización de la invención se refiere a un método para la puesta en marcha y el funcionamiento a carga parcial, así como la desconexión de una central eléctrica con compresión de CO₂. Una vez que se captura CO₂ de una unidad de potencia, el compresor de CO₂ se puede poner en marcha y hacer funcionar con la ayuda del generador mientras que no esté disponible vapor o lo esté de forma insuficiente para accionar la turbina de vapor. La turbina de vapor se desconecta del generador con ayuda del embrague de rotación libre. La turbina de vapor se pone en marcha una vez que esté disponible una cantidad suficiente de vapor durante la carga. Cuando la turbina de vapor alcanza la velocidad de funcionamiento, el embrague se acopla. Con el aumento de potencia de la turbina de vapor, se reduce la potencia del generador controlado de SFC. Una vez que la potencia de la turbina de vapor es suficiente para accionar el compresor, el SFC se desconecta y el generador puede ser sincronizado a la red de energía. Subsiguientemente, la potencia de la turbina de vapor se incrementa aún más, el generador se sincroniza a la red y la energía eléctrica se puede alimentar a la red. La descarga y la desconexión se realizan en orden inverso. Una vez que la potencia de la turbina de vapor se vuelve demasiado pequeña como para accionar el compresor de CO₂, también es concebible una desconexión directa del compresor de CO₂.

Además del método, es objeto de la invención una central eléctrica que comprende una unidad de potencia, un sistema de captura de CO₂ y un compresor de CO₂ diseñado para llevar a cabo el método. Para llevar a cabo el método descrito, el compresor de CO₂ está dispuesto en un eje con un generador y una turbina de vapor, que está conectado de manera acoplable a un generador a través de un embrague de rotación libre. El generador por sí mismo está acoplado al compresor de CO₂.

El generador se puede conectar a una red eléctrica para suministrar energía a la red, cuando funciona como un generador, y se puede hacer funcionar como un motor. Para mejorar aún más la flexibilidad de la central eléctrica, los generadores se pueden configurar como un generador con convertidor de matriz para permitir la conexión a la red del generador y una velocidad de funcionamiento variable del compresor de CO₂.

En otra realización, un engranaje mecánico está dispuesto entre el generador y el generador con el fin de accionar un compresor de CO₂ que funciona a una velocidad alta. Así, incluso con el generador y/o la turbina de vapor funcionando a una frecuencia de red, por ejemplo de 50 Hz o 60 Hz, el compresor de CO₂ puede funcionar a una velocidad más alta. Típicamente un engranaje tendrá una relación de transmisión de más de 1,5. Por ejemplo, un compresor de CO₂ con una velocidad de 100 Hz puede ser accionado por un generador o turbina de vapor, que está funcionando a 50 Hz, a través de un engranaje.

En una realización alternativa, el compresor de CO₂, el generador y la turbina de vapor funcionan a una velocidad que es diferente de la frecuencia de la red. Dependiendo del tamaño y del diseño del compresor de CO₂ la velocidad o frecuencia será típicamente más alta que la frecuencia de la red. Para permitir un funcionamiento a mayor velocidad el generador, que acciona el compresor de CO₂, es un generador con convertidor de matriz o una combinación de generador y un convertidor de frecuencia. Además, la turbina de vapor está diseñada para funcionar a la velocidad elevada del compresor de CO₂.

En una realización, la unidad de potencia es una CC (siglas inglesas de "central eléctrica de ciclo combinado") que comprende una turbina de gas, un HRSG (siglas inglesas de "generador de vapor de recuperación de calor") y una turbina de vapor. El HRSG y la turbina de vapor de la CC son típicamente sistemas de multi-presión. Por ejemplo, es adecuado para esta solicitud un HRSG de triple presión que suministra vapor a una turbina de alta presión, una turbina de media presión y una turbina de baja presión.

Para la optimización de la central de una central de CC, el SFC, que se puede conectar al generador de turbina de gas para la puesta en marcha de la turbina de gas, también se puede conectar al generador que está dispuesto en el eje del compresor de CO₂ y está dimensionado y diseñado para accionar continuamente el compresor de CO₂.

En una realización adicional de una central eléctrica que comprende una CC, parte de los gases de escape de la turbina de gas de la CC se hace recircular en el aire de entrada de la turbina de gas para aumentar la concentración de CO₂ en los gases de escape, facilitando así una eliminación efectiva de CO₂.

En una realización, la central eléctrica comprende una pluralidad de unidades de potencia y una pluralidad de compresores de CO₂. El CO₂ capturado de los gases de combustión de las unidades de potencia se recoge en al menos un colector de CO₂, incluidas las tuberías, y luego es transportado y alimentado a los compresores de CO₂.

- 5 En una realización, al menos un generador de una pluralidad de generadores está configurado como un generador con un convertidor de matriz y al menos un generador está conectado directamente a la red y funciona a la frecuencia de red. El generador con convertidor de matriz permite un funcionamiento a carga parcial eficaz del compresor de CO₂, que está conectado a este generador mediante el funcionamiento a velocidad variable. Variaciones de flujo de masa de CO₂ se manejan principalmente por el al menos un generador, que está
10 funcionando a velocidad variable. Los grandes cambios en el flujo de masa de CO₂ son manejados por el encendido o apagado del o de los compresores de CO₂.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención, su naturaleza, así como sus ventajas, se describirán con mayor detalle a continuación con la ayuda de los dibujos que se acompañan. Haciendo referencia a los dibujos

- 15 La Fig. 1 muestra esquemáticamente una central eléctrica con un sistema de captura de CO₂, un compresor de CO₂, un generador y una turbina de vapor para accionar el compresor de CO₂,

la Fig. 2 muestra esquemáticamente una central eléctrica de ciclo combinado con un sistema de captura de CO₂, un compresor de CO₂, un generador y una turbina de vapor para accionar el compresor CO₂,

la Fig. 3 muestra esquemáticamente una central eléctrica de ciclo combinado con un sistema de captura de CO₂, un compresor de CO₂, un generador y una turbina de vapor de contrapresión para accionar el compresor de CO₂,

- 20 la Fig. 4 muestra esquemáticamente una central eléctrica con una pluralidad de unidades de potencia, incluyendo sistemas de captura de CO₂, una pluralidad de compresores de CO₂, cada uno de ellos dispuesto en un sistema de ejes con un generador y una turbina de vapor para accionar el compresor de CO₂,

- la Fig. 5 muestra esquemáticamente una central eléctrica de ciclo combinado con un sistema de captura de CO₂, y un compresor de CO₂, en el que el compresor de CO₂ es accionado por una turbina de vapor y/o el generador del ciclo combinado.
25

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS Y LA INVENCION

Una central eléctrica para la ejecución del método propuesto comprende una unidad de potencia 1, que incluye un sistema de captura de CO₂, un compresor de CO₂ 7, un generador 8, un embrague de rotación libre 9 y una turbina de vapor 10.

- 30 En la Fig. 1 se muestra una disposición típica. La unidad de potencia 1 es suministrada con combustible 2 y aire ambiente 3. La unidad de potencia 1 comprende una central eléctrica alimentada con combustibles fósiles convencional con al menos un ciclo de vapor de agua. Por ejemplo, puede ser una central eléctrica de ciclo combinado, una central eléctrica de vapor alimentada con carbón convencional o una IGCC. La unidad de potencia comprende un sistema de captura de CO₂ que elimina CO₂ generado durante el proceso de generación de energía.
35 Típicamente, el CO₂ se elimina de los gases de combustión en un proceso de captura de la parte trasera, pero también puede ser eliminado durante el proceso de generación de energía, como es el caso en una IGCC.

- Además de potencia, que es suministrada a la red a través de una conexión 36 a la red principal, la unidad de potencia produce CO₂ agotado de gases de combustión 5, que se liberan a la atmósfera a través de una pila y una corriente de CO₂ concentrado 6. Además, el vapor vivo 15 es bifurcado del ciclo de vapor de agua de la unidad de potencia 1.
40

La central eléctrica 20 comprende, además, un compresor de CO₂ 7, un generador 8 y una turbina de vapor 10, que están dispuestos a lo largo de un eje 35. La turbina de vapor 10 está conectada de manera acoplable al generador 8 a través de un embrague de rotación libre 9.

- Una válvula 17 de control de la turbina de vapor controla el flujo del vapor vivo 15, que acciona la turbina de vapor 10. Si está disponible suficiente vapor, la turbina de vapor 10 puede funcionar para accionar el generador 8 y el compresor de CO₂ 7 a través del embrague de rotación libre 9, que se acopla de forma automática, y el eje 35. La turbina de vapor 10 puede hacerse funcionar para accionar el compresor de CO₂ 7 solo, en combinación con el generador 8 o para accionar el compresor de CO₂ y el generador 8.
45

Si la turbina de vapor 10 sólo acciona el compresor de CO₂, el generador 8 está girando en vacío, preferiblemente sin excitación.

5 Si la turbina de vapor 10 acciona el compresor de CO₂ en combinación con el generador 8, el generador se hace funcionar como un motor con la ayuda de un SFC 11. En el ejemplo mostrado el generador 8 está conectado a un SFC 11 a través de una conexión eléctrica 12 del SFC. El SFC 11 en sí está conectado a la red eléctrica por una conexión a la red 13 del SFC.

Si la turbina de vapor 10 acciona el compresor de CO₂ y el generador 8, el generador 8 suministra energía a la red a través de la conexión a la red 14.

10 Si no está disponible vapor o sólo lo está de manera insuficiente para accionar la turbina de vapor 10, el embrague de rotación libre no está aplicado y la turbina de vapor está en reposo o funcionando en vacío a una velocidad reducida. En este caso, el generador 8 acciona el compresor de CO₂. El generador 8 se hace funcionar de nuevo como un motor con la ayuda de un SFC 11. En el ejemplo mostrado, el generador 8 está conectado a un SFC 11 a través de una conexión eléctrica 12 del SFC. El SFC 11 en sí está conectado a la red eléctrica por una conexión a la red 13 del SFC.

15 Las conexiones eléctricas se muestran esquemáticamente sin interruptores eléctricos, líneas de control, etc., ya que no son objeto de la invención. Por la misma razón no se muestran los controladores ni sensores de medición.

La Fig. 2 muestra esquemáticamente un ejemplo con una central eléctrica de ciclo combinado como unidad de potencia 1. La CC comprende una turbina de gas, un HRSG 24 y un sistema de captura de CO₂ 25.

20 La turbina de gas comprende al menos un compresor 21, al menos una cámara de combustión 22 y al menos una turbina 23. Típicamente, un generador está conectado a la turbina de gas en el extremo frío, p. ej., el extremo del compresor de la turbina de gas.

25 Durante el funcionamiento normal, el gas de entrada es comprimido en un compresor 21. El gas comprimido se utiliza para la combustión del combustible 2 en una cámara de combustión 22, y los gases calientes presurizados se expanden en una turbina 23. Sus principales productos son la energía eléctrica a la red y los gases de combustión calientes 34.

El ciclo de vapor se simplifica y se muestra esquemáticamente sin diferentes niveles de presión de vapor, bombas de alimentación de agua, etc., ya que éstos no son objeto de la invención.

30 Los gases de combustión calientes 34 de la turbina de gas pasan a través de una HRSG 24, que genera vapor vivo 15 para una turbina de vapor 30. La turbina de vapor 30 está dispuesta en una configuración de eje sencillo con la turbina de gas y un generador GT 28 o, como se muestra en la Fig. 2, está dispuesta en una configuración de múltiples ejes para accionar un generador ST 32. Además, el vapor se extrae y se alimenta a través de una tubería de vapor 26 al sistema de captura de CO₂ 25. El vapor se devuelve al ciclo de vapor a presión y temperatura reducidas o como un condensado a través de la tubería de retorno 19 y se reintroduce en el ciclo de vapor. El ciclo de vapor está simplificado y se muestra esquemáticamente sin diferentes niveles de presión de vapor, bombas de alimentación de agua, etc., ya que éstos no son objeto de la invención. Típicamente se utiliza vapor de baja calidad para el sistema de captura de CO₂ 25. Este vapor es extraído, por ejemplo, de una turbina de vapor 30.

40 Para mejorar la eficiencia del sistema de captura de CO₂ 25, se bifurca un flujo parcial de los gases de combustión de la HRSG 24 para la recirculación de los gases de combustión. Este flujo de recirculación 4 de los gases de combustión se hace recircular a la entrada del compresor 21 de la turbina de gas en donde se mezcla con el aire ambiente 3. El flujo de recirculación 4 de los gases de combustión se enfría típicamente en un enfriador de gases de combustión de recirculación (no mostrado) antes de mezclar con el aire ambiente 3.

45 Los gases de combustión restantes de los gases de combustión procedentes de la HRSG 24 se dirigen al sistema de captura de CO₂ 25. Típicamente, la fracción de flujo de los gases de combustión puede ser controlada por un amortiguador. Para potenciar el flujo de los gases de combustión y para controlar la velocidad de recirculación se puede instalar un ventilador de los gases de combustión o un ventilador de los gases de combustión de velocidad en el sistema de captura de CO₂. Además, se puede instalar un ventilador de los gases de combustión o un ventilador de los gases de combustión de velocidad variable para la recirculación. Este ventilador se instala típicamente aguas abajo del enfriador de gases de combustión de recirculación antes de mezclar el flujo de recirculación 4 de los gases de combustión con el aire ambiente 3.

Gases de combustión 5 agotados en CO₂ se liberan del sistema de captura de CO₂ 25 al medio ambiente a través de una pila. Típicamente está prevista una derivación de gases de combustión (no mostrada), para derivar el sistema de captura de CO₂ 25 si no está funcionando. CO₂ concentrado 6 se dirige al compresor de CO₂ 7.

5 Durante el funcionamiento normal, el CO₂ capturado 6 será comprimido por el compresor de CO₂ 7, y el CO₂ comprimido se remitirá para su almacenamiento o tratamiento adicional.

10 La Fig. 3 muestra esquemáticamente una modificación de la planta mostrada en la Fig. 2. En este ejemplo la turbina de vapor 10 está configurada como una turbina de vapor de contrapresión. El vapor de baja presión 31 que abandona la turbina de vapor 10 es alimentado al sistema de captura de CO₂ 25. Dependiendo del tamaño, de las condiciones de funcionamiento y del sistema de captura de CO₂ 25; el vapor de baja presión 31 puede ser suficiente para el sistema de captura de CO₂. En el ejemplo de la Fig. 3 se muestra una tubería de suministro de vapor adicional del HRSG al sistema de captura de CO₂ 26 para aumentar la flexibilidad accionable.

15 Típicamente, centrales eléctricas grandes comprenden no sólo una unidad de potencia, sino una pluralidad de unidades de potencia. En particular, las centrales eléctricas de ciclo combinado comprenden a menudo una pluralidad de turbinas de gas que están dispuestas ya sea como trenes de potencia de un solo eje con una turbina de gas y una turbina de vapor en un eje, y un HRSG designado para cada una de las turbinas de gas o están dispuestas como las denominadas disposiciones de múltiples ejes con turbinas de vapor y gas en los ejes independientes. Para una disposición de múltiples ejes el vapor generado de varias HRSGs de turbinas de gas se utiliza a menudo para accionar una turbina de vapor.

20 La Fig. 4 muestra esquemáticamente una central eléctrica con tres unidades de potencia 1, que en este ejemplo incluyen todas un sistema de captura de CO₂, dos compresores de CO₂ 7, cada uno de ellos dispuesto en un eje con un generador 8 y una turbina de vapor 10 para accionar el compresor de CO₂ 7. El CO₂ concentrado 6 es recogido de las tres unidades de potencia 1 por un colector de CO₂ 16, y fluye a través de este colector y las tuberías a los dos compresores de CO₂ 7. Dependiendo del flujo de masa de CO₂ concentrado 6 capturado por el sistema de captura de CO₂ sólo uno o los dos compresores de CO₂ 7 están funcionando. Dependiendo de la disponibilidad de vapor vivo 15, que es suministrado de las tres unidades de potencia 1 a través de un colector de vapor a las dos turbinas de vapor 10, una o las dos turbinas de vapor 10 están accionando los compresores de CO₂ 7 respectivos o los compresores de CO₂ 7 sólo son accionados por los generadores 8 o una combinación de ambos. Una válvula de control de vapor 18 controla el flujo de vapor vivo 15 de cada una de las unidades de potencia 1. El vapor suministrado a la turbina de vapor 10 individual es controlado por una válvula 17 de control de la turbina de vapor. El vapor que abandona las turbinas de vapor 10 es recogido y devuelto a las unidades de potencia 1 a través de una tubería de retorno de vapor/condensado 19 de baja calidad.

35 La Fig. 5 muestra esquemáticamente una central eléctrica de ciclo combinado con un sistema de captura de CO₂ y un sistema de compresión de CO₂ integrado, que se integra adicionalmente en la central de ciclo combinado. En este caso, la turbina de vapor 30 de la parte de vapor de la CC se utiliza para accionar el generador 32 a través del embrague de rotación libre 9. En esta disposición no se requiere la turbina de vapor 10 adicional para accionar el generador 8 y el compresor de CO₂ 7, reduciendo así los costes adicionales para la captura de CO₂. Sin embargo, si el compresor de CO₂ se hace funcionar con una velocidad variable, la gran turbina de vapor 30 tiene que ser hecha funcionar con esta velocidad.

40 En el ejemplo mostrado en la Fig. 5, el vapor a baja presión 31 se extrae de la turbina de vapor 30 para alimentar el sistema de captura de CO₂. Típicamente, la turbina de vapor 30 es una disposición de dos o tres turbinas de vapor que funcionan a diferentes niveles de presión, p. ej., un vapor a alta, media y baja presión. Como alternativa a la extracción de vapor de una de las turbinas de vapor, el vapor de baja presión 31 puede ser tomado de la salida de la turbina de vapor de presión media.

45 Las realizaciones ilustrativas descritas anteriormente y en los dibujos dan a conocer a una persona experta en la técnica realizaciones que difieren de las realizaciones ilustrativas y que están contenidas en el alcance de la invención.

50 Por ejemplo, podría ser ventajoso en una CC con 4 GTs utilizar sólo tres compresores de CO₂. Uno de ellos se hace funcionar con una velocidad variable, por ejemplo a través de un generador con convertidor de matriz y los otros dos se hacen funcionar a velocidad constante. Para flujos de masa de CO₂ muy pequeños, sólo está funcionando el compresor de CO₂ de velocidad variable. Una vez que el flujo de masa de CO₂ excede de la capacidad del primer compresor de CO₂, se pone en marcha un segundo compresor y se hace funcionar a la velocidad de diseño. El compresor de velocidad variable se utiliza de nuevo para controlar las variaciones de flujo hasta que se necesite que el tercer compresor de CO₂ entre en funcionamiento. Finalmente, con dos compresores de CO₂ funcionando a la velocidad de diseño, el compresor de CO₂ de velocidad variable se hace funcionar a lo que corresponda a los requisitos de flujo de CO₂.

La selección final será determinada por el CAPEX y el rendimiento de compensación, teniendo en cuenta la limitación de tamaño del compresor de CO₂, el costo adicional y la eficiencia de impacto del número de compresores de CO₂ y generadores de velocidad controlada, p. ej., generadores con convertidores matriciales. Además, en todos los ejemplos en los que se describe el uso de un SFC, junto con un generador, esta combinación (SFC más generador) puede ser reemplazada por un generador combinado con un convertidor de matriz.

Lista de símbolos de referencia

	1	Unidad de generación de potencia
	2	Suministro de combustible
	3	Aire ambiente
10	4	Flujo de recirculación de gases de combustión (opcional)
	5	Gases de combustión agotado en CO ₂
	6	CO ₂ concentrado
	7	Compresor de CO ₂
	8	Generador
15	9	Embrague de rotación libre
	10	Turbina de vapor
	11	SFC
	12	Conexión eléctrica del SFC para accionar el generador
	13	conexión a la red SFC
20	14	Conexión eléctrica desde el generador a la red
	15	Vapor vivo
	16	Colector de CO ₂
	17	Válvula de control de la turbina de vapor
	18	Válvula de control de vapor
25	19	Colector de retorno de vapor/condensado de baja calidad
	20	Central eléctrica
	21	Compresor de GT
	22	Cámara de combustión de GT
	23	Turbina de GT
30	24	HRSR (generador de vapor de recuperación de calor)
	25	Sistema de captura de CO ₂
	26	Tubería de vapor al sistema de captura de CO ₂
	27	Tubería de vapor a la turbina de vapor 30
	28	Generador de GT
35	29	Condensador
	30	Turbina de vapor
	31	Vapor de baja presión
	32	Generador de ST
	33	CO ₂ comprimido
40	34	Gases de combustión de GT
	35	Eje
	36	Conexión a la red principal
	GT	Turbina de Gas
	ST	Turbina de vapor
45	CC	Central eléctrica de ciclo combinado
	CO ₂	Dióxido de carbono

REIVINDICACIONES

1. Central eléctrica (20) que comprende una unidad de potencia (1) con un sistema de captura de CO₂ (25) y un compresor de CO₂ (7), caracterizada por que una turbina de vapor (10) está conectada de forma aplicable a un generador (8) a través de un embrague de rotación libre (9), en donde el generador (8) es conectable a una red de energía para suministrar energía a la red y que puede hacerse funcionar como un motor, y en donde el generador (8) está conectado mecánicamente al compresor de CO₂ (7).
5
2. Central eléctrica (20) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que un engranaje está dispuesto entre el compresor de CO₂ (7) y el generador (8).
3. Central eléctrica (20) de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizada por que el generador (8) es un generador con un convertidor de matriz o una combinación de un generador y un convertidor de frecuencia para permitir la conexión a la red del generador (8), independientemente de la velocidad de funcionamiento del compresor de CO₂ (7).
10
4. Central eléctrica (20) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la unidad de potencia (1) es una central eléctrica de ciclo combinado que comprende una turbina de gas, un HRSG (24), una turbina de vapor (30) y un sistema de captura de CO₂ (25).
15
5. Central eléctrica (20) de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada por que un sistema entrada de recirculación (4) de los gases de combustión se hace recircular en el aire de entrada (3) de una turbina de gas de la central eléctrica de ciclo combinado.
6. Central eléctrica (20) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que comprende una pluralidad de unidades generadoras de potencia (1) y una pluralidad de compresores de CO₂ (7), que están conectados mediante un colector de CO₂ (16).
20
7. Central eléctrica (20) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la velocidad de funcionamiento de diseño del compresor de CO₂ (7) es diferente de la frecuencia de la red.
8. Método para hacer funcionar una central eléctrica (20) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7 que comprende un sistema de captura de dióxido de carbono (CO₂), un generador (8), una turbina de vapor (10) y un compresor de CO₂ (7), caracterizado por que para la compresión de CO₂ el generador (8) se hace funcionar como un motor para accionar el compresor de CO₂ (7) cuando está disponible insuficiente vapor para accionar la turbina de vapor (10), y por que la turbina de vapor (10) acciona el compresor de CO₂ (7) a través de un embrague de rotación libre que se aplica cuando está disponible suficiente vapor.
25
9. Método para hacer funcionar una central eléctrica (20) de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que durante el funcionamiento en carga parcial en estado estacionario normal y/o en carga base de la central (20), la turbina de vapor (10) se acopla a través del embrague de rotación libre (9) y el compresor de CO₂ (7) sólo es accionado por la turbina de vapor (10).
30
10. Método para hacer funcionar una central eléctrica (20) de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por que la potencia en exceso de la turbina de vapor (10), que excede la potencia requerida para accionar el compresor de CO₂ (7), se convierte en energía eléctrica por parte del generador (8) y se alimenta a la red.
35
11. Método para hacer funcionar una central eléctrica (20) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado por que durante el funcionamiento a carga parcial baja y/o la carga de la unidad de potencia (1), o cuando no está disponible vapor debido a una construcción gradual o a una interrupción de la parte de vapor de una central eléctrica de ciclo combinado, la turbina de vapor (10) no se aplica a través del embrague de rotación libre (9) y por que el compresor de CO₂ (7) es accionado por el generador (8) que es hecho funcionar como un motor durante este modo de funcionamiento.
40
12. Método para hacer funcionar una central eléctrica (20) de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que la turbina de vapor (10) se acopla al generador (8) y al compresor de CO₂ (7) a través del embrague de rotación libre (9), el generador (8) se hace funcionar como un motor, y tanto la turbina de vapor (10) como el generador (8) accionan el compresor de CO₂ (7) cuando está disponible vapor, pero la salida de potencia de la turbina de vapor (10) es menor que la potencia requerida para accionar el compresor de CO₂ (7).
45

13. Método para hacer funcionar una central eléctrica (20) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado por que el CO₂ capturado de una pluralidad de unidades de potencia (1) se recoge por un colector de CO₂ y se comprime por una pluralidad de compresores de CO₂ (7).
- 5 14. Método para hacer funcionar una central eléctrica (20) de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado por que para el funcionamiento en carga parcial la reducción de la carga de la central eléctrica (20) se realiza descargando las unidades de potencia (1) a diferentes niveles de carga al tiempo que se descargan los compresores de CO₂ (7) para distribuir equitativamente los flujos de masa de CO₂ por todos los compresores de CO₂ (7) en funcionamiento.
- 10 15. Método para hacer funcionar una central eléctrica (20) de acuerdo con una de las reivindicaciones 13 ó 14 precedentes, caracterizado por que el al menos un compresor de CO₂ (7) es accionado por el generador (8) y/o la turbina de vapor (10), y por que la velocidad del compresor de CO₂ (7) se ajusta de manera variable para controlar el flujo de CO₂ y/o por que el al menos un generador (8) se configura como un generador con un convertidor de matriz para permitir la conexión a la red independientemente de la velocidad de funcionamiento o se conecta a la red a través de un convertidor de frecuencia.

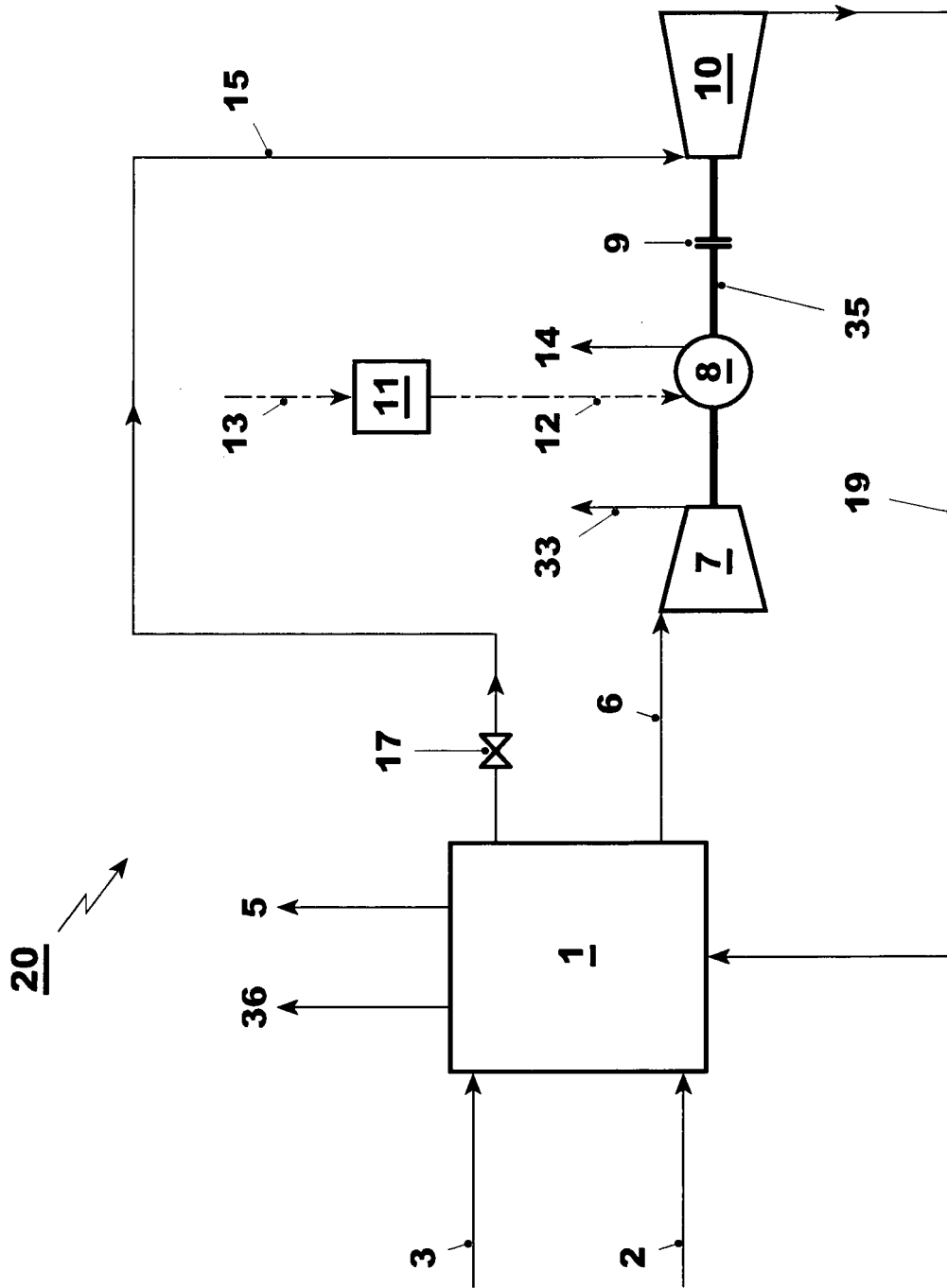


FIG. 1

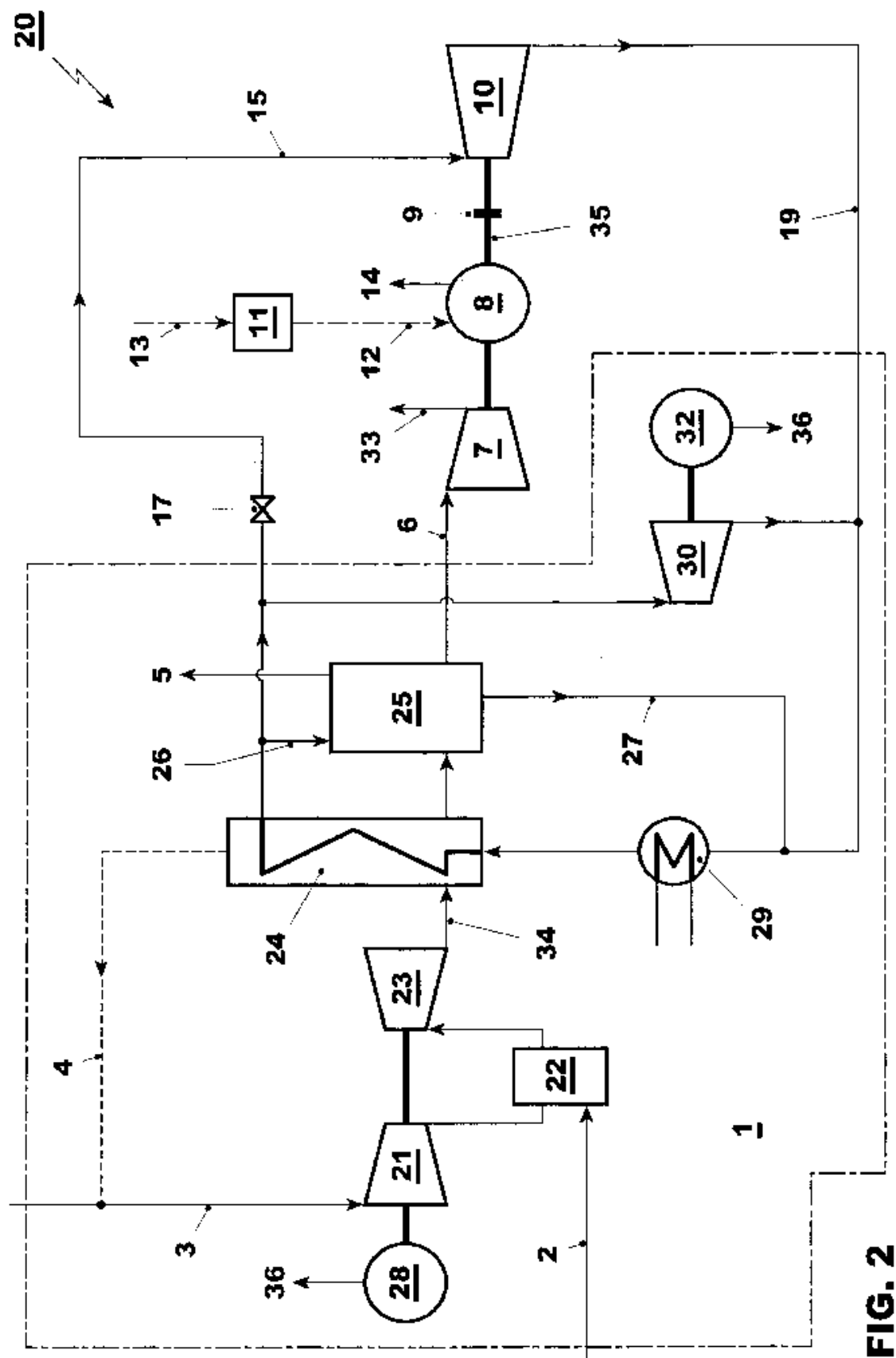


FIG. 2

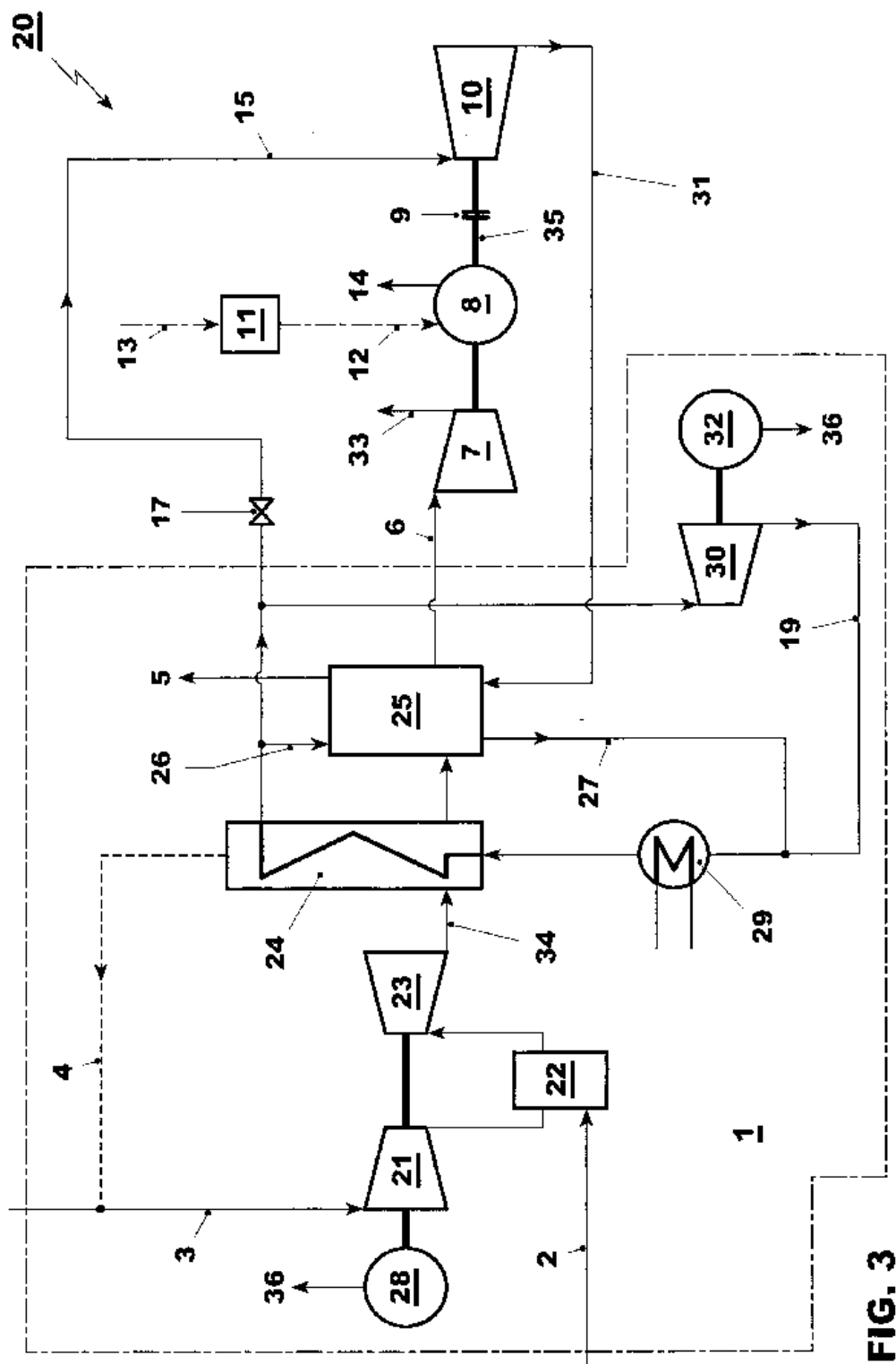
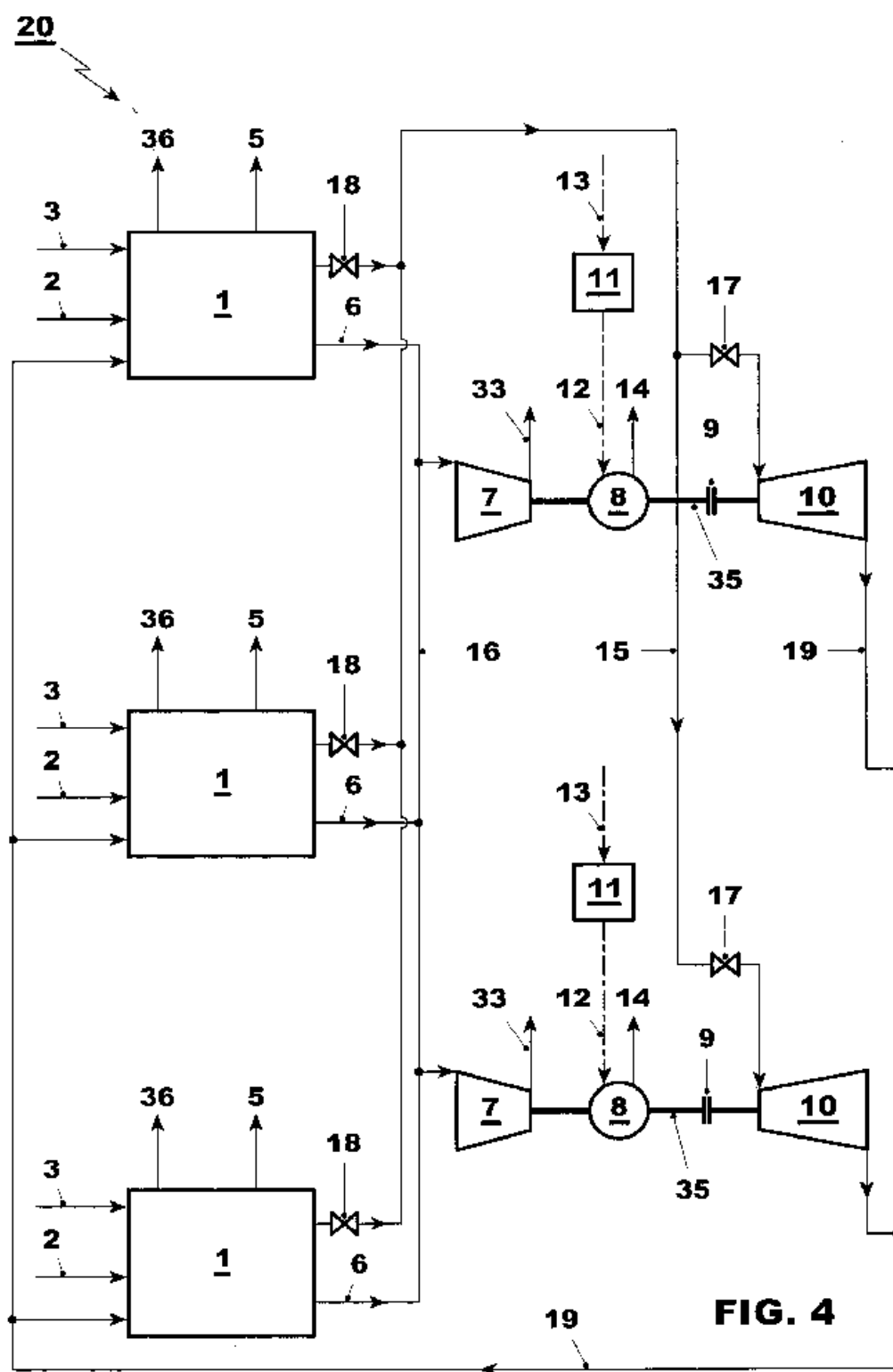


FIG. 3



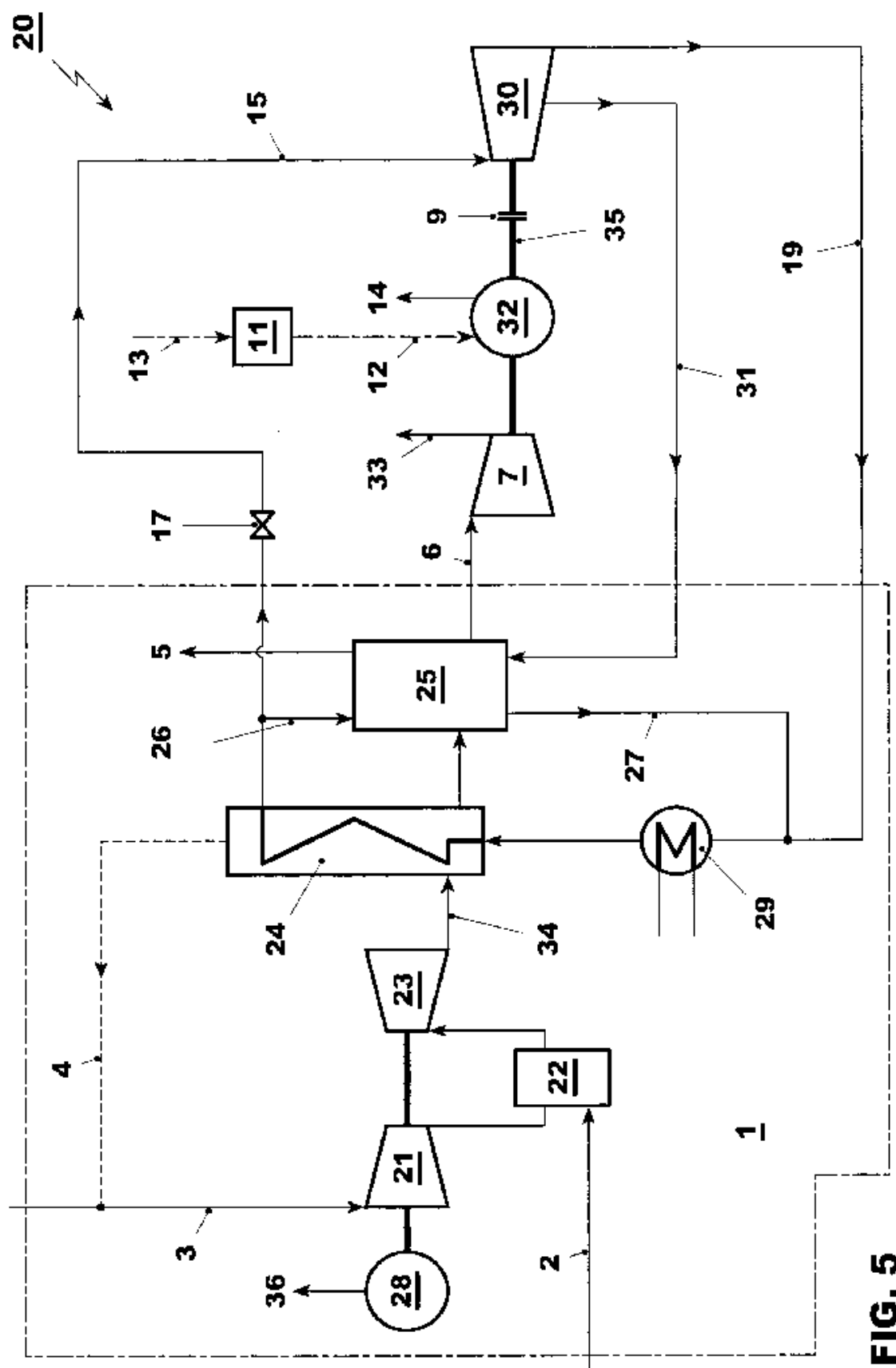


FIG. 5