

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 260**

51 Int. Cl.:

F01K 13/02 (2006.01)

F01K 23/10 (2006.01)

F01K 7/18 (2006.01)

F01K 7/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2008** **E 08007315 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016** **EP 2138677**

54 Título: **Instalación de turbinas de gas y de vapor**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.04.2017

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**BEUL, ULRICH;
HEUE, MATTHIAS;
HOFBAUER, THOMAS, DR.;
HOFFACKER, RALF;
KAUFMANN, CARSTEN;
KNUDSEN, DIRK y
KUNZE, MARKUS**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 609 260 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

Instalación de turbinas de gas y de vapor

5 La invención se refiere a una instalación de turbinas de gas y de vapor con un dispositivo de precalentamiento de combustible dispuesto aguas arriba de los quemadores de la turbina de gas y con un generador de vapor de recuperación de calor dispuesto aguas abajo de la turbina de gas en el lado de gas de combustión, cuyas superficies de calentamiento están conectadas al circuito de agua-vapor de la turbina de vapor, comprendiendo la turbina de vapor un número de fases de presión. Se refiere adicionalmente a un procedimiento para poner en marcha una instalación de turbinas de gas y de vapor de este tipo.

10 Una instalación de turbinas de gas y de vapor de este tipo se da a conocer, por ejemplo, en el documento WO99/40306 A.

15 Las instalaciones de turbinas de gas y de vapor (instalaciones de ciclo combinado) sirven principalmente para la producción de electricidad. A este respecto una instalación de ciclo combinado moderna comprende habitualmente de una a cuatro turbinas de gas y al menos una turbina de vapor, o bien accionando cada turbina en cada caso un generador (instalación de múltiples árboles) o bien accionando una turbina de gas con la turbina de vapor sobre un árbol común un único generador (instalación de un solo árbol). Los gases de escape calientes de la turbina de gas se usan a este respecto en un generador de vapor de recuperación de calor para generar vapor de agua. El vapor se suministra a continuación a la turbina de vapor. De manera habitual, aproximadamente dos tercios de la potencia eléctrica corresponden a la turbina de gas y un tercio al proceso de vapor.

20 Las potencias de las instalaciones de ciclo combinado habituales se encuentran en el intervalo de entre por ejemplo 80 MW y 830 MW por unidad de turbina de gas/turbina de vapor, pudiendo consistir una instalación de central de energía en varias unidades. En comparación con esto, un bloque de una central de energía nuclear tiene habitualmente una potencia de entre 500 MW y 1.500 MW.

25 Una instalación de ciclo combinado se caracteriza en particular por un rendimiento extremadamente alto. Esto resulta del hecho de que el calor del gas de escape que sale de la turbina de gas no se desecha, sino que se aprovecha para la producción de energía adicional. En instalaciones de ciclo combinado modernas se implementan además posibilidades adicionales para aumentar el rendimiento:

30 Para aumentar el rendimiento de la turbina de gas de la instalación de ciclo combinado se aumenta por ejemplo la temperatura del combustible antes del suministro a la turbina de gas por medio del denominado precalentamiento de combustible. Para ello se aprovecha el gas de escape del generador de vapor de recuperación de calor de la instalación de ciclo combinado, que tiene una temperatura suficiente para este propósito. El precalentamiento de combustible aumenta el contenido energético del combustible y permite de ese modo un aprovechamiento más eficaz de la fuente de energía primaria.

35 Para aumentar el rendimiento de la turbina de vapor de la instalación de ciclo combinado esta comprende habitualmente varias fases de presión, que están diseñadas para diferentes presiones de vapor. El vapor sobrecalentado en el generador de vapor de recuperación de calor se guía de vuelta a este respecto tras reducir su presión en la fase de alta presión de la turbina de vapor de nuevo al generador de vapor de recuperación de calor y se sobrecalienta otra vez. Este vapor se suministra entonces a las fases de presión dispuestas aguas abajo. Este denominado sobrecalentamiento intermedio aumenta el rendimiento de la turbina de vapor a través de la temperatura media mayor del suministro de calor. Por lo demás, con ello se evita la erosión en las últimas paletas en la parte de baja presión de la turbina de vapor como consecuencia de una humedad en forma de vapor demasiado alta.

45 En teoría es concebible un gran número de fases de presión en una turbina de vapor, sin embargo el coste de inversión adicional es entonces demasiado alto en comparación con la mejora de la técnica térmica. Actualmente, una instalación de ciclo combinado con tres fases de presión en la turbina de vapor y un único sobrecalentamiento intermedio representa el óptimo económico.

50 Debido a su flexibilidad, en particular la posibilidad de la rápida puesta en marcha, las instalaciones de ciclo combinado modernas se usan a menudo para el abastecimiento de la alta demanda de potencia que se produce durante poco tiempo en la red eléctrica, la denominada carga de pico. Esto conduce a operaciones de puesta en marcha comparativamente frecuentes en instalaciones de ciclo combinado. Durante la puesta en marcha de turbinas de vapor con sobrecalentamiento intermedio resulta problemático que, en el caso de potencias de turbinas de vapor reducidas, las temperaturas que se generan a este respecto en la salida de la fase de alta presión de la turbina de vapor son comparativamente altas. Esto resulta de la pérdida de energía reducida del vapor en la fase de alta presión de la turbina de vapor que durante la operación de puesta en marcha funciona con números de revoluciones por debajo de la frecuencia de la red eléctrica de 50 Hz o 60 Hz.

Una solución conocida para este problema es, por ejemplo, un conducto de vapor, que elimina el vapor de escape de alta presión del sistema y lo transmite al condensador conectado a la turbina de vapor para la recuperación de agua de alimentación. De este modo puede reducirse la presión después de la fase de alta presión de la turbina de vapor y por consiguiente reducirse la temperatura. Sin embargo, con este modo de proceder, la energía contenida en el vapor se desecha sin aprovecharla, lo que va en contra del propósito de diseño de las instalaciones de ciclo combinado de hoy en día, concretamente conseguir un rendimiento especialmente alto.

Por tanto, la invención se basa en el objetivo de indicar una instalación de turbinas de gas y de vapor del tipo mencionado anteriormente, que con una flexibilidad operativa especialmente alta alcance un rendimiento especialmente alto en el proceso de puesta en marcha. Además pretende indicarse un procedimiento especialmente eficaz para poner en marcha una instalación de turbinas de gas y de vapor de este tipo.

Con respecto a la instalación de turbinas de gas y de vapor, este objetivo se alcanza según la invención al conectar, un conducto de vapor, una salida de vapor que se encuentra entre dos fases de presión con un tambor de vapor asociado al dispositivo de precalentamiento de combustible.

A este respecto, la invención parte de la consideración de que podría alcanzarse un rendimiento especialmente alto durante el proceso de puesta en marcha de la instalación de ciclo combinado, si el vapor de alta presión que se produce durante el proceso de puesta en marcha de la instalación de ciclo combinado no se desecha simplemente en la salida de la fase de alta presión de la turbina de vapor, sino que pudiera aprovecharse de alguna forma para la producción de energía. A este respecto se tiene en cuenta básicamente un aprovechamiento en el proceso o bien de turbina de gas o bien de turbina de vapor. Dado que a la turbina de gas le corresponde una mayor proporción de la potencia de la instalación de ciclo combinado completa que a la turbina de vapor, puede conseguirse un aumento especialmente eficaz del rendimiento en particular en la zona de la turbina de gas.

Cuanto mayor sea el rendimiento de partida de la turbina de gas, mayor deberá ser el aumento de rendimiento que pueda conseguirse mediante medidas dispuestas aguas abajo. Por tanto, mediante un aumento de la temperatura de combustible antes de la combustión, que representa la primera medida a nivel de proceso de ciclo combinado para aumentar el rendimiento, mediante efectos secundarios puede conseguirse un aumento especialmente alto de la eficiencia energética.

El vapor de alta presión que se produce durante el proceso de puesta en marcha está demasiado caliente para la transmisión a componentes de turbinas de vapor posteriores y se encuentra a una presión demasiado alta y por tanto tiene que evacuarse. Sin embargo, los parámetros de vapor son tales, que este vapor puede aprovecharse sin un sobrecalentamiento intermedio adicional para el precalentamiento de combustible. Esto puede conseguirse al conectar, un conducto de vapor, una salida de vapor que se encuentra entre dos fases de presión con un tambor de vapor asociado al dispositivo de precalentamiento de combustible.

En una configuración ventajosa, el conducto de vapor conecta la salida de vapor que se encuentra después de la primera fase de presión, que se encuentra a la presión más alta, con una entrada de vapor de un tambor de vapor asociado al dispositivo de precalentamiento de combustible. En el caso de las turbinas de vapor habituales hoy en día, que comprenden tres fases de presión diferentes, en particular el vapor que se produce en la salida de la fase de alta presión durante el proceso de puesta en marcha está demasiado caliente y se encuentra a una presión demasiado alta, para poder introducirse en la fase de presión media. Por tanto, en particular en este caso está previsto un orificio de descarga, a través del que puede evacuarse el vapor y por consiguiente pueden reducirse la presión y la temperatura, para garantizar la seguridad operativa de la fase de presión media.

Ventajosamente, el conducto de vapor comprende una válvula de regulación. De este modo, el conducto de descarga del vapor que se encuentra a una presión alta puede regularse en función de las necesidades en la salida de la fase de alta presión de la turbina de vapor. Esto permite una operación de puesta en marcha aún más flexible y más eficaz de la instalación de ciclo combinado completa.

Con respecto al procedimiento, el objetivo se alcanza según la invención al aprovecharse, durante la operación de puesta en marcha, el vapor de extracción tomado entre las fases de presión para el precalentamiento de combustible.

Durante el funcionamiento continuo, es decir cuando el árbol se hace funcionar con la frecuencia de red eléctrica de 50 Hz o 60 Hz, los parámetros de la turbina de vapor se seleccionan habitualmente de tal manera que el vapor que sale de la fase de alta presión de la turbina de vapor se suministra en su totalidad al sobrecalentamiento y puede introducirse en las fases de presión posteriores. Únicamente en la fase de puesta en marcha por debajo de estas frecuencias, la temperatura y la presión del vapor son demasiado altas para una transmisión de este tipo, y tiene que evacuarse una parte del vapor. Por tanto, en particular en esta fase puede aprovecharse el vapor evacuado para el precalentamiento de combustible.

Las ventajas conseguidas con la invención consisten en particular en que, mediante el aprovechamiento del vapor tomado entre las fases de presión de la turbina de vapor durante el proceso de puesta en marcha para el precalentamiento de combustible de la turbina de gas se consigue un rendimiento especialmente alto de la instalación de ciclo combinado, en particular durante el proceso de puesta en marcha. A este respecto, esta medida puede implementarse desde el punto de vista constructivo de manera especialmente sencilla, dado que la mayoría de las nuevas instalaciones de ciclo combinado ya se distribuyen con un precalentamiento de combustible independiente. Mediante el aprovechamiento del vapor que se produce de todos modos procedente de la evacuación tras la fase de alta presión de la turbina de vapor puede aprovecharse energía en el dispositivo de precalentamiento de combustible, con lo que aumenta el rendimiento de la central de energía precisamente en la fase de puesta en marcha.

Se explicará más detalladamente un ejemplo de realización de la invención mediante dos dibujos. En estos:

la figura 1 muestra una representación esquemática de una instalación de ciclo combinado según la invención y

la figura 2 muestra una representación esquemática de una instalación de ciclo combinado alternativa con un conducto de vapor, que conecta una salida de vapor que se encuentra después de la fase de alta presión con una entrada de vapor del dispositivo de precalentamiento de combustible.

Las partes iguales están dotadas en ambas figuras de los mismos números de referencia.

La figura 1 muestra una representación esquemática de una instalación 1 de ciclo combinado según la invención. Una turbina 2 de gas que comprende un compresor 4 y una turbina 6 está conectada a este respecto a través de un árbol 8 con un generador 10. La turbina 2 de gas se acciona mediante la combustión de combustible B suministrado mediante un dispositivo 12 de transporte de combustible desde un conducto 14 de combustible. Para aumentar el rendimiento de la turbina 2 de gas, el combustible B se calienta previamente por medio de un dispositivo 16 de precalentamiento de combustible.

La energía liberada mediante la combustión del combustible B se transforma en la turbina 2 de gas en energía mecánica y se transmite a través del árbol 8 al generador 10, transformándose en energía eléctrica. El gas G de combustión cuya presión se reduce en la turbina 6 se suministra a continuación a través de un conducto 18 de gas de escape a un generador 20 de vapor de recuperación de calor, en el que debido a su temperatura comparativamente alta de por ejemplo aproximadamente 650°C se aprovecha para la generación de vapor. A continuación, el gas G de combustión se suministra a una chimenea de gases de escape no mostrada más detalladamente.

En el generador 20 de vapor de recuperación de calor se genera en las superficies 22 de calentamiento vapor HD de alta presión sobrecalentado. A este respecto son concebibles diferentes configuraciones de las superficies 22 de calentamiento. Habitualmente, desde una bomba de agua no mostrada más detalladamente se suministra agua a las superficies de calentamiento de evaporador, en las que el agua se evapora parcial o completamente. El agua no evaporada puede separarse del vapor dado el caso a continuación en un dispositivo de separación de agua y el vapor se suministra a superficies de calentamiento de sobrecalentador, en las que se aumenta adicionalmente su energía térmica.

A las superficies 22 de calentamiento les siguen válvulas 24 de regulación, mediante las que el vapor HD de alta presión se conduce finalmente a la fase 26 de turbina de alta presión. Aquí se reduce la presión del vapor y por consiguiente se transforma la energía térmica en energía mecánica, que se transmite a través de un árbol 28 a un generador 30, en el que se transforma adicionalmente en energía eléctrica. El vapor cuya presión se ha reducido se evacúa de la fase 26 de turbina de alta presión y se suministra a través de un elemento 32 regulador a superficies 34 de calentamiento de sobrecalentador adicionales en el generador 20 de vapor de recuperación de calor. Dependiendo del funcionamiento, a este respecto puede influirse en el recorrido del vapor de alta presión: en caso necesario el vapor de alta presión puede hacerse pasar desde las superficies 22 de calentamiento por la fase 26 de turbina de alta presión a través de una válvula 36.

Si el vapor que sale de la fase 26 de turbina de alta presión está demasiado caliente o tiene una presión demasiado alta para su uso adicional, lo que puede producirse en particular durante el proceso de puesta en marcha de la turbina de vapor, una parte del vapor puede evacuarse a través de una válvula 38 directamente al condensador 40. Allí, el vapor se enfría y se transforma de nuevo en agua líquida, que puede suministrarse de nuevo al proceso de evaporación en las superficies 22 de calentamiento del generador 20 de vapor de recuperación de calor. Sin embargo, a este respecto se desecha todo el contenido energético del vapor.

En las superficies 34 de calentamiento de sobrecalentador se sobrecalienta otra vez el vapor que sale de la fase 26 de turbina de alta presión y se suministra a través de válvulas 42 de regulación adicionales a la fase 44 de turbina de presión media. A este respecto, la fase 44 de turbina de presión media se encuentra en el mismo árbol 28 que la

ES 2 609 260 T3

fase 26 de turbina de alta presión. En caso necesario, el vapor también puede evacuarse directamente a través de una válvula 46 al condensador 40.

5 Tras la reducción de la presión en la fase 44 de turbina de presión media se suministra una parte del vapor a la fase 48 de turbina de baja presión, que a su vez se encuentra en el mismo árbol 28 que la fase 44 de turbina de presión media y la fase 26 de turbina de alta presión. Tras la reducción de su presión en la fase 48 de turbina de baja presión, el vapor se suministra a través de conductos 50 de descarga finalmente al condensador 40, en el que se enfría y se transforma de nuevo en agua líquida, que puede suministrarse de nuevo al proceso de evaporación en las superficies 22 de calentamiento del generador 20 de vapor de recuperación de calor.

10 Se guía condensado desde la fase 44 de turbina de presión media al generador 20 de vapor de recuperación de calor, en el que se evapora y se calienta en superficies 52 de calentamiento. Este vapor se conduce a continuación a través de un tambor 54 de vapor al dispositivo 16 de precalentamiento de combustible y allí se aprovecha para el precalentamiento del combustible B, con lo que se aumenta el rendimiento de la turbina 2 de gas mediante el aumento de la temperatura del combustible B y con ello de la mezcla de gas en la cámara de combustión de la turbina 2 de gas en su totalidad.

15 La figura 2 muestra una instalación 1 de turbinas de gas y de vapor alternativa, en la que sin embargo se suprime la conducción de vapor a través de la válvula 38, que en caso necesario, por ejemplo en el funcionamiento de puesta en marcha de la turbina de vapor suministra el vapor que sale de la fase 26 de turbina de alta presión al condensador 40, para llevar los parámetros de vapor hasta los valores deseados para su uso adicional.

20 En lugar de esto está previsto un conducto 60 de vapor, que a través de una válvula 62 de regulación suministra el vapor al tambor 54 de vapor asociado al dispositivo 16 de precalentamiento de combustible de la turbina 2 de gas. De este modo pueden adaptarse igualmente en caso necesario los parámetros de vapor en la salida de la fase 26 de turbina de alta presión, pero la energía del vapor no se desecha simplemente en el condensador 40, sino que se aprovecha a través del intercambio de energía térmica en el tambor 54 de vapor para el precalentamiento de combustible para la turbina 2 de gas. De este modo puede conseguirse en total un rendimiento aún mayor de la
25 instalación 1 de turbinas de gas y de vapor, en particular en el funcionamiento de puesta en marcha.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Instalación (1) de turbinas de gas y de vapor con un dispositivo (16) de precalentamiento de combustible dispuesto aguas arriba de los quemadores de la turbina (2) de gas y con un generador (20) de vapor de recuperación de calor dispuesto aguas abajo de la turbina (2) de gas en el lado de gas de combustión, cuyas superficies (22) de calentamiento están conectadas al circuito de agua-vapor de la turbina de vapor, comprendiendo la turbina de vapor un número de fases de presión, caracterizada porque un conducto (60) de vapor conecta una salida de vapor que se encuentra entre dos fases de presión con un tambor (54) de vapor asociado al dispositivo (16) de precalentamiento de combustible.
- 10 2. Instalación (1) de turbinas de gas y de vapor según la reivindicación 1, en la que el conducto (60) de vapor conecta la salida de vapor que se encuentra después de la primera fase de presión, que se encuentra a la presión más alta, con un tambor (54) de vapor asociado al dispositivo (16) de precalentamiento de combustible.
3. Instalación (1) de turbinas de gas y de vapor según la reivindicación 1 ó 2, en la que el conducto (60) de vapor comprende una válvula (62) de regulación.
- 15 4. Procedimiento para poner en marcha una instalación (1) de turbinas de gas y de vapor con un dispositivo (16) de precalentamiento de combustible dispuesto aguas arriba de la cámara de combustión de la turbina (2) de gas y con un generador (20) de vapor de recuperación de calor dispuesto aguas abajo de la turbina (2) de gas en el lado de gas de combustión, cuyas superficies (22) de calentamiento están conectadas al circuito de agua-vapor de la turbina de vapor, comprendiendo la turbina de vapor un número de fases de presión, y en el que durante la operación de puesta en marcha se aprovecha vapor de extracción tomado entre las fases de presión para el precalentamiento de combustible, caracterizado porque el vapor de extracción se suministra a un tambor de vapor asociado al calentamiento de combustible.
- 20 5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que durante la operación de puesta en marcha se aprovecha vapor de extracción tomado después de la primera fase de presión, que se encuentra a la presión más alta, para el precalentamiento de combustible.
- 25 6. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, en el que la cantidad del vapor de extracción tomado se regula a través de una válvula (62) de regulación.

FIG 1



