

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 007**

51 Int. Cl.:

F01K 23/10 (2006.01)

F22G 5/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.09.2011 PCT/EP2011/065176**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.03.2012 WO12034870**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2011 E 11752212 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016 EP 2603672**

54 Título: **Generador de vapor de calor perdido**

30 Prioridad:
13.09.2010 DE 102010040624

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.03.2017

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München , DE**

72 Inventor/es:
**BRÜCKNER, JAN y
THOMAS, FRANK**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 606 007 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

Generador de vapor de calor perdido

- La invención se refiere a un generador de vapor de calor perdido para una central energética de ciclo combinado con una cantidad de superficies de calefacción de economizador, vaporizador y de recalentador que forman un trayecto de flujo por el que circula un medio fluido, en el que una tubería de sobrante se bifurca desde el trayecto de flujo y conduce a una cantidad de válvulas de inyección dispuestas en el trayecto de flujo en el lado del medio fluido detrás de una superficie de calefacción de recalentador. Esta invención se refiere adicionalmente a un procedimiento para regular un aumento de potencia a corto plazo de una turbina de vapor con un generador de vapor de calor perdido conectado aguas arriba.
- Un generador de vapor de calor perdido es un intercambiador de calor que recupera calor de una corriente de gas caliente. Los generadores de vapor de calor perdido se emplean habitualmente en instalaciones de turbinas de vapor y de gas (centrales de ciclo combinado) que sirven principalmente para la generación de corriente. En este caso una central de ciclo combinado moderna comprende habitualmente de una a cuatro turbinas de gas, y al menos una turbina de vapor, en la que o bien cada turbina acciona un generador en cada caso (instalaciones de varios árboles) o una turbina de gas con la turbina de vapor acciona sobre un árbol común un único generador (instalación de un solo árbol). Los gases de escape calientes de la turbina de gas se emplean en este caso en el generador de vapor de calor perdido para generar vapor de agua. El vapor se alimenta a continuación a la turbina de vapor. Habitualmente se escapan aproximadamente dos tercios de la potencia eléctrica a la turbina de gas y un tercio al proceso de vapor.
- De manera análoga a las diferentes etapas de presión de una turbina de vapor el generador de vapor de calor perdido comprende también una multitud de etapas de presión con estados térmicos diferentes de la mezcla agua-vapor contenida en cada caso. En cada una de estas etapas de presión el medio fluido recorre en su trayecto de flujo en primer lugar economizadores, que utilizan calor residual para el precalentamiento del medio fluido, y a continuación diferentes etapas de superficies de calefacción de vaporizador y de recalentador. En el vaporizador se vaporiza el medio fluido, después se separan los eventuales restos de humedad en un dispositivo de separación y el vapor contenido sobrante se calienta adicionalmente en el recalentador.
- Debido a las oscilaciones de carga la potencia calorífica transmitida a los recalentadores puede verse influida intensamente. Por lo tanto, a menudo es necesario regular la temperatura de recalentamiento. En las instalaciones nuevas esto se alcanza la mayoría de las veces mediante una inyección de agua de alimentación entre las superficies de calefacción de recalentador para el enfriamiento, es decir, una tubería de sobrante se bifurca desde la corriente principal del medio fluido y conduce a válvulas de inyección dispuestas en ese lugar de manera correspondiente. La inyección se regula en este caso mediante las temperaturas de salida en el recalentador respectivo.
- De las centrales modernas se exige no solamente altos rendimientos sino también un modo de funcionamiento lo más flexible posible. A esto pertenece también, además de tiempos de arranque cortos y altas velocidades de alteración de carga, la posibilidad de compensar interferencias de frecuencia en la interconexión de redes de corriente. Para cumplir con estos requisitos la central eléctrica tiene que ser capaz de facilitar mayores rendimientos de por ejemplo 5 % y más en pocos segundos.
- Esto se realiza en las centrales de ciclo combinado hasta ahora habituales habitualmente mediante un aumento de carga de la turbina de gas. El documento US-B1-6 766 646 divulga una central de ciclo combinado de este tipo. En ciertas circunstancias, sin embargo, puede ser posible particularmente en el intervalo de carga superior que la subida de rendimiento deseada no pueda facilitarse exclusivamente mediante la turbina de gas. Por ello entre tanto se persiguen también soluciones en las cuales la turbina de vapor también pueda realizar una contribución adicional al apoyo de la frecuencia en los primeros segundos.
- Esto puede ocurrir, por ejemplo, al abrir válvulas de turbina parcialmente estranguladas de la turbina de vapor o de una así llamada válvula de etapas, por lo que la presión de vapor delante de la turbina de vapor se reduce. El vapor del acumulador de vapor del generador de vapor de calor perdido conectado aguas arriba se acumula por ello y se alimenta a la turbina de vapor. Con esta medida en pocos segundos se alcanza una subida de potencia en la parte de vapor de la central de ciclo combinado.
- Esta potencia adicional puede liberarse en relativamente poco tiempo, de manera que el aumento de potencia retardado puede compensarse al menos parcialmente mediante la turbina de gas (limitado por su velocidad de alteración de carga máxima condicionada por la construcción y el funcionamiento). Todo el bloque mediante esta medida realiza directamente un salto de potencia, y mediante un aumento de potencia siguiente de la turbina de gas también este nivel de potencia puede mantenerse de manera duradera, o sobrepasarse, siempre y cuando la instalación se encuentre en el momento de las reservas de potencia adicionalmente requeridas en el intervalo de

carga parcial.

5 Sin embargo, un estrangulamiento permanente de las válvulas de turbina para mantener una reserva lleva siempre a una pérdida de rendimiento, de manera que para un funcionamiento rentable el grado de estrangulamiento debería mantenerse tan reducido como fuera absolutamente necesario. Además, algunas formas de construcción de generadores de vapor de calor perdido, así p.ej. generadores de vapor de flujo forzado presentan eventualmente un volumen de almacenamiento notablemente más pequeño que como p.ej. generadores de vapor de flujo natural. La diferencia en el tamaño del acumulador, en el procedimiento anteriormente descrito, influye en el comportamiento en modificaciones de potencia de la parte de vapor de la central de ciclo combinado.

10 Por lo tanto, el objetivo de la invención es indicar un generador de vapor de calor perdido del tipo mencionado al principio que sea capaz en especial medida de posibilitar un aumento de potencia de una turbina de vapor conectada aguas abajo, sin que se perjudique al mismo tiempo el rendimiento del proceso de vapor más de lo debido. Simultáneamente el aumento de potencia a corto plazo debe posibilitarse independientemente de la forma de construcción del generador de vapor de calor perdido. Adicionalmente el objetivo de la invención es indicar una central de ciclo combinado correspondiente, así como un procedimiento para regular un aumento de potencia a corto plazo de una turbina de vapor como un generador de vapor de calor perdido conectado aguas arriba.

15 Con respecto al generador de vapor de calor perdido este objetivo se resuelve de acuerdo con la invención al estar dispuesto el lugar de bifurcación de la tubería de sobrante delante de la primera superficie de calefacción de vaporizador en el lado del medio fluido, y detrás de la superficie de calefacción de economizador en el lado del medio fluido.

20 La invención parte en este caso de la reflexión de que la inyección adicional de agua de alimentación puede contribuir adicionalmente a un cambio de potencia rápida. Mediante el agua de inyección adicional en la zona del recalentador puede aumentarse paulatinamente el caudal másico de vapor a corto plazo. Una cantidad de inyección demasiado grande disminuye eventualmente sin embargo la temperatura del vapor de manera demasiado intensa. Esto debería alcanzarse al aumentarse la entalpía específica del agua de inyección, dado que así es posible una cantidad de inyección superior con el mismo valor teórico de temperatura de vapor. Un aumento de este tipo de la entalpía específica del agua de inyección puede conseguirse porque esta experimenta una absorción de calor adicional mediante superficies de calefacción de economizador. Es decir, la tubería de sobrante para el agua de inyección debería situarse en el lado del medio fluido detrás de una superficie de calefacción de economizador.

30 Una extracción de este tipo detrás de una superficie de calefacción de economizador representa ya una mejora en cuanto a la optimización del sistema de inyección para facilitar una reserva inmediata. No obstante, el caudal másico de vapor en el caso de una temperatura de vapor constante puede aumentarse cada vez más cuanto más alta sea la entalpía específica del agua de inyección. Mediante un precalentamiento del agua de inyección adicional puede alcanzarse esto. Por lo tanto, el lugar de bifurcación de la tubería de sobrante debería estar dispuesto detrás de la última superficie de calefacción de economizador en el lado del medio fluido.

35 Mediante el traslado del lugar de bifurcación en la dirección del vaporizador se reduce sin embargo la distancia en el lado del flujo entre lugar de extracción y lugar de inyección. Entre entrada y salida de la tubería de sobrante puede garantizarse por lo tanto que la diferencia de presión sea lo suficientemente grande para que pueda garantizarse un caudal satisfactorio del agua de inyección mediante la válvula de inyección. Una válvula de regulación de paso para el medio fluido está dispuesta por lo tanto detrás del lugar de bifurcación en el lado del medio fluido de la tubería de sobrante. Por ello la presión en el punto de bifurcación se aumente y puede garantizarse una diferencia de presión suficiente para todos los casos de funcionamiento. No obstante, los economizadores deben diseñarse para la presión de funcionamiento debidamente superior.

45 En una configuración ventajosa adicional, en el lado del medio fluido detrás del lugar de bifurcación de la tubería de sobrante está dispuesto un dispositivo de medición de paso para el medio fluido. La cantidad de extracción tiene que considerarse entonces concretamente en estas circunstancias para la regulación de agua de alimentación no mediante una medición adicional o un balance separado.

50 Con respecto a un procedimiento para regular un aumento de potencia a corto plazo de una turbina de vapor con un generador de vapor de calor perdido conectado aguas arriba con una cantidad de superficies de calefacción de economizador, vaporizador y de recalentador que forman un trayecto de flujo, por las que circula un medio fluido, en el que se bifurca medio fluido desde el trayecto de flujo y se inyecta en el trayecto de flujo en el lado del medio fluido detrás de una superficie de calefacción de recalentador el objetivo se resuelve al bifurcarse el medio fluido delante de la primera superficie de calefacción de vaporizador en el lado del medio fluido y detrás de la superficie de calefacción de economizador en el lado del medio fluido.

55 Las ventajas alcanzadas con la invención consisten particularmente en que mediante la extracción de agua de inyección para el recalentador detrás de una primera superficie de calefacción de economizador mediante la

utilización de la inyección para el apoyo de la frecuencia puede obtenerse una subida mayor de la potencia de turbina de vapor desligada. Las temperaturas superiores/entalpías del agua de inyección dan como resultado en concreto una cantidad de inyección mayor, siempre que el valor teórico de temperatura de vapor permanezca igual. Esta cantidad de inyección mayor amplía simultáneamente el caudal másico de vapor vivo que fluye a través de la turbina de vapor.

Si puede realizarse en paralelo estrangulamiento de las válvulas de turbina en estas circunstancias el grado de estrangulamiento puede reducirse y a pesar de ello generarse el aumento de potencia necesario. Por tanto, la central de ciclo combinado en el funcionamiento de carga habitual (en el que debe facilitarse para una reserva inmediata) puede hacerse funcionar con un rendimiento comparativamente mayor debido a un a un estrangulamiento más reducido.

Debido a que en el funcionamiento habitual en particular un generador de vapor de calor perdido de flujo forzado con vaporizador BENSON en el intervalo de carga total en el caso normal funciona sin inyección en el recalentador (asimismo para la mejora del rendimiento dado el caso), una entalpía mayor del agua de inyección, condicionada por el sistema no presenta ningún fenómeno acompañante negativo adicional. Esto significa que para el funcionamiento de la instalación habitual es irrelevante en qué lugar se extrae el agua de inyección.

Un ejemplo de realización de la invención se explica con más detalle mediante un dibujo. En él, la FIG muestra en el lado del medio fluido la parte de alta presión de un generador de vapor de calor perdido con cableado de los componentes del sistema de inyección según la invención.

Del generador de vapor de calor perdido 1 en la FIG está representada a modo de ejemplo la parte de alta presión. La invención puede aplicarse naturalmente también en otras etapas de presión. La FIG representa esquemáticamente el trayecto de flujo 2 del medio fluido M. La disposición espacial de las superficies de calefacción individuales 4 del economizador 6, del vaporizador 8 y del recalentador 10 en el canal de gas caliente no está representada y puede variar.

El medio fluido M se transporta desde la bomba de alimentación 12 bajo presión correspondiente hacia el trayecto de flujo de alta presión 2 del generador de vapor de calor perdido 1. En este caso el medio fluido M recorre en primer lugar un economizador 6, que puede comprender una pluralidad de superficies de calefacción 4. El economizador 6 está dispuesto normalmente en la parte más fría del canal de gas caliente para alcanzar en este lugar un aprovechamiento de calor residual para el aumento del rendimiento. A continuación, el medio fluido M recorre las superficies de calefacción 4 del vaporizador 8 y del recalentador 10. Entre vaporizador 8 y recalentador 10 puede estar dispuesto en este caso también un dispositivo de separación no representado en detalle que elimina los restos de humedad del M, de manera que solamente vapor puro llega al recalentador 10. Desde el recalentador 10 el medio fluido M fluye finalmente hacia la turbina de vapor conectada aguas abajo no representada.

Las superficies de calefacción 4 representadas en la FIG son representantes en cada caso de una multitud de superficies de calefacción conectadas en serie que por razones de claridad no están representadas de manera diferenciada.

Entre las superficies de calefacción 4 individuales del recalentador 10, en el lado del medio fluido está dispuesta una válvula de inyección 14, una válvula de inyección 14 adicional está dispuesta después de la última superficie de calefacción 4 del recalentador 10. En este caso puede inyectarse medio fluido M más frío y sin vaporizar para regular la temperatura de salida en la salida 16 de la parte de alta presión del generador de vapor de calor perdido 1. La cantidad de medio fluido M introducido en las válvulas de inyección 14 para la inyección intermedia o final se regula mediante válvulas reguladoras 18. El medio fluido M se alimenta en este caso mediante una tubería de sobrante 20 que se bifurca previamente en el trayecto de flujo 2.

Sin embargo, para poder aprovechar el sistema de inyección no solamente para regular la temperatura de salida, sino también para facilitar una reserva de potencia inmediata el lugar de bifurcación 22 de la tubería de sobrante 20 está dispuesto entre las superficies de calefacción 4 del vaporizador 8 y las superficies de calefacción 4 del economizador 6. Por tanto, el medio fluido M inyectado a través de las válvulas de inyección 14 tiene una entalpía específica esencialmente más alta que en la extracción antes del economizador 6 y en el caso de una temperatura teórica igual en la salida 16 puede inyectar una cantidad mayor. Por ello la cantidad de vapor se aumenta considerablemente mientras que la temperatura sin embargo baja, aunque mediante el aprovechamiento de efectos de desacumulación puede mantenerse a corto plazo a un nivel comparativamente más alto. Por tanto, la potencia de la turbina de vapor conectada aguas abajo aumenta.

En el ejemplo de realización de acuerdo con la FIG el medio fluido M recorre todas las superficies de calefacción 4 del economizador 6, antes de que se extraiga una parte en el lugar de bifurcación 22. Si una extracción en este punto no fuera posible, entonces también una extracción entre dos superficies de calefacción 4 del economizador 6 representa una mejora en cuanto a la optimización para las reservas inmediatas, dado que también en este caso en

comparación con la entrada del economizador 6 ya se presenta una entalpía mayor del medio fluido.

5 En el trayecto de flujo 2 después del lugar de bifurcación 22 de la tubería de sobrante 20 está dispuesto un dispositivo de medición de paso 24 así como la válvula de regulación de paso 26 para el trayecto de flujo. Por ello en el lugar de bifurcación 22 de la tubería de sobrante 20 domina la presión alta a través de la bomba de alimentación 12, de manera que entre entrada y salida de la tubería de sobrante está garantizada una diferencia de presión suficientemente alta para posibilitar un paso debidamente elevado para la entrega de potencia adicional. El economizador 6 está diseñado con una construcción correspondiente para una alta presión de este tipo.

10 La disposición del dispositivo de medición de paso 24 detrás del lugar de bifurcación 22 permite la medición del paso sin considerar la cantidad de extracción a través de la tubería de sobrante 20. Está tendría que considerarse por lo demás mediante una medición adicional o un balance separado.

15 Un generador de vapor de calor perdido 1 diseñado de esta manera se emplea ahora en una central de ciclo combinado. En este caso los gases de escape los gases de escape calientes de una o varias turbinas de gas en el lado del humo se conducen a través del generador de vapor de calor perdido que facilita por tanto vapor para una turbina de vapor. La turbina de vapor comprende en este caso varias etapas de presión, es decir el vapor calentado por la parte de alta presión del generador de vapor de calor perdido 1 y expandido en la primera etapa (etapa de alta presión) de la turbina de vapor se conduce a una etapa de presión media del generador de vapor de calor perdido 1 y allí se recalienta de nuevo, aunque a nivel de presión más bajo. Tal como ya se ha mencionado el ejemplo de realización de acuerdo con la FIG muestra la parte de alta presión del generador de vapor de calor perdido 1 para la ilustración ejemplar de la invención, esta sin embargo puede aplicarse también en otras etapas de presión.

20 Una central de ciclo combinado equipada con un generador de vapor de calor perdido es capaz, no solamente mediante un aumento de potencia de la turbina de gas a corto plazo, que está limitada por la velocidad máxima de cambio de carga permitida, sino también mediante una entrega de potencia inmediata de la turbina de vapor de llevar a cabo rápidamente un aumento de potencia que sirve para el apoyo de la frecuencia de la red de distribución eléctrica compuesta.

25 Al alcanzarse estas reservas de potencia mediante una doble utilización del conjunto de válvulas de inyección además de la habitual regulación de temperatura puede reducirse también un estrangulamiento permanente de la turbina de vapor para facilitar una reserva, o puede omitirse totalmente, por lo que se alcanza un rendimiento particularmente alto durante el funcionamiento normal.

REIVINDICACIONES

1. Generador de vapor de calor perdido (1) para una central energética de ciclo combinado con una cantidad de superficies de calefacción de economizador, vaporizador y de recalentador (4) que forman un trayecto de flujo (2), por las que circula un medio fluido (M), en el que una tubería de sobrante (20) se bifurca desde el trayecto de flujo (2) y conduce a una cantidad de válvulas de inyección (14) dispuestas en el trayecto de flujo (2) en el lado del medio fluido detrás de una superficie de calefacción de recalentador (10), en el que el lugar de bifurcación (22) de la tubería de sobrante (20) está dispuesto delante de la primera superficie de calefacción de vaporizador (8) en el lado del medio fluido y detrás de la superficie de calefacción de economizador (6) en el lado del medio fluido, caracterizado porque el lugar de bifurcación (22) de la tubería de sobrante (20) está dispuesto detrás de la última superficie de calefacción de economizador (6) en el lado del medio fluido, y en el lado del medio fluido detrás del lugar de bifurcación (22) de la tubería de sobrante (20) está dispuesta una válvula de regulación de paso (26) para el medio fluido (M).
2. Generador de vapor de calor perdido (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que en el lado del medio fluido detrás del lugar de bifurcación (22) de la tubería de sobrante (20) está dispuesto un dispositivo de medición de paso (24) para el medio fluido (M).
3. Procedimiento para regular un aumento de potencia a corto plazo de una turbina de vapor con un generador de vapor de calor perdido (1) conectado aguas arriba, con una cantidad de superficies de calefacción de economizador, vaporizador y de recalentador (4) que forman un trayecto de flujo (2), por las que circula un medio fluido (M), en el que se bifurca medio fluido (M) desde el trayecto de flujo (2) y se inyecta en el trayecto de flujo en el lado del medio fluido detrás de una superficie de calefacción de recalentador (10), bifurcándose el medio fluido (M) delante de la primera superficie de calefacción de vaporizador (8) en el lado del medio fluido y detrás de la última superficie de calefacción de economizador (6) en el lado del medio fluido, caracterizado porque en el lado del medio fluido detrás del lugar de bifurcación (22) de la tubería de sobrante (20) está dispuesta una válvula de regulación de paso (26) para el medio fluido (M) y se regula el paso del medio fluido (M).
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que en el lado del medio fluido detrás del lugar de bifurcación (22) de la tubería de sobrante (20) se mide el paso del medio fluido (M).

