

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 587**

51 Int. Cl.:

**F22B 35/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.05.2009 PCT/EP2009/056469**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.12.2009 WO09150055**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2009 E 09761618 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016 EP 2297518**

54 Título: **Método para operar un generador de vapor de circulación continua, así como generador de vapor de circulación continua forzada**

30 Prioridad:

**12.06.2008 EP 08010726**

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

**09.05.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BRÜCKNER, JAN;  
THOMAS, FRANK y  
FRANKE, JOACHIM**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 611 587 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

Método para operar un generador de vapor de circulación continua, así como generador de vapor de circulación continua forzada

5 La presente invención hace referencia a un método para operar un generador de vapor de circulación continua con una cantidad de superficies de calentamiento del evaporador y una cantidad de superficies de calentamiento del precalentador conectadas aguas arriba del lado del medio de flujo, donde a un dispositivo para regular el flujo másico del agua de admisión se suministra un valor deseado para el flujo másico del agua de admisión, donde al establecer el valor deseado para el flujo másico del agua de admisión, por una parte, se considera un valor de corrección característico de una derivación en el tiempo de la densidad del medio de flujo en la entrada de una o de  
10 varias de las superficies de calentamiento del precalentador. La invención hace referencia además a un generador de vapor de circulación continua forzada para ejecutar el método.

15 Por la solicitud EP 1 614 962 A1 se conoce un generador de vapor de circulación continua de este tipo. En un generador de vapor de circulación continua, el calentamiento de una cantidad de tubos del generador de vapor que conforman juntos una superficie de calentamiento del evaporador, conduce a una evaporación completa de un medio de flujo en los tubos del generador de vapor, en una circulación. El medio de flujo - generalmente agua- es suministrado usualmente desde su evaporación a un precalentador, denominado por lo general también como economizador, que se encuentra conectado aguas arriba de la superficie de calentamiento del evaporador, donde allí es precalentado.

20 Dependiendo del estado de funcionamiento del generador de vapor de circulación continua y, en relación con la potencia real del generador de vapor, el flujo másico del agua de admisión es regulado en la superficie de calentamiento del evaporador. En el caso de modificaciones de la carga, el caudal del evaporador debe modificarse lo más sincrónicamente posible con respecto a la entrada de calor hacia la superficie de calentamiento del evaporador, porque de lo contrario no puede evitarse que con toda seguridad se conforme una desviación, respecto al valor deseado, de la entalpía específica del medio de flujo en la salida de la superficie de calentamiento del  
25 evaporador. Una desviación no deseada de esa clase, de la entalpía específica, dificulta la regulación de la temperatura del vapor vivo que sale del generador de vapor, y conduce además a cargas sobre el material demasiado elevadas y, con ello, a una vida útil reducida del generador de vapor.

30 Para mantener al mínimo las desviaciones de la entalpía específica del valor deseado y, como resultado de ello, las fluctuaciones no deseadas de temperatura de magnitud elevada en todos los estados de funcionamiento del generador de vapor, es decir en particular también en estados transitorios o en el caso de cambios de carga, el control del caudal de agua de admisión puede estar realizado en forma de un así llamado diseño predictivo o previsor. De este modo, en particular también en el caso de cambios de carga, pueden proporcionarse los valores deseados necesarios del agua de admisión, en función del estado de funcionamiento real o del estado previsto para un tiempo próximo.

35 Por la solicitud EP 0639 253 se conoce un generador de vapor de circulación continua, en donde el caudal de agua de admisión es controlado mediante una predicción de la cantidad requerida del agua de admisión. Como base para el procedimiento de cálculo se utiliza el balance del flujo térmico de la superficie de calentamiento del evaporador, hacia la cual debe ingresar el flujo másico del agua de admisión, en particular en la entrada de la superficie de calentamiento del evaporador. El valor deseado para el flujo másico del agua de admisión se predetermina por una  
40 parte a partir de la relación del flujo térmico transferido en la superficie de calentamiento del evaporador, desde el gas de calentamiento hacia el medio de flujo y, por otra parte, en cuanto al incremento deseado de la entalpía del medio de flujo en la superficie de calentamiento del evaporador, que es predeterminada en el estado deseado del vapor vivo.

45 En la práctica, sin embargo, la medición del flujo másico del agua de admisión, directamente en la entrada de la superficie de calentamiento del evaporador, ha resultado costosa en cuanto al aspecto técnico, y no puede realizarse de forma fiable en cualquier estado de funcionamiento. En lugar de ello, el flujo másico del agua de admisión se mide en cambio en la entrada del precalentador y se incluye en los cálculos de la cantidad de agua de admisión, donde en todo caso dicho flujo sin embargo no es igual al flujo másico del agua de admisión en la entrada de la superficie de calentamiento del evaporador.

50 Para prevenir las imprecisiones condicionadas por ello al predeterminar en particular un valor deseado para el flujo másico del agua de admisión, en especial en correspondencia con la necesidad en particular en el caso de cambios de carga, en un concepto alternativo de una regulación predictiva del flujo másico, tal como se conoce por la solicitud WO 2006/005708 A1, se prevé considerar la densidad del flujo del agua de admisión en la entrada del precalentador como una de las variables de entrada para la regulación del caudal de agua de admisión.

Los dos conceptos mencionados para una regulación predictiva del flujo másico, como variables de entrada esenciales, se basan en el valor deseado para la potencia del generador de vapor, a partir del cual, mediante correlaciones guardadas y en particular recurriendo a mediciones de calibre o de referencia previamente obtenidas, se calculan los valores característicos que se consideran en la determinación del valor deseado propiamente dicha.

5 Sin embargo, esto presupone en conjunto propiedades del sistema lo suficientemente estables y que pueden atribuirse de forma unívoca a una potencia de calentamiento, tal como las que se presentan generalmente en los generadores de vapor calentados. En otros sistemas, como por ejemplo en un diseño del generador de vapor continuo como caldera de recuperación de calor, para recuperar el calor desde el gas de combustión de una turbina de gas conectada aguas arriba, no se presentan sin embargo condiciones de esa clase. Además, en los sistemas de  
10 esa clase, conectados como calderas de recuperación de calor, una potencia de calentamiento no puede utilizarse en la misma medida como parámetro libre, tal como en el caso de las calderas calentadas de forma directa, ya que en el caso de una conexión en circuito como caldera de recuperación de calor generalmente como criterio primario para controlar toda la instalación se considera el funcionamiento de la turbina de gas, a cuyo estado se adaptan los otros componentes.

15 Para tener en cuenta ese conocimiento, por la solicitud EP 07 023 081 que no se ha publicado previamente, se conoce una regulación predictiva del flujo másico aún más mejorada, para un generador de vapor continuo de recuperación de calor. Su concepto prevé un cálculo controlado previamente de la cantidad de agua de admisión mediante un balance del flujo térmico del evaporador, preferentemente incluyendo las superficies de calentamiento del sobrecalentador conectadas aguas arriba del lado del gas de combustión. De este modo, bajo condiciones  
20 favorables para el aporte de calor que se encuentra presente del lado del gas de combustión, puede regularse siempre un caudal del evaporador adecuado a la necesidad. Para correcciones menores del flujo másico del agua de admisión se proporciona un regulador de entalpía que actúa de forma superpuesta y con lentitud.

Otros conceptos para determinar el valor deseado del agua de admisión se conocen por ejemplo por las solicitudes WO 93/22599 A1, FR 2 133 672 A5, DE 14 01 348 A1 y DE 15 26 208 A1.

25 El objeto de la presente invención consiste en proporcionar un método para operar un generador de vapor de la clase mencionada anteriormente, con el cual pueda mejorarse aún más la calidad de una regulación predictiva del agua de admisión o del flujo másico, y que en particular en el caso de presentarse modificaciones de la carga pueda mantener de forma especialmente estable la entalpía del medio de flujo en la salida del evaporador.

30 Debe proporcionarse además un generador de vapor de circulación continua forzada adecuado en particular para ejecutar el método.

De acuerdo con la invención, el objeto referido al método se alcanzará debido a que el generador de vapor de circulación continua está diseñado como generador de vapor de recuperación de calor y, por otra parte, se considera un valor de corrección característico de una derivación en el tiempo de la entalpía en la entrada de una o de varias de las superficies de calentamiento del evaporador.

35 La presente invención se basa en la consideración de que los conceptos existentes para una regulación predictiva del flujo másico de un generador de vapor de circulación continua pueden mejorarse aún más en cuanto a la calidad del control durante la regulación del flujo másico del agua de admisión, donde de manera lógica, valores de corrección reconocidos como relevantes se consideran también en la determinación de un valor deseado adecuado para el flujo másico del agua de admisión. Precisamente en el caso de cambios de carga o de otros procesos  
40 transitorios durante el funcionamiento del generador de vapor de circulación continua debe considerarse el hecho de que en los procesos de esa clase el volumen específico del medio de flujo puede modificarse. A partir de esa modificación específica del volumen del medio de flujo, por ejemplo a consecuencia de modificaciones de la temperatura, resultan efectos de carga o de descarga temporales o pasajeros del lado del fluido o del lado del medio de flujo, en o desde las superficies de calentamiento correspondientes del generador de vapor. Los efectos de carga  
45 de esa clase, producidos debido a modificaciones de la densidad del flujo o del medio de flujo, a consecuencia de fluctuaciones de temperatura, condicionan las fluctuaciones del flujo másico en la salida de las respectivas superficies de calentamiento, de manera que el flujo másico que sale desde la respectiva superficie de calentamiento no es el mismo que el flujo másico que ingresa y en particular no es el mismo que el requerido por la bomba de agua de admisión. Bajo unas condiciones de este tipo, el caudal a través de la respectiva superficie de  
50 calentamiento y el flujo másico requerido por la bomba de agua de admisión ya no circulan sincrónicamente uno con respecto a otro, de manera que en el caso de condiciones de esa clase deben tenerse en cuenta fluctuaciones de la entalpía no deseadas, más o menos altas, en la salida del evaporador. Para prevenir esos efectos en el sentido de una regulación predictiva del flujo másico más mejorada, durante la regulación del agua de admisión deben preverse términos de corrección adecuados para la compensación. Como medio especialmente adecuado para ello se prevé  
55 el registro de valores característicos de parámetros adecuados para la derivación en el tiempo, como en particular la entalpía o la densidad del medio de flujo en la entrada de la respectiva superficie de calentamiento.

En una variante ventajosa de ese modo de ejecución, se evalúan los efectos de carga o de descarga del lado de fluido en una superficie de calentamiento del precalentador del generador de vapor de circulación continua.

5 Precisamente en cuanto al contenido de agua o de medio de flujo por lo general comparativamente elevado en las superficies de calentamiento del precalentador o del economizador en generadores de vapor de recuperación de calor, las modificaciones de la densidad del medio de flujo que se encuentra allí actúan de forma comparativamente efectiva sobre el caudal del evaporador y, con ello, sobre la entalpía de salida del evaporador, de manera que una consideración adecuada y una compensación de ese efecto en la determinación de un valor deseado adecuado para el flujo másico del agua de admisión se consideran especialmente convenientes.

10 De este modo, el valor de corrección que debe considerarse al determinar el valor deseado para el flujo másico del agua de admisión, de manera ventajosa, se establece considerando la densidad del medio de flujo tanto en la entrada como también en la salida de la respectiva superficie de calentamiento, para la derivación en el tiempo. En particular a través de mediciones adecuadas de temperatura y presión en la entrada y en salida de la respectiva superficie de calentamiento del precalentador o del economizador, puede definirse y calcularse una densidad media del fluido o del medio, donde convenientemente se toma como base un perfil lineal de la densidad. A partir de una modificación de la densidad media del medio de flujo, determinada de ese modo en el precalentador, puede determinarse además un valor característico de los efectos de carga y de descarga del lado de fluido. Por ejemplo, en el caso de una modificación de la carga, el aporte térmico hacia la superficie de calentamiento del precalentador debe disminuir, de modo que allí, de manera temporaria, se almacena medio de flujo. En el caso de un flujo de transporte constante de la bomba de agua de admisión se reduciría con ello el flujo másico en la salida de la superficie de calentamiento o en la entrada de una superficie de calentamiento del evaporador conectada aguas abajo. A través de una señal de corrección correspondiente para el valor deseado del flujo másico del agua de admisión, de manera preferente para ejecutar una compensación, se incrementa temporalmente el flujo de transporte de la bomba de agua de admisión, de manera que el flujo másico del agua de admisión puede mantenerse casi constante en la entrada del evaporador y, como resultado de ello, también la entalpía en la salida del evaporador.

25 Para un registro adecuado de las fluctuaciones del caudal del evaporador, las cuales aparecen por sí solas a través de efectos de carga y de descarga del lado de fluido en el evaporador, debe considerarse en cambio que generalmente en el evaporador, a través de la presencia paralela de agua y vapor en forma de una mezcla en dos fases, debido a la gran no linealidad resultante de la densidad de la mezcla, por lo general, que no pueda definirse una densidad media adecuada del medio de flujo. Además, en el evaporador debe considerarse un desplazamiento local del inicio de la evaporación durante procesos transitorios, lo cual dificulta adicionalmente una definición adecuada de una densidad media del medio de flujo.

35 Sin embargo, para poder reaccionar de forma adecuada también en el área de la superficie de calentamiento del evaporador propiamente dicha frente a procesos de carga y de descarga debido a procesos transitorios, de manera preferente se prevé considerar de forma adecuada también la modificación de la entalpía en la entrada del evaporador durante el aporte del valor de corrección. De este modo, se parte de la base de que en el caso de una reducción de la entalpía en la entrada del evaporador, debido al enfriamiento del medio de flujo, pueden esperarse efectos de carga que reduzcan el caudal del evaporador y que se asocian directamente con un incremento de la entalpía en la salida del evaporador.

40 El registro de la derivación en el tiempo de la entalpía o de la densidad del medio de flujo, previsto para detectar los efectos transitorios, de manera ventajosa, se efectúa mediante un elemento de diferenciación adecuado, al cual del lado de entrada se suministran parámetros adecuados o valores de medición, como por ejemplo temperatura y presión del medio de flujo en el respectivo punto de medición. De manera ventajosa, el elemento de diferenciación se realiza como un así llamado "elemento derivado", denominado también como "elemento DT1". Según sus características, un "elemento derivado" de esa clase corresponde a una funcionalidad de la técnica de regulación "elemento de latencia 1", donde un elemento de latencia presenta a su vez una característica correspondiente a "1-e<sup>-t/T</sup>". De esto resulta en conjunto una característica del "elemento derivado", en correspondencia con una función exponencial decreciente.

50 Al considerar los efectos de carga y de descarga en una superficie de calentamiento del precalentador se utiliza un "elemento DT1" de esa clase, de manera ventajosa, para evaluar el desarrollo de la evaluación en sí del perfil de la densidad (calculado a través de valores de presión y temperatura medidos de forma correspondiente) en la entrada, así como en la salida, de la superficie de calentamiento del precalentador. La señal de corrección generada para el flujo másico del agua de admisión puede compensar con gran efectividad los efectos de carga del lado de fluido en la superficie de calentamiento del precalentador, cuando se seleccionan una amplificación y una constante temporal adecuadas para el respectivo "elemento DT1". De manera ventajosa, para la amplificación del "elemento DT1" se selecciona el volumen completo de los medios de la superficie de calentamiento del precalentador, es decir, correspondiente al contenido total de agua en la superficie de calentamiento del precalentador, y para la constante temporal se selecciona la mitad del tiempo de circulación del medio de flujo a través de la superficie de calentamiento del precalentador. En una variante especialmente ventajosa, la constante de tiempo puede adecuarse de forma correspondiente al estado de carga real del generador de vapor de circulación continua, donde convenientemente se considera el hecho de que en el caso de una carga más reducida del generador de vapor de

circulación continua el tiempo de circulación del medio de flujo a través de la superficie de calentamiento del precalentador se incrementa de forma correspondiente.

En un perfeccionamiento especialmente ventajoso, el valor deseado para el flujo másico del agua de admisión se predetermina mediante la relación a partir del flujo térmico transferido realmente en la superficie de calentamiento del evaporador, desde el gas de calentamiento hacia el medio de flujo, por una parte, y un incremento deseado de la entalpía del medio de flujo en la superficie de calentamiento del evaporador, predeterminado en cuanto al estado deseado del vapor vivo, por otra parte, donde el flujo térmico transferido desde el gas de calentamiento hacia el medio de flujo se determina considerando un valor característico de temperatura para la temperatura real del gas de calentamiento en la salida del evaporador y un valor característico del flujo másico, característico del flujo másico real del gas de calentamiento.

De este modo se posibilita un cálculo adecuado, en particular en función de la necesidad, controlado previamente y orientado al estado real del sistema, de la cantidad de agua de admisión requerida, en base a un balance del flujo térmico del evaporador, el cual eventualmente puede incluir de forma opcional también las superficies de calentamiento del sobrecalentador consecutivas. El valor característico de la temperatura, característico de la temperatura real del gas de calentamiento en la entrada del evaporador, posibilita en particular la determinación de un valor característico particularmente fiable y, con ello, adecuado a la necesidad, para la entalpía del gas de calentamiento en la entrada del evaporador, considerando la entalpía del gas de calentamiento en la salida del evaporador, la cual a su vez puede calcularse mediante el valor característico del flujo másico, característico del flujo másico real, posibilitando con ello una determinación especialmente fiable y adecuada a la necesidad de la demanda térmica real o de la transferencia térmica real desde el gas de calentamiento hacia el agua de admisión. En base a dicha determinación, considerando el incremento deseado predeterminado de la entalpía, es decir, en particular la diferencia entre la entalpía deseada del medio de flujo en la salida del evaporador, determinada considerando los parámetros deseados del vapor vivo, y la entalpía real en la entrada del evaporador, determinada en base a valores de medición adecuados, como por ejemplo presión y temperatura, puede determinarse el incremento de entalpía deseado del medio de flujo en la superficie de calentamiento del evaporador, donde en base a la relación de esas magnitudes puede calcularse un valor deseado adecuado para el flujo másico del agua de admisión.

Como valor característico de la temperatura y/o como valor característico del flujo másico, para una descripción cuantitativa adecuada del gas de calentamiento que ingresa en el evaporador, se considera preferentemente un valor característico especialmente representativo para la situación real. Los valores característicos de esa clase pueden determinarse de forma adecuada mediante datos de medición que se encuentran presentes realmente y en particular pueden suministrarse de forma adecuada recurriendo a valores característicos de carga alojados. Una evaluación especialmente fiable del balance del flujo térmico y, con ello, la determinación de un valor deseado del agua de admisión, calculado con precisión de forma previa, es posible sin embargo si como valor característico de la temperatura y/o como valor característico del flujo másico se considera respectivamente, de manera ventajosa, un valor de medición registrado realmente.

El flujo térmico transferido desde el gas de calentamiento hacia el medio de flujo, de manera ventajosa, es determinado mediante un balance del flujo térmico, donde como variable de entrada esencial se toma como base la diferencia de entalpía del gas de calentamiento entre la entrada del evaporador y la salida del evaporador. Para un cálculo especialmente fiable del valor característico, en otra variante ventajosa, se considera sin embargo también el hecho de que la disminución reflejada por esa diferencia de entalpía, del contenido energético en el gas de combustión al atravesar la superficie de calentamiento del evaporador, por una parte, puede conducir a un incremento de la entalpía en el medio de flujo dentro de la superficie de calentamiento del evaporador, donde por otra parte, sin embargo, puede conducir también a efectos de carga de energía y/o de descarga en los componentes del evaporador, es decir, por lo tanto, en particular en los tubos del generador de vapor, y en otros componentes metálicos. Para una determinación especialmente fiable de la diferencia de entalpía transferida efectivamente al medio de flujo dentro de la superficie de calentamiento del evaporador, ese aspecto del carga de energía y/o de la descarga de calor hacia las masas de metal, se considera adecuado como valor característico, en el cual se modifica de forma adecuada la diferencia de entalpía del gas de calentamiento.

De manera ventajosa, al determinar la diferencia de entalpía del gas de calentamiento se considera la entalpía real del gas de calentamiento en la salida del evaporador, donde ésta se determina mediante la presión del medio de flujo en la entrada del evaporador, considerando el valor característico del flujo másico característico del flujo másico real del gas de calentamiento. El valor característico del flujo másico, el cual preferentemente se presenta en forma de un valor de medición, pero también de forma alternativa puede calcularse de forma indirecta mediante otros parámetros, recurriendo a valores característicos de correlación alojados o a otros valores característicos, de manera ventajosa, se convierte primero en el así llamado "pinch point" del generador de vapor, es decir, en la diferencia de temperatura entre la temperatura de salida del gas de combustión y la temperatura de ebullición del medio de flujo en la entrada del evaporador, donde esa diferencia de temperatura, de manera conveniente, se suma a una temperatura de ebullición del medio de flujo, determinada mediante la presión en la entrada del evaporador, y en base a dicha suma se determina la entalpía del gas de calentamiento en la salida del evaporador.

Para la determinación del incremento de entalpía del medio de flujo en la superficie de calentamiento del evaporador, de manera ventajosa, se toma como base por una parte la entalpía real determinada mediante valores de medición adecuados, como por ejemplo la presión y la temperatura del medio de flujo en la entrada del evaporador. De manera adicional, en función del estado deseado del vapor o considerando el mismo, por ejemplo los parámetros especificados del vapor o también el contenido de vapor en la salida del evaporador, considerando la presión real del medio de flujo en la salida de la superficie de calentamiento del evaporador, se predetermina un valor deseado para su entalpía en la salida del evaporador.

El generador de vapor de circulación continua puede ser operado en un así llamado "modo de control Benson". Con ello, usualmente en el "modo de control Benson", en la salida de la superficie de calentamiento del evaporador se presenta un sobrecalentamiento del medio de flujo. Sin embargo, en ese modo, se acepta la sobreadmisión de un acumulador de agua conectado aguas abajo de la superficie de calentamiento del evaporador y a las superficies de calentamiento consecutivas se le suministra, parcialmente, aún medio de flujo no evaporado, de manera que sólo al alcanzarse las siguientes superficies de calentamiento tiene lugar la evaporación completa del medio de flujo. En un modo de esa clase, como parámetro deseado del vapor puede predeterminarse la regulación de una temperatura que se ubica en una diferencia de temperatura predeterminada por ejemplo 35° por encima de la temperatura de saturación del medio de flujo, para el medio de flujo en la salida del evaporador. Precisamente en el caso de un modo de funcionamiento de esa clase del generador de vapor puede ser deseable considerar de forma adecuada el estado de funcionamiento real de los enfriadores por inyección asociados, conectados aguas abajo de la superficie de calentamiento del evaporador, trasladando su demanda de frío a una admisión múltiple del sistema con agua de admisión. Para ello, de manera ventajosa, al predeterminar el valor deseado para la entalpía del medio de flujo en la salida de la superficie de calentamiento del evaporador se considera una demanda de frío real en los enfriadores por inyección conectados aguas abajo de la superficie de calentamiento del evaporador. La temperatura deseada del vapor vivo, de este modo, debe alcanzarse en particular tanto como sea posible a través de una regulación adecuada del flujo de agua de admisión, de manera que la demanda de frío adicional en los enfriadores por inyección puede mantenerse especialmente reducida. De forma inversa, también en el caso de que se determine una temperatura del vapor vivo demasiado reducida, el valor deseado de entalpía del medio de flujo en la salida del evaporador puede aumentarse de forma adecuada, de manera que una cantidad de agua de admisión medida, reducida de forma correspondiente, es suministrada mediante el valor deseado modificado de ese modo, para el flujo másico del agua de admisión.

De forma alternativa, el generador de vapor puede operarse también en un así llamado "Level Control Mode" (modo de control de nivel), donde el nivel de agua varía y se reajusta en un acumulador de agua conectado aguas abajo de la superficie de calentamiento del evaporador, donde debe evitarse lo más posible una sobreadmisión del acumulador de agua. De este modo, el nivel de agua dentro del acumulador de agua debe mantenerse lo más posible en un rango deseado predeterminado, donde en una variante ventajosa para el valor deseado del flujo másico del agua de admisión se considera un valor de corrección del nivel de llenado, el cual caracteriza la desviación del estado real del nivel de llenado en el acumulador de agua, de un valor deseado asociado.

Con respecto al generador de vapor de circulación continua forzada el objeto mencionado se alcanzará mediante el diseño del generador de vapor de circulación continua forzada como evaporador de recuperación de calor y, por otra parte, el regulador del flujo másico del agua de admisión comprende un módulo de funcionamiento que, en base a valores de medición registrados en la entrada de una o de varias superficies de calentamiento del evaporador, determina un valor característico de entalpía para el medio de flujo, y un elemento de diferenciación está conectado aguas abajo en el lado de salida. De manera ventajosa, el generador de vapor de circulación continua forzada está realizado como generador de vapor de recuperación de calor, al cual, del lado del gas de calentamiento, se aplica el gas residual proveniente de un sistema de turbina de gas asociado.

Las ventajas que se logran con la invención consisten en particular en el hecho de que a través de la consideración de la derivación en el tiempo de la entalpía o de la densidad del medio de flujo en la entrada de una o de varias de las superficies de calentamiento del generador de vapor de circulación continua es posible una corrección del valor deseado, determinado en el marco de una regulación predictiva del flujo másico, para el flujo másico del agua de admisión, donde, entre otras cosas, pueden contemplarse de forma adecuada también los procesos de carga o de descarga del lado de fluido o del medio de flujo en las superficies de calentamiento, en particular en los precalentadores. De este modo, precisamente en el caso de que se presenten cambios en la carga o de otros procesos transitorios, en los cuales debe contarse con procesos de carga o de descarga de esa clase, se posibilita una determinación particularmente valiosa desde el aspecto cualitativo, de un valor deseado acorde a la necesidad, para el flujo másico del agua de admisión.

Un ejemplo de ejecución de la invención se explicará en detalle mediante un dibujo. La figura muestra esquemáticamente un generador de vapor de circulación continua forzada con un regulador del flujo másico del agua de admisión asociado.

El generador de vapor de circulación continua forzada 1 según la figura presenta una superficie de calentamiento del precalentador 2, denominada también como economizador, para agua de admisión proporcionada como medio de

flujo, en la cual se encuentra un cable de control del carburador que no se representa en detalle. Una bomba de agua de admisión 3 está conectada aguas abajo de la superficie de calentamiento del precalentador 2, donde aguas arriba se encuentra conectada una superficie de calentamiento del evaporador 4, del lado del medio de flujo. Del lado de salida, la superficie de calentamiento del evaporador 4, del lado del medio de flujo, mediante un acumulador de agua 6 que en particular puede estar realizado como separador de agua o como recipiente de separación, se encuentra conectada con una cantidad de superficies de sobrecalentamiento 8, 10, 12 conectadas aguas abajo, las cuales a su vez pueden estar provistas de enfriadores por inyección 14, 16 para la adaptación de las temperaturas del vapor y similares. El generador de vapor de circulación continua forzada 1 está realizado como caldera de recuperación de calor o como generador de vapor de recuperación de calor, donde las superficies de calentamiento, por lo tanto en particular la superficie de calentamiento del precalentador 2, la superficie de calentamiento del evaporador 4, así como las superficies de sobrecalentamiento 8, 10, 12, están dispuestas en un canal de gas de calentamiento al que se aplica gas residual proveniente de un sistema de turbina de gas asociado.

El generador de vapor de circulación continua forzada 1 está diseñado para una aplicación regulada de agua de admisión. Para ello, una válvula de estrangulación 22 activada por un servomotor 20 está conectada aguas abajo de la bomba de agua de admisión 3, de manera que mediante una activación adecuada de la válvula de estrangulación 22 puede regularse la cantidad de agua de admisión transportada en la dirección del precalentador 2 o el flujo másico del agua de admisión. Para determinar un valor característico real para el flujo másico suministrado, un dispositivo de medición 24 se encuentra conectado aguas abajo de la válvula de estrangulación 22 para determinar el flujo másico del agua de admisión  $\dot{M}$  a través de la línea de agua de admisión. El servomotor 20 es activado mediante un elemento de regulación 28 al cual, del lado de entrada, se aplica un valor deseado  $\dot{M}_s$  suministrado mediante la línea de datos 30, para el flujo másico del agua de admisión  $\dot{M}$ , y se aplica un valor real del flujo másico del agua de admisión  $\dot{M}$ , determinado mediante un dispositivo de medición 24. A través de la formación de una diferencia entre las dos señales, al regulador 28 se transmite una demanda de seguimiento, de modo que en el caso de una desviación del valor real, del valor deseado, tiene lugar un seguimiento correspondiente de la válvula de estrangulación 22, mediante la activación del motor 20.

Para determinar un valor deseado  $\dot{M}_s$  especialmente adecuado en cuanto a la demanda para el flujo másico del agua de admisión  $\dot{M}$  en forma de una regulación predictiva, previsor o orientada a la necesidad futura o real, del flujo másico del agua de admisión, la línea de datos 30, del lado de entrada, está conectada a un controlador del caudal de agua de admisión 32 diseñado para determinar el valor deseado  $\dot{M}_s$  para el flujo másico del agua de admisión  $\dot{M}$ . Éste se encuentra diseñado para determinar el valor deseado  $\dot{M}_s$  para el flujo másico del agua de admisión  $\dot{M}$  mediante un balance del flujo térmico en la superficie de calentamiento del evaporador 4, donde el valor deseado  $\dot{M}_s$  para el flujo másico del agua de admisión  $\dot{M}$  se predetermina mediante la relación del flujo térmico transferido realmente en la superficie de calentamiento del evaporador 4, desde el gas de calentamiento hacia el medio de flujo, por una parte, y un incremento deseado de la entalpía del medio de flujo en la superficie de calentamiento del evaporador 4, predeterminado en cuanto al estado deseado del vapor vivo, por otra parte. Una utilización de un concepto de esa clase del aporte de un valor deseado para el flujo másico del agua de admisión en base a un balance térmico en sí mismo, para un generador de vapor de circulación continua forzada 1, en una forma de construcción como caldera de recuperación de calor, en el ejemplo de ejecución, se logra en particular gracias a que el flujo térmico transferido desde el gas de calentamiento hacia el medio de flujo se determina considerando un valor característico de temperatura, característico de la temperatura real del gas de calentamiento en la entrada del evaporador y un valor característico del flujo másico, característico del flujo másico real del gas de calentamiento.

Para ello, el regulador del caudal de agua de admisión 32 presenta un elemento de división 34, al cual, como numerador, se suministra un valor característico adecuado para el flujo térmico transferido realmente en la superficie de calentamiento del evaporador 4, desde el gas de calentamiento hacia el medio de flujo y, como denominador, se suministra un valor característico predeterminado de forma adecuada en cuanto al estado deseado del vapor vivo, para el incremento deseado de la entalpía del medio de flujo en la superficie de calentamiento del evaporador 4. Del lado del numerador, el elemento de división 34, de este modo, del lado de entrada, está conectado con un módulo de funcionamiento 36 que, mediante un valor característico de temperatura, característico de la temperatura real del gas de calentamiento en la entrada del evaporador, como valor inicial, emite un valor para la entalpía del gas de calentamiento en la entrada del evaporador. En el ejemplo de ejecución, se prevé de este modo el aporte de un valor de medición, característico de la temperatura real del gas de calentamiento en la entrada del evaporador, como valor característico de la temperatura. El valor característico de la entalpía del gas de calentamiento en la entrada del evaporador es emitido a un elemento de sustracción 38, donde de ese valor característico se sustrae un valor característico proporcionado por un módulo de funcionamiento 40, para la entalpía del gas en la salida del evaporador.

Para determinar la entalpía del gas de calentamiento en la salida del evaporador, al elemento de funcionamiento 40, del lado de entrada, se suministra la suma de los dos valores de temperatura, formada por un elemento de suma 42. De este modo, por una parte, se considera la temperatura de saturación del medio de flujo, determinada mediante un elemento de funcionamiento 44 que, del lado de entrada, está conectado a un sensor de presión 46, mediante la presión del medio de flujo en la entrada del evaporador. Por otra parte, mediante un elemento de funcionamiento 48, al cual a su vez, del lado de entrada, mediante otro elemento de funcionamiento 50, se suministra un valor

característico del flujo másico real del gas de calentamiento, se considera el así llamado "pinch point", es decir, la diferencia de temperatura determinada en base al flujo másico del gas de calentamiento, de la temperatura del gas de calentamiento, menos la temperatura de ebullición del medio de flujo en la entrada del evaporador. A partir de esos dos resultados de temperatura adicionados mediante el elemento de suma 42, se proporciona desde el módulo de funcionamiento 40 con ello la entalpía del gas de calentamiento en la salida del evaporador, eventualmente recurriendo a tablas, diagramas o elementos similares adecuados. Del lado de salida, de este modo, el elemento de sustracción 38, proporciona la diferencia de entalpía o el balance de entalpía del gas de calentamiento, es decir, la diferencia en base a la entalpía del gas de calentamiento en la entrada del evaporador y la entalpía del gas de calentamiento en la salida del evaporador.

Esa diferencia de entalpía se retransmite a un elemento de multiplicación 52, al cual se suministra igualmente el valor característico del flujo másico, el cual además puede estar presente como valor de medición registrado realmente. Del lado de salida, el elemento de multiplicación 52, de este modo, proporciona un valor característico de la potencia térmica liberada por el gas de combustión en la superficie de calentamiento del evaporador 4.

Para poder determinar el flujo térmico transferido efectivamente hacia el medio de flujo mediante esa potencia térmica liberada por el gas de calentamiento, se prevé primero a su vez una corrección en cuanto a efectos de carga de energía y/o de descarga de energía hacia los componentes de la superficie de calentamiento del evaporador 4, en particular hacia las masas de metal. Para ello, el valor característico mencionado, de la potencia térmica liberada por el gas de calentamiento, es suministrado primero a un elemento de sustracción 54, donde se sustrae un valor de corrección característico, característico del carga térmico o de la descarga térmica hacia los componentes del evaporador. Éste se proporciona desde un elemento de funcionamiento 56. Éste se aplica a su vez del lado de entrada con el valor inicial de otro elemento de funcionamiento 58, determinando un valor medio de temperatura para las masas de metal de la superficie de calentamiento del evaporador 4. Para ello, el otro elemento de funcionamiento 58 está conectado del lado de entrada con un indicador de presión 60 dispuesto en el acumulador de agua 6, de manera que el otro elemento de funcionamiento 58 puede determinar la temperatura media de las masas de metal mediante la presión del medio de flujo, por ejemplo a través de la equiparación con la temperatura de ebullición correspondiente a esa presión, en el acumulador de agua 6.

Del lado de salida, el elemento de sustracción 54 transfiere entonces una potencia térmica liberada por el gas de calentamiento, reducida en la potencia térmica almacenada en el metal de la superficie de calentamiento del evaporador 4 y, con ello, un valor característico de la potencia térmica que puede ser liberada hacia el medio de flujo.

Ese valor característico se utiliza como numerador en el elemento de división 34, el cual allí es dividido por un denominador que corresponde a un incremento deseado de la entalpía del medio de flujo en la superficie de calentamiento del evaporador 4, predeterminado en cuanto al estado deseado del vapor vivo, de manera que a partir de esa división o de esa relación puede formarse el valor deseado  $\dot{M}_s$  para el flujo másico del agua de admisión  $\dot{M}$ . Para proporcionar el denominador, es decir, el valor característico del incremento deseado de la entalpía en el lado del medio de flujo o de vapor de agua, el elemento de división 34 está conectado del lado de salida a un elemento de sustracción 70. A éste se aplica del lado de entrada un valor característico del valor deseado para la entalpía del medio de flujo en la salida del evaporador, proporcionado por un elemento de funcionamiento 72. Además, al elemento de sustracción 70, del lado de entrada, se aplica un valor característico o valor real de la entalpía real del medio de flujo en la entrada del evaporador, proporcionado por un módulo de funcionamiento 74, donde dicho valor, en el elemento de sustracción 70, se sustrae del valor característico mencionado para el valor deseado de la entalpía en la salida del evaporador. Del lado de entrada, el módulo de funcionamiento 74 está conectado a un sensor de presión 46 y a un sensor de temperatura 76 para formar el valor característico mencionado, de la entalpía real, en la entrada del evaporador. A través de la formación de una diferencia en el elemento de sustracción 70, de este modo, en función del estado deseado del vapor vivo hacia el medio de flujo, se determina el incremento de entalpía que debe aplicarse en la superficie de calentamiento del evaporador 4, el cual puede utilizarse como denominador en el elemento de división 34.

El generador de vapor de circulación continua forzada 1 podría diseñarse para un funcionamiento en el así llamado "Level Control Mode" (modo de control de nivel), en el cual se regula el nivel de agua en el acumulador de agua 6, donde a las superficies de calentamiento del sobrecalentador 8, 10, 12; conectadas aguas abajo de la superficie de calentamiento del evaporador, se transfiere exclusivamente vapor, y el agua aún arrastrada del lado de salida del evaporador se separa en el acumulador de agua 6. Sin embargo, en el ejemplo de ejecución, el generador de vapor de circulación continua forzada 1 está diseñado para un funcionamiento en el así llamado "Benson Control Modus", en el cual una sobreadmisión del acumulador de agua 6 proporcionado también como separador de agua y la evaporación completa del medio de flujo, son posibles una vez alcanzadas las superficies de calentamiento del sobrecalentador 8, 10, 12 consecutivas. En esta variante de funcionamiento, al elemento de funcionamiento 72, mediante el cual debe ser emitido el valor deseado para la entalpía del medio de flujo en la salida del evaporador, del lado de entrada, se aplica por una parte el valor real para la presión en el separador de agua 6, determinado por el sensor de presión 60. Además, otro módulo de funcionamiento 90 está conectado aguas arriba del módulo de funcionamiento 72, del lado de entrada, el cual, mediante la presión real en el acumulador de agua 6, determinada

mediante el sensor de presión 60, determina un valor deseado adecuado para la temperatura del medio de flujo en el acumulador de agua 6, mediante una funcionalidad alojada o mediante el estado deseado del vapor vivo. A modo de ejemplo, en ese caso, para un funcionamiento del sistema en el "Benson Control Modus", como valor deseado para la temperatura podría alojarse un valor de temperatura correspondiente a la temperatura de saturación del medio de flujo, en el caso de una presión determinada, más un sobrecalentamiento mínimo previsto, por ejemplo de 5 35°C. En base a ese valor deseado para la temperatura, el módulo de funcionamiento 72, considerando el valor de presión real, determina el valor deseado mencionado para la entalpía del medio de flujo en la salida del evaporador.

En el ejemplo de ejecución, ese valor deseado proporcionado por el módulo de funcionamiento 72, el cual esencialmente está orientado como tal esencialmente a las propiedades del medio de flujo, se modifica a 10 continuación aún en otro valor de corrección, en un elemento de suma 92 conectado aguas abajo. El otro valor de corrección mencionado, proporcionado por un módulo de funcionamiento 94, esencialmente a modo de una función de ajuste, considera la desviación de la temperatura del vapor vivo, determinada realmente, de la temperatura del vapor vivo deseada, propiamente dicha, en cuanto al estado deseado del vapor vivo. Una desviación de esa clase puede percibirse en particular debido a que, en el caso de una temperatura del vapor vivo demasiado elevada, en 15 los enfriadores por inyección 14, 16 se produce una demanda de frío, requiriéndose con ello la aplicación de medio refrigerante a los enfriadores por inyección 14, 16. En el caso de un flujo másico de esa clase hacia los enfriadores por inyección 14, 16 se establece que el objetivo de la realización del módulo de funcionamiento 94 consiste en trasladar esa demanda de frío, apartándola de los enfriadores por inyección 14, 16; hacia un aporte incrementado del agua de admisión. En el caso de una demanda de frío determinada conforme a ello, en los enfriadores por 20 inyección 14, 16; de este modo, en el módulo de funcionamiento 94, se reduce la entalpía deseada del medio de flujo en la salida del evaporador, para reducir al mínimo la demanda de frío. De lo contrario, es decir, cuando se establece una temperatura del vapor vivo demasiado reducida, el valor deseado de la entalpía se incrementa mediante el valor de corrección proporcionado por el módulo de funcionamiento 94 y mediante su adición en el módulo de suma 92.

Con el fin de una protección, el regulador del caudal de agua de admisión 32 del generador de vapor de circulación continua forzada 1, comprende además un bucle de control directo situado aguas abajo, en el cual, en un módulo de 25 funcionamiento 100, mediante los valores de medición, en el acumulador de agua 6 se determina un valor real para la entalpía del medio de flujo en la salida del evaporador y en un módulo de diferenciación 102 se compara con la entalpía deseada, es decir, con el valor de entalpía deseado. A través de la formación de una diferencia en el módulo de diferenciación 102, se determina la desviación real - deseada, la cual, mediante un regulador 104 30 conectado aguas abajo, en un elemento de adición 106, se superpone al valor deseado para el flujo másico del agua de admisión, proporcionado por el elemento de división 34. De manera adecuada, la superposición mencionada tiene lugar temporalmente retrasada y amortiguada, de modo que esa intervención de regulación se produce solamente en caso de ser necesario, es decir, en el caso de una desviación demasiado grave de la desviación.

Para mejorar aún más la calidad de regulación durante la regulación predictiva del flujo másico del generador de vapor de circulación continua forzada 1, durante el establecimiento del valor deseado  $\dot{M}_s$  para el flujo másico del agua de admisión  $\dot{M}$  se prevé además considerar un valor de corrección K que representa la derivación en el tiempo 35 de valores de entalpía y de densidad del medio de flujo en puntos de medición adecuados. Para ello, el valor intermedio emitido por el elemento de adición 106 es suministrado a otro elemento de adición 108, donde a éste se superpone el valor de corrección K. 40

Para determinar los aportes o los números adicionales para el valor de corrección K, por una parte, un módulo de funcionamiento 110 proporcionado para determinar un valor característico de densidad para el medio de flujo en la entrada de la superficie de calentamiento del precalentador 2, del lado de entrada, se encuentra conectado a un 45 sensor de presión 112 dispuesto en el área de entrada de la superficie de calentamiento del precalentador 2, y a un sensor de temperatura 114 dispuesto igualmente en el área de entrada de la superficie de calentamiento del precalentador 2. Mediante los valores de medición proporcionados por esos sensores, el módulo de funcionamiento 110 determina un valor característico de la densidad del flujo o el medio de flujo en el área de entrada de la superficie de calentamiento del precalentador 2, el cual se emite a un elemento de suma 116 conectado aguas 50 abajo. A su vez, otro módulo de funcionamiento 119 está conectado del lado de entrada al sensor de presión 48 y al sensor de temperatura 76 y, en base a los valores de medición proporcionados por el mismo, determina un valor característico de densidad para el flujo o para el medio de flujo del lado de salida de la superficie de calentamiento del precalentador 2. Este otro valor característico de densidad es emitido por el módulo de funcionamiento 118 igualmente hacia el elemento de suma 116.

A su vez, el elemento de suma 116 emite a un elemento de división 120 conectado aguas abajo la suma formada a 55 partir de los valores característicos de densidad detallados, donde en dicho elemento la suma mencionada se divide por el factor 2 como denominador. Del lado de salida, el elemento de división 120 proporciona de este modo un valor característico de la densidad media del fluido o del agua de admisión en la superficie de calentamiento del precalentador 2. Dicho valor es suministrado a un elemento de diferenciación 122 conectado aguas abajo.

## ES 2 611 587 T3

El elemento de diferenciación 122 está realizado como un así llamado "elemento derivado" o "elemento DT1" y, como valor inicial, proporciona un valor característico de la derivación en el tiempo del valor característico de densidad del flujo o del medio de flujo proporcionado por el elemento de división 120, el cual se emite a un elemento de sustracción 124 conectado aguas abajo.

- 5 De manera adicional se proporciona otro elemento de diferenciación 126, al cual, del lado de entrada, se aplica un valor característico de la entalpía real en la entrada del evaporador, generado por el módulo de funcionamiento 74. El elemento de diferenciación 126, el cual a su vez está realizado como un así llamado "elemento derivado" o "elemento DT1", proporciona de este modo un valor característico de la derivación en el tiempo de la entalpía en la entrada de la superficie de calentamiento del evaporador 4.
- 10 En el elemento de sustracción 124, ese valor característico es sustraído del valor característico de la derivación en el tiempo de los valores de densidad del medio de flujo, proporcionado por el elemento de diferenciación 122. De este modo, el elemento de sustracción 124 proporciona un valor inicial compuesto linealmente por aportes para la derivación en el tiempo de la densidad del medio de flujo en la entrada de la superficie de calentamiento 2 del precalentador, por aportes de la derivación en el tiempo de la densidad del medio de flujo en la salida de la superficie de calentamiento del precalentador 2 y por aportes de la derivación en el tiempo de la entalpía del medio de flujo en la entrada de la superficie de calentamiento del evaporador 4. En ese valor característico formado por las partes mencionadas, de este modo, mediante las derivaciones temporales mencionadas, se consideran efectos de carga o de descarga en la superficie de calentamiento del precalentador 2 y/o en la superficie de calentamiento del evaporador 4, en el caso de procesos transitorios o de variaciones de la carga. Ese valor característico, en el
- 15
- 20 elemento de suma 108, se superpone al valor deseado  $M_s$  para la densidad del flujo másico del agua de admisión.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para operar un generador de vapor de circulación continua con una cantidad de superficies de calentamiento del evaporador (4) y una cantidad de superficies de calentamiento del precalentador (2) conectadas aguas arriba del lado del medio de flujo, donde a un dispositivo para regular el flujo másico del agua de admisión ( $\dot{M}$ ) se le suministra un valor deseado ( $\dot{M}_s$ ) para el flujo másico del agua de admisión ( $\dot{M}$ ), donde al establecer el valor deseado ( $\dot{M}_s$ ) para el flujo másico del agua de admisión ( $\dot{M}$ ), por una parte, se considera un valor de corrección (K) característico de una derivación en el tiempo de la densidad del medio de flujo en la entrada de una o de varias de las superficies de calentamiento del precalentador (2), caracterizado porque, el generador de vapor de circulación continua está diseñado como generador de vapor de recuperación de calor y, por otra parte, se considera un valor de corrección (K) característico de la derivación en el tiempo de la entalpía en la entrada de una o de varias de las superficies de calentamiento del evaporador (4).  
10
2. Método según la reivindicación 1, donde el valor de corrección se establece mediante la suma de valores característicos de la derivación en el tiempo de la densidad del medio de flujo en la entrada, por una parte, y en la salida, por otra parte, de una superficie de calentamiento (2, 4).
- 15 3. Método según la reivindicación 2, donde la derivación en el tiempo de la densidad del medio de flujo se evalúa en una superficie de calentamiento del precalentador (2).
4. Método según una de las reivindicaciones 1 a 3, donde la derivación en el tiempo se determina respectivamente mediante un elemento de diferenciación (122, 126).
- 20 5. Método según la reivindicación 4, donde a un elemento de diferenciación (122) asociado a una superficie de calentamiento del precalentador (2) se le aplica a un factor de amplificación correspondiente al volumen total del medio de flujo en la superficie de calentamiento del precalentador (2).
6. Método según la reivindicación 4 ó 5, donde a un elemento de diferenciación (122) asociado a una superficie de calentamiento del precalentador (2) se le aplica una constante de tiempo que corresponde aproximadamente a la mitad del tiempo de circulación del medio de flujo a través de la superficie de calentamiento del precalentador (2).
- 25 7. Método según una de las reivindicaciones 1 a 6, donde el valor deseado ( $\dot{M}_s$ ) para el flujo másico del agua de admisión ( $\dot{M}$ ) se predetermina mediante una relación a partir del flujo térmico transferido realmente en la superficie de calentamiento del evaporador (4) desde el gas de calentamiento hacia el medio de flujo, por una parte, y mediante un incremento deseado predeterminado de la entalpía del medio de flujo en la superficie de calentamiento del evaporador (4) en cuanto al estado deseado del vapor vivo, por otra parte, donde el flujo térmico transferido desde el gas de calentamiento hacia el medio de flujo se determina considerando un valor característico de la temperatura para la temperatura real del gas caliente en la entrada del evaporador y un valor característico del flujo másico característico del flujo másico real del gas de calentamiento.
- 30 8. Método según la reivindicación 7, donde como valor característico de la temperatura y/o como valor característico del flujo másico se considera respectivamente un valor de medición real.
- 35 9. Método según la reivindicación 7 u 8, donde el flujo térmico transferido desde el gas de calentamiento hacia el medio de flujo se determina mediante la diferencia de entalpía del gas de calentamiento entre la entrada del evaporador y la salida del evaporador.
- 40 10. Generador de vapor de circulación continua forzada (1) con una cantidad de superficies de calentamiento del evaporador (4), una cantidad de superficies de calentamiento del precalentador (2) conectadas aguas arriba del lado del medio de flujo, y con un dispositivo para regular el flujo másico del agua de admisión ( $\dot{M}$ ), el cual es conducido mediante un valor deseado ( $\dot{M}_s$ ) para el flujo másico del agua de admisión ( $\dot{M}$ ), donde un regulador del flujo másico del agua de admisión (32), para especificar el valor deseado ( $\dot{M}_s$ ), por una parte, comprende un módulo de funcionamiento (110) que, en base a valores de medición registrados en la entrada de una o de varias superficies de calentamiento del precalentador (4), determina un valor característico de densidad para el medio de flujo, y un elemento de diferenciación (122) está conectado aguas abajo en el lado de salida, caracterizado porque, el generador de vapor de circulación continua forzada está diseñado como evaporador de recuperación de calor y, por otra parte, el regulador del flujo másico del agua de admisión (32) comprende un módulo de funcionamiento (74) que, en base a valores de medición registrados en la entrada de una o de varias superficies de calentamiento del evaporador (2), determina un valor característico de entalpía para el medio de flujo, y un elemento de diferenciación (126) está conectado aguas abajo en el lado de salida.
- 45 11. Generador de vapor de circulación continua forzada (1) según la reivindicación 10, al cual, del lado del gas de calentamiento, se aplica el gas residual proveniente de un sistema de turbina de gas asociado.
- 50

