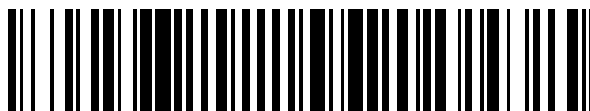


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 842**

51 Int. Cl.:

F22D 5/26 (2006.01)

F22B 37/38 (2006.01)

F22B 35/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2008** **E 08853664 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013** **EP 2212618**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de un generador de vapor de paso así como generador de vapor de paso único**

30 Prioridad:

28.11.2007 EP 07023081

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

09.05.2013

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 402 842 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

Procedimiento para el funcionamiento de un generador de vapor de paso así como generador de vapor de paso único.

5 La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de un generador de vapor de paso, que está impulsado en el lado de gas caliente con el gas de escape desde una instalación de turbinas de gas asociada, con una superficie calefactora de evaporador, en el que se conduce a un dispositivo para la regulación de la corriente de masas de agua de alimentación M un valor teórico M_s para la corriente de masas de agua de alimentación M . Además, se refiere a un generador de vapor de paso único para la realización del procedimiento.

10 En un generador de vapor de paso, la calefacción de una pluralidad de tubos generadores de vapor, que forman conjuntamente una superficie calefactora de evaporador conduce a una evaporación completa de un medio de circulación en los tubos generadores de vapor en un paso. El medio de circulación – normalmente agua – es alimentado en este caso, en general, antes de su evaporación, a un pre-calentador antepuesto en el lado del medio de circulación a la superficie calefactora del evaporador, designado normalmente también como economizador y es precalentado allí.

15 En función del estado de funcionamiento del generador de vapor de paso y, por lo tanto, en coherencia con la potencia actual del generador de vapor, se regula la corriente de masas de agua de alimentación a la superficie calefactora de evaporador. En el caso de modificaciones de la carga, el caudal de flujo del evaporador debería modificarse de la manera más sincronizada posible para la entrada de calor en la superficie calefactora de evaporador, porque de lo contrario no se puede evitar con seguridad una desviación de la entalpía específica del
20 medio de circulación en la salida de la superficie calefactora de evaporador con relación al valor teórico. Tal desviación no deseable de la entalpía específica dificulta la regulación de la temperatura del vapor fresco que sale desde el generador de vapor y conduce, además, a cargas elevadas del material y, por lo tanto, a una duración de vida útil reducida del generador de vapor.

25 Para mantener lo más reducidas posible las desviaciones de la entalpía específica respecto del valor teórico y las oscilaciones de la temperatura grandes no deseables resultantes de ello en todos los estados de funcionamiento del generador de vapor, por lo tanto especialmente también en estados transitorios o en el caso de cambios de carga, la regulación del caudal de agua de alimentación puede estar configurada a modo de un llamado diseño predictivo o diseño previsor. A este respecto, especialmente también en el caso de cambios de carga deben prepararse los valores teóricos de agua de alimentación necesarios en función del estado de funcionamiento actual o previsible
30 para el futuro próximo.

Se conoce a partir del documento EP 0 639 253 un generador de vapor de paso, en el que el flujo de agua de alimentación es regulado a través de un cálculo previo de la cantidad de agua de alimentación necesaria. Como base para el procedimiento de cálculo sirve en este caso el balance de la corriente de calor de la superficie calefactora de evaporador, en la que la corriente de masas de agua de alimentación debería entrar especialmente
35 en la entrada de la superficie calefactora de evaporador. El valor teórico para la corriente de masas de agua de alimentación se predetermina en este caso a partir de la relación de la corriente de calor transmitida actualmente en la superficie calefactora del evaporador desde el gas caliente sobre el medio de circulación, por una parte, y una elevación de la entalpía teórica del medio de circulación, predeterminada con respecto al estado de vapor fresco deseado en la superficie calefactora del evaporador, por otra parte.

40 Sin embargo, en la práctica, la medición de la corriente de masas de alimentación directamente en la entrada de la superficie calefactora de evaporador se ha revelado como técnicamente costosa y no se puede realizar de manera fiable en cualquier estado de funcionamiento. En su lugar, como alternativa, se mide la corriente de masas de agua de alimentación en la entrada del pre-calentador y se introduce en los cálculos de la cantidad de agua de alimentación, que no es, sin embargo, en cada caso igual a la corriente de masas de agua de alimentación en la
45 entrada de la superficie calefactora de vapor.

Para contrarrestar las inexactitudes condicionadas de esta manera durante la previsión de un valor teórico calculado especialmente en caso necesario, sobre todo en el caso de cambios de carga, para la corriente de masas de agua de alimentación, está previsto en un concepto alternativo de una regulación predictiva de la corriente de masas, como se conoce a partir del documento WO 2006/005708 A1, tener en cuenta como una de las magnitudes de
50 entrada para la regulación de caudal de agua de alimentación la densidad del agua de alimentación en la entrada del precalentador.

Ambos conceptos mencionados para una regulación predictiva de la corriente de masas se basan como magnitudes de entrada esencialmente en el valor teórico para la potencia del generador de vapor, a partir del cual con la ayuda de correlaciones depositadas y en particular recurriendo a mediciones de calibración o de referencia obtenidas
55 previamente, se consiguen los valores característicos que entran en la determinación del valor teórico propiamente dicho. No obstante, esto presupone, en general, propiedades del sistema suficientemente estables y que son atribuibles de una manera unívoca a una potencia de combustión, como existen normalmente en el generador de

vapor de combustión. En otros sistemas, como por ejemplo en el caso de un diseño del generador de vapor de paso como caldera de calor perdido, para la recuperación de calor desde el gas de humo de una turbina de gas antepuesta, no existen, sin embargo, tales relaciones. Además, en tales sistemas conectados como caldera de calor perdido, una potencia de combustión no es utilizable en la misma medida como parámetro libre que en el caso de calderas de combustión directa, puesto que en el caso de una conexión como caldera de calor perdido, normalmente se utiliza como criterio primario para el control de toda la instalación el funcionamiento de la turbina de gas, a cuyo estado del sistema se adaptan los otros componentes.

La publicación EP 1 145 739 B publica un procedimiento para la regulación de un generador de vapor de paso único de combustión directa, accionado a alta presión, en el que a través de un aparato de control de la carga se ajustan la alimentación de combustible y de medios de trabajo hacia el generador de vapor y la presión del vapor de conformidad con la carga del generador de vapor. En el caso de modificaciones de la carga, se adapta el funcionamiento del generador de vapor de paso único en dos etapas sucesivas en el tiempo a la nueva carga y, en concreto, restableciendo en la primera etapa a través de un nuevo ajuste de la alimentación de combustible y de medios de trabajo la presión del vapor fresco que estaba presente antes del inicio de la modificación de la carga, y a continuación en la segunda etapa, a través de la modificación de los valores teóricos en los reguladores de la presión y de la temperatura se ajusta el estado del vapor fresco a un valor asociado a la carga modificada.

El documento US 3.186.175 A publica un procedimiento para la regulación de un generador de vapor de paso único calentado directamente, en el que el medio de trabajo que circula a través del evaporador es dividido en una corriente principal y una corriente secundaria, siendo ajustado el caudal de circulación de la corriente principal con la ayuda de los parámetros de la circulación de la corriente secundaria medidos y puestos en relación con los parámetros de la circulación de la corriente principal.

La invención tiene el cometido de indicar un procedimiento para el funcionamiento de un generador de vapor del tipo mencionado anteriormente, que posibilita con un gasto mantenido comparativamente reducido, durante un funcionamiento del generador de vapor como caldera de calor perdido, un ajuste de la corriente de masas de agua de alimentación, especialmente bien adaptado a la entrada de calor actual o previsto en la superficie calefactora de evaporador a través de la superficie calefactora de evaporador. Por lo demás, debe indicarse un generador de vapor de paso único especialmente adecuado para la realización del procedimiento.

Con respecto al procedimiento, este cometido se soluciona de acuerdo con la invención porque la corriente de calor transmitida desde el gas caliente sobre el medio de circulación se calcula teniendo en cuenta un valor característico de la temperatura que es característico para la temperatura actual del gas caliente en la entrada del evaporador y un valor característico de la corriente de masas, que es característico de la corriente de masas actual del gas caliente.

La invención parte en este caso de la consideración de que una regulación predictiva de la corriente de masas suficientemente fiable, que se puede utilizar también para generadores de vapor conectados como caldera de calor perdido, debería adaptarse en gran medida a las particularidades de la caldera de calor perdido. En este caso, debería tenerse en cuenta especialmente que a diferencia de las calderas de combustión, en este caso la potencia de combustión no es un parámetro adecuado, que permita una conclusión suficientemente fiable sobre el balance de corriente de calor que sirve de base. En particular, en este caso, debería tenerse en cuenta que con una magnitud equivalente para calderas de calor perdido, a saber, la potencia actual de turbinas de gas y parámetros correlacionados con ésta, se pueden añadir todavía otros parámetros internos de la turbina de gas, de manera que con la ayudas de estas magnitudes no es posible una conclusión aceptable sobre las relaciones de entalpía a la entrada del gas caliente en el canal de gas de humo del generador de vapor. En el balance de la corriente de calor que sirve como base para la determinación de la corriente de agua de alimentación necesaria debería recurrirse, por lo tanto, a otros parámetros especialmente adecuados. A tal fin, están previstas en el presente caso la temperatura del gas caliente a la entrada en el evaporador así como la corriente de masas del gas caliente.

De esta manera, se posibilita un cálculo precontrolado de la cantidad de agua de alimentación necesaria sobre la base de un balance de la corriente de calor del evaporador, que puede incluir, dado el caso, opcionalmente al mismo tiempo también superficies calefactoras siguientes. El valor característico de la temperatura, que es característico para la temperatura actual del gas caliente en la entrada del evaporador, posibilita en este caso especialmente la determinación de un valor característico especialmente fiable y, por lo tanto, calculado de acuerdo con las necesidades, para la entalpía del gas caliente en la entrada del evaporador teniendo en cuenta la entalpía de gas caliente en la salida del evaporador, que se puede calcular, por su parte, con la ayuda del valor característico de la corriente de masas, que es característico para la corriente de masas actual y, por lo tanto, se puede realizar una determinación especialmente fiable y calculada según las necesidades de la oferta o transferencia actual de calor desde el gas caliente sobre el agua de alimentación. A partir de ésta, teniendo en cuenta la elevación de la entalpía teórica predeterminada, es decir, en particular la diferencia entre la entalpía teórica del medio de circulación, calculada teniendo en cuenta los parámetros deseados del vapor fresco, en la salida del evaporador y la entalpía real calculada a partir de valores de medición adecuados, como por ejemplo la presión y la temperatura, en la salida del evaporador, se puede calcular la elevación deseada de la entalpía teórica del medio de circulación en la superficie calefactora de evaporador, pudiendo calcularse a partir de la relación de estas magnitudes un valor teórico

adecuado a tal fin para la corriente de masas de agua de alimentación.

Como valor característico de la temperatura y/o como valor característico de la corriente de masas que es característico para la descripción cuantitativa adecuada del gas de calefacción que entra en el evaporador, se tiene en cuenta con preferencia un valor característico especialmente representativo de la situación actual. Tales valores característicos se pueden calcular de una manera adecuada con la ayuda de datos de medición presentes actualmente y en particular recurriendo a valores característicos depositados en la memoria. Pero se posibilita una evaluación especialmente fiable del balance de la corriente de calor y, por lo tanto, la determinación de un valor teórico del agua de alimentación previamente calculado especialmente con exactitud, teniendo en cuenta de manera más ventajosa como valor característico de la temperatura y/o como valor característico de la corriente de masas, respectivamente, un valor de medición registrado actualmente.

La corriente de calor transmitida desde el gas de calefacción sobre el medio de circulación se calcula de manera más ventajosa con la ayuda de un balance de la corriente de calor, en el que como magnitud de entrada esencialmente sirve de base la diferencia de la entalpía del gas caliente entre la entrada del evaporador y la salida del evaporador. Pero para un cálculo especialmente fiable del valor característico en otra configuración ventajosa se tiene en cuenta todavía que la reducción del contenido de energía en el gas de humo, reproducida a través de esta diferencia de la entalpía, puede conducir durante el paso a través de la superficie calefactora de evaporador, en efecto, por una parte, a una elevación de la entalpía en el medio de circulación dentro de la superficie calefactora de evaporador, pero, por otra parte, también, a efectos de almacenamiento y/o de descarga de energía en los componentes del evaporador, es decir, especialmente en los tubos del generador de vapor y en otros componentes metálicos. Para un cálculo especialmente fiable de la diferencia de la entalpía transmitida realmente sobre el medio de circulación dentro de la superficie calefactora de evaporador, se tiene en cuenta este aspecto del almacenamiento y/o descarga de energía de calor en las masas metálicas convenientemente como valor de corrección característico, en la medida del cual se modifica de manera adecuada la diferencia de la entalpía del gas caliente.

En la determinación de la diferencia de la entalpía del gas caliente se tiene en cuenta de manera más ventajosa la entalpía actual del gas caliente en la salida del evaporador, siendo calculada con la ayuda de la presión del medio de circulación en la entrada del evaporador teniendo en cuenta valores característicos de la corriente de masas que son característicos para la corriente de masas actual del gas caliente. El valor característico de la corriente de masas, que está presente en este caso con preferencia en forma de un valor de medición, pero que se puede calcular también de manera alternativa directamente a través de otros parámetros recurriendo a valores de correlación u otros valores característicos depositados, se convierte en este caso de manera más ventajosa en primer lugar en el llamado "punto constrictor" del generador de vapor, es decir, en la diferencia de la temperatura entre la temperatura de salida del gas de humo y la temperatura de ebullición del medio de circulación en la entrada del evaporador, de manera que esta diferencia de la temperatura se añade de manera más conveniente a una temperatura de ebullición del medio de circulación, calculada con la ayuda de la presión en la entrada del evaporador y a partir de esta suma se calcula la entalpía del gas caliente en la salida del evaporador.

Para la determinación de la elevación teórica de la entalpía del medio de circulación en la superficie calefactora del evaporador se toma como base de manera más ventajosa, por una parte, la entalpía real calculada con la ayuda de valores de medición adecuados, como por ejemplo la presión y la temperatura del medio de circulación durante la entrada en el evaporador. Adicionalmente, en función o teniendo en cuenta el estado deseado del vapor, por ejemplo los parámetros específicos del vapor o también el contenido de vapor en la salida del evaporador, teniendo en cuenta la presión actual del medio de circulación en la salida de la superficie calefactora del evaporador, se predetermina un valor teórico para su entalpía en la salida del evaporador.

El generador de vapor de paso se puede accionar en este caso en un llamado "Modo de Control de Benson". En efecto, a este respecto, en el caso general en el "Modo de Control de Benson" en la salida de la superficie calefactora del evaporador tiene lugar un recalentamiento del medio de circulación. No obstante, en este modo se puede tolerar una sobrealimentación de un acumulador de agua conectado a continuación de la superficie calefactora del evaporador y debe alimentarse a las superficies calefactoras siguientes, en parte, todavía, medio de circulación no evaporado, para que ya en las siguientes superficies calefactoras tenga lugar la evaporación completa del medio de circulación. En tal modo, se puede predeterminar especialmente como parámetro de vapor deseado el ajuste de una temperatura teórica que está, con una diferencia predeterminada de la temperatura de por ejemplo 35°C, por encima de la temperatura de saturación del medio de circulación, para el medio de circulación en la salida del evaporador. Precisamente en un modo de funcionamiento de este tipo del generador de vapor, puede ser deseable tener en cuenta de manera adecuada el estado actual de funcionamiento de superficies de recalentamiento conectadas a continuación de la superficie calefactora del evaporador, siendo desplazada su necesidad de refrigeración a una sobrealimentación adecuada del sistema con agua de alimentación. A tal fin, se tiene en cuenta de manera más ventajosa, durante la previsión del valor teórico para la entalpía del medio de circulación en la salida de la superficie calefactora del evaporador, una necesidad de refrigeración actual en refrigeradores de inyección que están conectados a continuación de la superficie calefactora del evaporador. La temperatura teórica del vapor fresco debe calcularse, por lo tanto, especialmente en la mayor medida posible a

través de un ajuste adecuado de la corriente de agua de alimentación, de manera que se puede mantener especialmente reducida la necesidad de refrigeración adicional en los refrigeradores de inyección. A la inversa, también para el caso de que se establezca una temperatura del vapor fresco demasiado reducida, se puede elevar de manera adecuada el valor teórico de la entalpía del medio de circulación en la salida del evaporador, de manera que se alimenta una cantidad de agua de alimentación dimensionada correspondientemente reducida sobre el valor teórico modificado de esta manera para la corriente de masas de agua de alimentación.

De manera alternativa, el generador de vapor se puede accionar también en un llamado "Modo de Control de Nivel", en el que el nivel del agua se varía y se regula en un acumulador de agua conectado a continuación de la superficie calefactora del evaporador, Debiendo evitarse, a ser posible, una sobrealimentación del acumulador de agua. En este caso, el nivel del agua se mantiene dentro del acumulador de agua en la medida posible en una zona teórica predeterminada, teniendo en cuenta en la configuración ventajosa para el valor teórico para la corriente de masas de agua de alimentación un valor de corrección del nivel de llenado, que caracteriza la diferencia del estado real del nivel de llenado en el acumulador de agua con respecto a un valor teórico asociado.

Con relación al generador de vapor de paso único, el cometido mencionado se soluciona porque una regulación del caudal de flujo de agua de alimentación, asociada a un dispositivo para la regulación de la corriente de masas de agua de alimentación, está diseñada para la previsión del valor teórico para la corriente de masas de agua de alimentación con la ayuda de dicho procedimiento. El generador de vapor de paso único está configurado en este caso como generador de vapor de calor perdido, que está impulsado en el lado de gas caliente con el gas de escape de una instalación de turbinas de gas asociada.

Las ventajas conseguidas con la invención consisten especialmente en que a través de la consideración selectiva de un valor característico para la temperatura actual del gas de humo en la entrada en el canal de gas caliente y/o para la corriente actual de masas del gas de humo, se posibilita una determinación predictiva o preventiva de un valor teórico de la corriente de masas de agua de alimentación orientada especialmente en gran medida a las necesidades previstas, pudiendo alcanzarse incluso para el caso de una utilización del generador de vapor como caldera de calor perdido y de una correlación, por consiguiente, sólo deficiente de los valores característicos correspondientes de la entalpía con el valor característico de la potencia o del transporte de la instalación, un comportamiento de regulación especialmente fiable y estable. De esta manera, se posibilita una adaptación predictiva especialmente fiable del caudal de flujo de agua de alimentación a través de la superficie calefactora del evaporador a la entrada actual o esperada de calor de la superficie calefactora del evaporador de una manera especialmente sencilla y fiable en todos los estados de funcionamiento posibles del generador de vapor de paso, pudiendo mantener especialmente reducida la desviación de la entalpía específica del medio de circulación en la salida de la superficie calefactora del evaporador con respecto al valor teórico.

Un ejemplo de realización de la invención se explica en detalle con la ayuda de un dibujo. En éste:

Las figuras 1 y 2 muestran, respectivamente, un generador de vapor de paso único con regulación del caudal de flujo de agua de alimentación asociada.

Las partes iguales están provistas en ambas figuras con los mismos signos de referencia.

Los generadores de vapor de paso único 1, 1' de acuerdo con las figuras 1 y 2 presentan en cada caso un pre-calentador 2 designado también como economizador para agua de alimentación prevista como medio de circulación, que se encuentra en un tiro de gas no representado en detalle. Delante del pre-calentador 2 está conectada en el lado del medio de circulación una bomba de agua de alimentación 13 y a continuación del pre-calentador está conectada una superficie calefactora del evaporador 4. En el lado de salida, la superficie calefactora del evaporador 4 está conectada en el lado del medio de circulación a través de un acumulador de agua 6, que puede estar configurado especialmente también como separador de agua o botella de separación, con una pluralidad de superficies calefactoras del recalentador 8, 10, 12 conectadas a continuación, que, por su parte, pueden estar provistas con refrigeradores de inyección 14, 16 para la adaptación de las temperaturas de evaporación y similares. El generador de vapor de paso único 1, 1' está configurado en cada caso como caldera de calor perdido o generador de vapor perdido, estando dispuestas las superficies calefactoras, es decir, especialmente el pre-calentador 2, la superficie calefactora del evaporador 4 así como las superficies calefactoras del recalentador 8, 10, 12 en un canal de gas caliente impulsado en el lado de gas caliente con el gas de escape desde una instalación de turbinas de gas asociada.

El generador de vapor de paso único 1, 1' está diseñado para una impulsión regulada con agua de alimentación. A tal fin, a continuación de la bomba de agua de alimentación 3 está conectada una válvula de estrangulamiento 22 activada por un servo motor 20, de manera que a través de la activación adecuada de la válvula de estrangulamiento 22 se puede regular la cantidad de agua de alimentación transportada por la bomba de agua de alimentación 3 en la dirección del pre-calentador 2 o la corriente de masas de agua de alimentación. Para el cálculo de un valor característico actual para la corriente de masas de agua de alimentación alimentada, a continuación de la válvula de dosificación 22 está conectada una instalación de medición 24 para la determinación de la corriente de masas de

alimentación de agua a través del conducto de agua de alimentación. El servomotor 20 está activado a través de un elemento de regulación 28, que está impulsado en el lado de entrada con un valor teórico M alimentado a través de una línea de datos 30 para una corriente de masas de agua de alimentación M y con el valor real actual, calculado a través de una instalación de medición 24, de la corriente de masas de agua de alimentación M. A través de la formación de la diferencia entre estas dos señales se transmite al regulador 28 una necesidad de seguimiento, de manera que en el caso de una desviación del valor real con respecto al valor teórico se lleva a cabo un seguimiento correspondiente de la válvula de estrangulamiento 22 a través de la activación del motor 20.

Para la determinación de un valor teórico M_s especialmente acorde con las necesidades para la corriente de masas de agua de alimentación M a modo de una regulación predictiva, previsor a u orientada a las necesidades actuales o futuras, de la corriente de masas de agua de alimentación, la línea de datos 30 está conectada en el lado de entrada con una regulación del caudal de flujo de agua de alimentación 32, 32' diseñada para la previsión del valor teórico M_s para la corriente de masas de agua de alimentación M. Esta regulación está diseñada para calcular el valor teórico M_s para la corriente de masas de agua de alimentación con la ayuda de un balance de la corriente de calor en la superficie calefactora del evaporador 4, siendo predeterminado el valor teórico M_s para la corriente de masas de agua de alimentación M con la ayuda de la relación a partir de la corriente de calor transmitida actualmente en la superficie calefactora del evaporador 4 desde el gas caliente sobre el medio de circulación, por una parte, y una elevación de la entalpía teórica del medio de circulación, predeterminada con respecto al estado de vapor fresco deseado en la superficie calefactora de evaporador 4, por otra parte. Se consigue una utilización de un concepto de este tipo de la preparación de un valor teórico para la corriente de masas de agua de alimentación sobre la base de un balance de calor propiamente dicho para un generador de vapor de paso único 1, 1' en tipo de construcción como caldera de calor perdido en el ejemplo de realización según las figuras 1 y 2 especialmente porque la corriente de calor transmitida desde el gas caliente sobre el medio de circulación se calcula teniendo en cuenta un valor característico de la temperatura, que es característico para la temperatura actual del gas caliente en la entrada del evaporador y teniendo en cuenta un valor característico de la corriente de masas, que es característico para la corriente de masas actual del gas caliente.

A tal fin, la regulación del caudal de flujo de agua de alimentación 32 presenta un miembro divisor 34, al que se alimenta como numerador un valor característico adecuado para la corriente de calor transmitida actualmente en la superficie calefactora del evaporador 4 desde el gas caliente sobre el medio de circulación y como denominador se alimenta un valor característico predeterminado adecuado con relación al estado deseado del vapor fresco, para la elevación de la entalpía teórica deseada del medio de circulación en la superficie calefactora del evaporador 4. En el lado del numerador, el miembro divisor 34 está conectado en este caso en el lado de entrada con un módulo funcional 36, que emite con la ayuda de un valor característico de la temperatura alimentado, que es característico de la temperatura actual del gas caliente en la entrada del evaporador, como valor de salida un valor para la entalpía del gas caliente en la entrada del evaporador. En el ejemplo de realización, en este caso está prevista la alimentación de un valor de medición, que es característico para la temperatura actual del gas caliente en la entrada del evaporador, como valor característico de la temperatura. El valor característico, que es característico para la entalpía del gas caliente en la entrada del evaporador, se emite sobre un miembro restador 38, donde se resta de este valor característico un valor característico, suministrado por un módulo funcional 40, para la entalpía del gas en la salida del evaporador.

Para la determinación de la entalpía del gas caliente en la salida del evaporador se forma para el miembro funcional 40 en el lado de entrada desde un miembro de suma 42 la suma de dos valores de la temperatura. En este caso, por una parte, se tiene en cuenta la temperatura de saturación del medio de circulación calculada a través de un miembro funcional 44, que está conectado en el lado de entrada con un sensor de presión 46, con la ayuda de la presión del medio de circulación en la entrada del evaporador. Por otra parte, a través de un miembro funcional 48, al que se alimenta, por su parte, en el lado de entrada a través de otro miembro funcional 50 un valor característico de la corriente de masas, que es característico para la corriente actual de masas del gas caliente, se tiene en cuenta el llamado "punto constrictor", a saber, la diferencia de la temperatura, calculada a partir de la corriente de masas del gas caliente, de la temperatura del gas caliente en la salida del evaporador menos la temperatura de ebullición del medio de circulación en la entrada del evaporador. A partir de estas dos contribuciones de la temperatura sumadas a través del miembro sumador se acondiciona por el módulo funcional 40 de esta manera la entalpía del gas caliente en la salida del evaporador, dado el caso recurriendo a tablas, diagramas o similares adecuados. En el lado de salida, el miembro restador 38 proporciona de esta manera la diferencia o balance de la entalpía del gas caliente, es decir, la diferencia de la entalpía del gas caliente en la entrada del evaporador y la entalpía del gas caliente en la salida del evaporador.

Esta diferencia de la entalpía se transmite a un miembro multiplicador 52, al que se alimenta de la misma manera el valor característico de la corriente de masas, que puede estar presente, por lo demás, como valor de medición registrado actualmente. En el lado de salida, el miembro multiplicador 52 suministra de esta manera un valor característico para la capacidad térmica emitida por el gas de humo a la superficie calefactora del evaporador 4.

Para poder calcular con la ayuda de esta capacidad térmica emitida por el gas caliente la corriente de calor transmitida realmente sobre el medio de circulación, está prevista en primer lugar todavía una corrección sobre los

efectos de entrada de calor y/o de descarga de calor en los componentes de la superficie calefactora del evaporador 4, en particular en las masas metálicas. A tal fin, el valor característico mencionado para la capacidad térmica emitida por el gas caliente es conducido en primer lugar a un miembro restador 54, donde se resta un valor de corrección que es característico para la entrada o descarga de calor en los componentes del evaporador. Este valor de corrección es acondicionado por un miembro funcional 56. Este miembro funcional está impulsado en el lado de entrada, por su parte, con el valor de salida de otro miembro funcional 58, siendo calculado un valor medio de la temperatura para las masas metálicas de la superficie calefactora del evaporador 4. A tal fin, el otro miembro funcional 58 está conectado en el lado de entrada con un indicador de la presión 60 dispuesto en el acumulador de agua 6, de manera que el otro miembro funcional 58 puede calcular la temperatura media de las masas metálicas con la ayuda de la presión del medio de circulación, por ejemplo a través de igualación con la temperatura de ebullición que pertenece a esta presión, en el acumulador de agua 6.

En el lado de salida, el miembro restador 54 transmite de esta manera un valor característico, que es característico de la capacidad térmica emitida por el gas caliente, reducida en la medida de la capacidad térmica almacenada en el metal de la superficie calefactora del evaporador 4 y, por lo tanto, un valor característico para la capacidad térmica a emitir al medio de circulación.

Este valor característico se utiliza en el miembro divisor 34 como numerador, que es dividido allí por un denominador, que corresponde a una elevación teórica de la entalpía, predeterminada con relación al estado deseado del vapor fresco, el medio de circulación en la superficie calefactora del evaporador 4, de manera que a partir de esta división o esta relación se puede formar el valor teórico M_s para la corriente de masas de agua de alimentación M. Para la preparación del denominador, es decir, del valor característico para la elevación teórica de la entalpía sobre el lado del vapor de agua o del lado del medio de circulación, el miembro divisor 34 está conectado en el lado de entrada con un miembro restador 70. Este miembro restador está impulsado en el lado de entrada con un valor característico, acondicionado por un miembro funcional 72, para el valor teórico deseado para la entalpía del medio de circulación en la salida del evaporador. Por lo demás, el miembro restador 70 está impulsado en el lado de entrada con un valor característico acondicionado por un módulo funcional 74 o con un valor real para la entalpía actual del medio de circulación en la entrada del evaporador, que se resta en el miembro restador 70 del valor característico mencionado para el valor teórico de la entalpía en la salida del evaporador. En el lado de entrada, el módulo funcional 74 está conectado en este caso para la formación de dicho valor característico para la entalpía real en la entrada del evaporador con el sensor de presión 46 y con un sensor de temperatura 76. A través de la formación de la diferencia en el miembro restador 70 se calcula de esta manera la elevación de la entalpía que debe aplicarse en función del estado deseado del vapor fresco en el medio de circulación en la superficie calefactora del evaporador 4, que se puede utilizar en este caso como denominador en el miembro divisor 34.

El generador de vapor de paso único 1 y el generador de vapor de paso único 1' de acuerdo con las figuras 1 y 2, respectivamente, se diferencian con respecto a la configuración de su regulación del caudal de flujo de agua de alimentación 32, 32', en particular en lo que se refiere a la formación del valor teórico para la entalpía en la salida del evaporador y, por lo tanto, en lo que se refiere a la impulsión en el lado de entrada del módulo funcional 72. El generador de vapor de paso único 1 según la figura 1 está diseñado en este caso para un funcionamiento en el llamado "Modo de Control de Nivel", en el que se regula el nivel de agua en el acumulador de agua 6, siendo transferido exclusivamente vapor a las superficies calefactores de recalentamiento 8, 10, 12 conectadas a continuación de la superficie calefactora del evaporador 4, y se separa el agua arrastrada todavía en el lado de salida del evaporador en el acumulador de agua 6. En este modo de funcionamiento, el módulo funcional 72 es impulsado en el lado de entrada, por una parte, con un valor de medición suministrado por el sensor de presión 60 para la presión en el acumulador de agua 6. Por otra parte, se alimenta al módulo funcional 72 en el lado de entrada, por una parte, un valor de medición suministrado por el sensor de presión 60 para la presión en el acumulador de agua 6. Por otra parte, se alimenta al módulo funcional 72 a través de una entrada 78 asociada un parámetro característico para el estado deseado de vapor fresco. Por ejemplo un contenido de vapor deseado en la salida del evaporador. A partir de este parámetro, junto con el valor característico de la presión mencionado se forma a continuación en el módulo funcional 72 el valor teórico para la entalpía del medio de circulación en la salida del evaporador.

En la configuración según la figura 1, el miembro divisor 34 suministra con la ayuda de la división mencionada en el lado de salida un valor teórico para la corriente de masas de agua de alimentación, que se alinea y se calcula con la ayuda de dicho balance de calor. Pero este valor teórico es corregido todavía a continuación en un miembro de adición 80 conectado a continuación con un valor de corrección, que transmite una modificación deseada, sobre la afluencia de agua de alimentación, del estado del nivel en el acumulador de agua 6. A tal fin, se registra el estado del nivel en el acumulador de agua 6 a través de un sensor del estado de llenado 82. Este valor real para el estado de llenado es restado en un miembro restador 84 de un valor teórico depositado o predeterminable de otra manera para el nivel rellenado en el acumulador de agua 6. Con la ayuda de la desviación establecida de esta manera del nivel real del estado de llenado en el acumulador de agua 6 con respecto al valor teórico asociado se calcula en un miembro de regulación siguiente 86 un valor efectivo de la corriente de masas del agua de alimentación, con el que debe impulsarse el acumulador de agua 6 para la corrección de su nivel de llenado. Este valor de corrección se añade en el miembro de adición 80 al valor teórico calculado con la con la ayuda del balance de la corriente de calor

para la corriente de masas de agua de alimentación, de manera que se emite como valor teórico M_s para la corriente de masas de agua de alimentación un valor compuesto por ambas porciones.

En cambio, el generador de vapor de paso único 1' de acuerdo con la figura 2 está diseñado para un funcionamiento en el llamado "Modo de Control Benson", en el que una sobrealimentación del acumulador de agua 6 previsto también como separador de agua y la evaporación completa del medio de circulación es posible ya en las siguientes superficies calefactoras de recalentamiento 8, 10, 12. En esta variante de funcionamiento, el miembro funcional 72. a través del cual debe emitirse el valor teórico para la entalpía del medio de circulación en la salida del evaporador, es impulsado en el lado de entrada de la misma manera, por una parte, con el valor real, calculado para el sensor de presión 60, para la presión en el separador de agua 6. Además, delante del módulo funcional 72 está conectado en el lado de salida otro módulo funcional 90, que calcula con la ayuda de la presión real determinada por el sensor de presión 60 en el acumulador de agua 6 con la ayuda de una funcionalidad depositada o del estado deseado del vapor fresco un valor teórico adecuado para la temperatura del medio de circulación en el acumulador de agua 6. Por ejemplo, para un funcionamiento de la instalación en el "Modo de Control Benson" puede estar depositado como valor teórico para la temperatura en este caso un valor de la temperatura, que corresponde a la temperatura de saturación del medio de circulación a la presión calculada más un sobrecalentamiento mínimo previsto de, por ejemplo, 35°C. El módulo funcional 72 calcula a partir de este valor teórico para la temperatura, teniendo en cuenta el valor actual de la presión, el valor teórico mencionado para la entalpía del medio de circulación en la salida del evaporador.

En el ejemplo de realización según la figura 2, este valor teórico preparado por el módulo funcional 72, que está orientado esencialmente a las propiedades del medio de circulación como tal, se modifica a continuación en un miembro de adición 92 conectado a continuación todavía en la medida de otro valor de corrección. Este otro valor de corrección suministrado por un módulo funcional 94 tiene en cuenta esencialmente, a modo de una función de compensación, la desviación de la temperatura del vapor fresco establecida actualmente con respecto a la temperatura del vapor fresco deseada propiamente con relación al estado deseado del vapor fresco. Una desviación de este tipo se puede apreciar especialmente porque en el caso de una temperatura demasiado alta del vapor fresco en los refrigeradores de inyección 14, 16 aparece una necesidad de refrigeración y, por lo tanto, es necesaria la impulsión de los refrigeradores de inyección 14, 16 con medio de refrigeración. En el caso de que se establezca tal corriente de masas hacia los refrigeradores de inyección 14, 16, un objetivo del diseño del módulo funcional 94, es desplazar esta necesidad de refrigeración fuera de los refrigeradores de inyección y hacia una alimentación elevada de agua de alimentación. En el caso de una necesidad de refrigeración establecida de manera correspondiente en los refrigeradores de inyección 14, 16 se reduce de manera correspondiente en el módulo funcional 94 la entalpía deseada del medio de circulación en la salida del evaporador para reducir al mínimo la necesidad de refrigeración, es decir, cuando se establece una temperatura demasiado baja del vapor fresco, se eleva el valor teórico de entalpía a través del valor de corrección acondicionado por el módulo funcional 94 y su adición en el módulo de adición 92.

Para seguridad, la regulación del caudal de flujo de agua de alimentación 32' del generador de vapor de paso único 1' según la figura 2 comprende todavía un bucle de regulación directa alojado a continuación, en el que en un módulo funcional 100 se calcula con la ayuda de los valores de medición en el acumulador de agua 6 un valor real para la entalpía del medio de circulación en la salida del evaporador y se compara en un módulo diferencial 102 con la entalpía deseada, es decir, con el valor teórico de la entalpía. A través de la formación de la diferencia en el módulo diferencial 102 se establece en este caso la desviación entre valor teórico y valor real, que se superpone a través de un regulador 104 conectado a continuación en un miembro de adición 106 al valor teórico acondicionado por el miembro divisor 34 para la corriente de masas de agua de alimentación. Esta superposición se realiza de una manera adecuada con demora en el tiempo y atenuada, de manera que esta intervención se regulan solamente interviene en caso necesario, es decir, en el caso de una desviación demasiado grande de la regulación.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para el funcionamiento de un generador de vapor de paso, que está impulsado en el lado de gas caliente con el gas de escape desde una instalación de turbinas de gas asociada, con una superficie calefactora de evaporador (4), en el que se alimenta a un dispositivo para la regulación de la corriente de masas de agua de alimentación (M) un valor teórico (M_s) para la corriente de masas de agua de alimentación (M), que se predetermina con la ayuda de la relación a partir de la corriente de calor transmitida actualmente en la superficie calefactora del evaporador (4) desde el gas caliente sobre el medio de circulación, por una parte, y una elevación de la entalpía teórica del medio de circulación, predeterminada con respecto al estado de vapor fresco deseado en la superficie calefactora de evaporador (4), por otra parte, siendo calculada la corriente de calor transmitida por el gas caliente sobre el medio de circulación, teniendo en cuenta un valor característico de la temperatura, que es característico para la temperatura actual del gas caliente en la entrada del evaporador y un valor característico de la corriente de masas, que es característico para la corriente actual de masas del gas caliente.
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que como valor característico de la temperatura y/o como valor característico de la corriente de masas se tiene en cuenta en cada caso un valor de medición actual.
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que la corriente de calor transmitida desde el gas caliente sobre el medio de circulación se calcula con la ayuda de la diferencia de la entalpía del gas caliente entre la entrada del evaporador y la salida del evaporador.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la diferencia de la entalpía del gas caliente para la determinación de la corriente de calor transmitida sobre el medio de circulación se modifica en la medida de un valor de corrección característico para la acumulación o la descarga de calor en los componentes del evaporador.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4, en el que la entalpía actual del gas caliente en la salida del evaporador se calcula con la ayuda de la presión del medio de circulación en la entrada del evaporador teniendo en cuenta el valor característico de la corriente de masas.
- 6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la elevación de la entalpía teórica del medio de circulación en la superficie calefactora del evaporador (4) se predetermina teniendo en cuenta la presión actual del medio de circulación en la salida de la superficie calefactora del evaporador (4).
- 7.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que durante la previsión del valor teórico para la entalpía del medio de circulación en la salida de la superficie calefactora del evaporador (4) se tiene en cuenta una necesidad actual de refrigeración en refrigeradores de inyección (14, 16) que están conectados a continuación de la superficie calefactora del evaporador (4).
- 8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que para el valor teórico (M_s) para la corriente de masas de agua de alimentación (M) se tiene en cuenta un valor de corrección del nivel de llenado, que caracteriza la diferencia del estado real del nivel de llenado en un acumulador de agua (6) conectado a continuación de la superficie calefactora del evaporador (4) con respecto a un valor teórico asociado.
- 9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que para el valor teórico (M_s) para la corriente de masas de agua de alimentación (M) se tiene en cuenta un valor de corrección de la entalpía, que caracteriza la desviación del estado real de la entalpía en la salida de la superficie calefactora del evaporador (4) con respecto a un valor teórico asociado.
- 10.- Generador de vapor de paso único (1, 1'), que está impulsado en el lado de gas caliente con el gas de escape desde una instalación de turbinas de gas asociada, con una superficie calefactora de evaporador (4) y con un dispositivo para la regulación de la corriente de masas de agua de alimentación (M), que se puede conducir con la ayuda de un valor teórico (M_s) para la corriente de masas de agua de alimentación (M), en el que una regulación del caudal de paso de agua de alimentación (32, 32') asociada está configurada para la previsión del valor teórico (M_s) con la ayuda del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9.

FIG 1

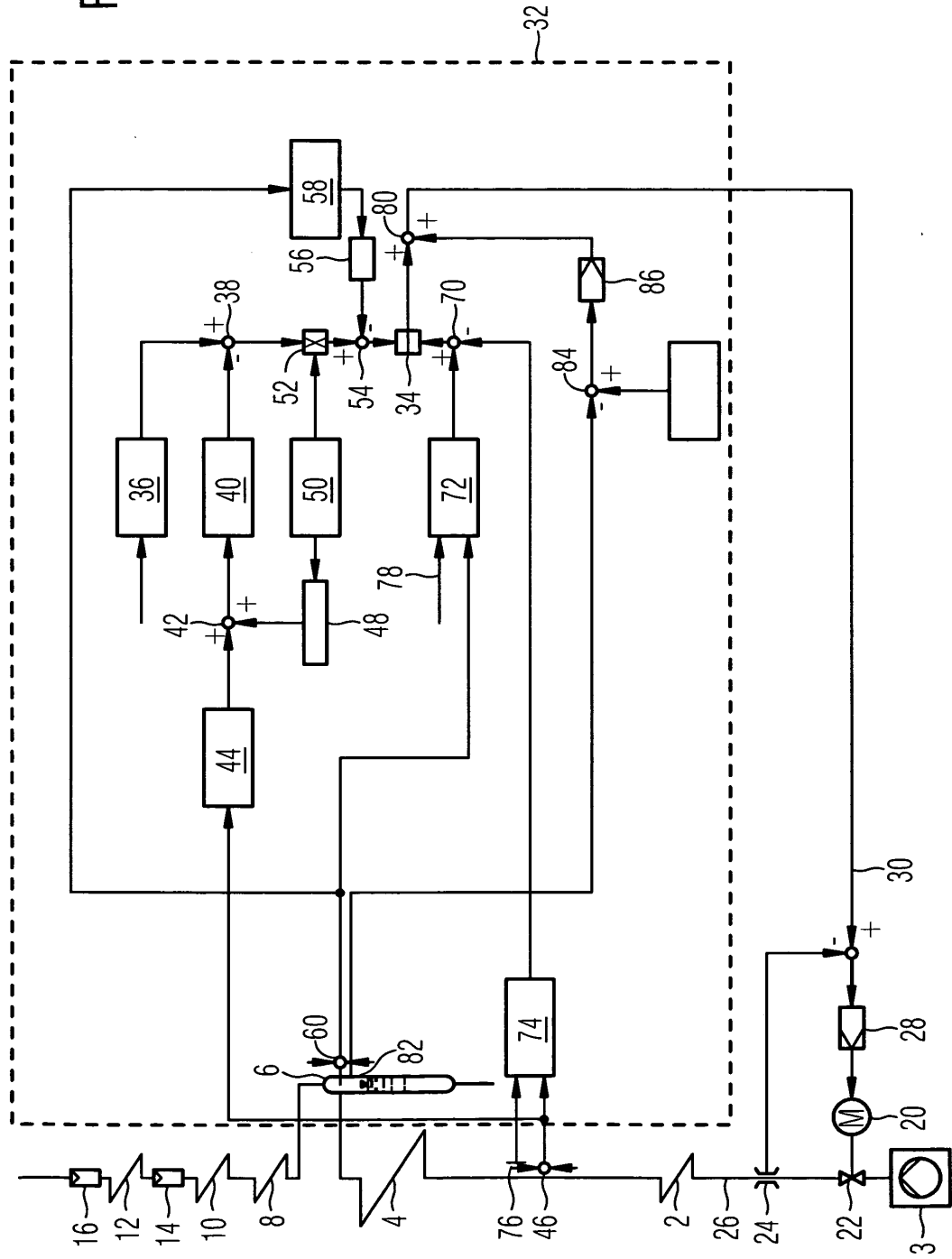


FIG 2

