

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 603 612**

51 Int. Cl.:

F01K 23/10 (2006.01)

F22G 5/12 (2006.01)

F01K 13/02 (2006.01)

F22B 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.09.2011 PCT/EP2011/065221**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.03.2012 WO12034876**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2011 E 11752218 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2016 EP 2616643**

54 Título: **Procedimiento para la regulación de un aumento breve de potencia de una turbina de vapor**

30 Prioridad:

13.09.2010 DE 102010040623

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

28.02.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BRÜCKNER, JAN y
THOMAS, FRANK**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 603 612 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 la regulación de un aumento breve de potencia de una turbina de vapor

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para la regulación de un aumento breve de potencia de una turbina de vapor con un generador de vapor por recuperación de calor preconectado, con una cantidad de superficies de calentamiento de economizador, evaporador y recalentamiento que conforman un trayecto de flujo, atravesado por un medio de flujo y en las que en un escalón de presión medio de flujo se desvía del trayecto de flujo y del lado del medio de flujo es inyectado en el trayecto de flujo entre dos superficies de calentamiento de recalentamiento del respectivo escalón de presión, en donde para la desviación de la temperatura de salida de la última superficie de calentamiento de recalentamiento del respectivo nivel de presión de un valor nominal de temperatura se utiliza, como magnitud de regulación para la cantidad del medio de flujo inyectado, un primer valor característico.

15 Un generador de vapor por recuperación de calor es un intercambiador de calor que recupera calor a partir de un flujo de gas caliente. Los generadores de vapor por recuperación de calor se utilizan a menudo en instalaciones de turbinas de gas y vapor (centrales de ciclo combinado), que sirven principalmente para la generación de energía. En este caso, una central de ciclo combinado moderna comprende, generalmente, una a cuatro turbinas de gas y al menos una turbina de vapor, en donde cada turbina acciona un generador (instalación de múltiples árboles) o una turbina de gas con la turbina de vapor en un mismo árbol accionan un único generador (instalación de árbol simple). Los gases de escape calientes de la turbina de gas se utilizan, en ese caso, en el generador de vapor por recuperación de calor para la generación de vapor de agua. El vapor generado es conducido luego a la turbina de vapor. Generalmente aprox. dos tercios de la potencia eléctrica recaen en la turbina de gas y un tercio, en el proceso de vapor.

25 De manera análoga a los diferentes escalones de presión de una turbina de vapor, también el generador de vapor por recuperación de calor comprende una multiplicidad de escalones de presión con diferentes estados térmicos de la respectiva mezcla de agua-vapor contenida. En el primer escalón de (alta) presión el medio de flujo atraviesa en su trayecto de flujo primero los economizadores, que utilizan el calor restante para el precalentamiento del medio de flujo, y luego diferentes escalones de superficies de calentamiento de evaporadores y recalentadores. En el evaporador se evapora el medio de flujo, a continuación se separa la eventual humedad restante en un dispositivo de separación y el vapor conservado se sigue calentando en el recalentador. Luego el vapor recalentado fluye a la parte de alta presión de la turbina de vapor, allí es reducido y conducido al siguiente escalón de presión del generador de vapor. Allí es calentado nuevamente y conducido a la siguiente parte de presión de la turbina de vapor.

35 Debido a fluctuaciones de carga, la potencia calorífica conducida a los recalentadores puede oscilar fuertemente. Por ello a menudo es necesario, regular la temperatura de recalentamiento. En el caso de instalaciones nuevas, generalmente esto es alcanzado mediante una inyección de agua de alimentación entre las superficies de calentamiento de recalentamiento para la refrigeración, es decir, una tubería de retorno se desvía del flujo principal del medio de flujo y conduce a válvulas de inyección allí dispuestas correspondientemente. En este caso, la inyección generalmente es regulada por un valor característico para las desviaciones de temperatura respecto de un valor nominal de temperatura predeterminado en la salida del recalentador, así como se conoce de la FR 2 401 380 A1.

40 De las centrales eléctricas modernas no solo se esperan altos grados de efectividad, sino también un modo de funcionamiento en lo posible flexible. Entre ello se cuenta, además de tiempos cortos de puesta en marcha y altas velocidades de modificación de carga, también a la posibilidad de compensar fallas de frecuencia en la red de interconexión de corriente. Para cumplir con estos requisitos, la central eléctrica debe estar en condiciones de poner a disposición sobrepotencias de, por ejemplo, 5 % y más dentro de unos pocos segundos.

45 En las centrales de ciclo combinado esto es realizado, generalmente, mediante un aumento de carga de la turbina de gas. En ciertas circunstancias puede ser posible, especialmente en el área de carga superior, que el aumento de potencia deseado no pueda ser puesto a disposición exclusivamente por la turbina de gas. Es por ello que, entre tanto, también se realizan soluciones en las que la turbina de gas también puede y debe realizar un aporte adicional para el apoyo de la frecuencia en los primeros segundos.

50 Esto puede suceder, por ejemplo, mediante la apertura de válvulas de turbina parcialmente estranguladas o de una, así llamada, válvula escalonada, por lo que la presión de vapor es reducida antes de la turbina de vapor. Así, vapor del acumulador de vapor del generador de vapor por recuperación de calor preconectado se desacumula y se conduce a la turbina de vapor. Con esta medida se logra en pocos segundos un aumento de la potencia en la parte de vapor de la central de ciclo combinado.

55 Esta potencia adicional se puede liberar en un tiempo relativamente breve, de manera que el aumento de potencia retardado puede ser compensado, al menos parcialmente, por la turbina de gas (limitada por su velocidad máxima

de modificación de carga condicionada por la construcción y el funcionamiento). Con esta medida, todo el bloque realiza directamente un salto de potencia y debido a un aumento sucesivo de potencia de la turbina de gas también puede mantener de forma duradera este nivel de potencia o sobrepasarlo, siempre a condición de que, al momento de las reservas de potencia requeridas adicionalmente, la instalación se encuentre en un área de carga parcial.

5 Un estrangulamiento permanente de las válvulas de turbina para la conservación de una reserva, sin embargo, conduce siempre a una pérdida de rendimiento, de manera que para un modo de marcha económico el grado de estrangulamiento debería mantenerse tan reducido como sea estrictamente necesario. Además, algunas formas de construcción de generadores de vapor por recuperación de calor, como por ejemplo generadores de vapor de circulación forzosa, presentan, en ciertas circunstancias, un volumen de almacenamiento considerablemente menor
10 que, por ejemplo, generadores de vapor de circulación natural. En el procedimiento arriba descrito, la diferencia en el tamaño del acumulador influye en el comportamiento en el caso de modificaciones de potencia de la parte de vapor de la central de ciclo combinado.

15 Es por ello objeto de la presente invención, indicar un procedimiento para la regulación de un aumento breve de potencia de una turbina de vapor con un generador de vapor por recuperación de calor preconectado del tipo antes mencionado, en el que el rendimiento del proceso de vapor no se vea perjudicado más de lo debido. Simultáneamente, el breve aumento de potencia debe ser posible independientemente de la forma de construcción del generador de vapor por recuperación de calor, sin modificaciones constructivas invasivas en el sistema general.

20 A fines de resolver el objeto conforme a la invención, para el breve aumento de potencia de la turbina de vapor se reduce el valor nominal de temperatura y se aumenta temporalmente y de forma sobreproporcional respecto de la desviación el valor característico por el periodo de la reducción del valor nominal de temperatura.

25 Para ello la presente invención parte de la base que la inyección adicional de agua de alimentación puede realizar un aporte extra para la modificación rápida de potencia. Mediante esta inyección adicional en el área del recalentador se puede aumentar temporalmente el flujo de masa de vapor. En este caso, la inyección se genera reduciendo el valor nominal de temperatura. Un salto del valor nominal de temperatura está vinculado a través de un valor característico correspondiente con un salto de la desviación del regulador, que motiva al regulador a modificar el grado de abertura de la válvula de regulación de inyección. De este modo, un aumento de potencia de la turbina de vapor puede ser realizada exactamente a través de una medida de este tipo, es decir, una reducción en forma de salto del valor nominal de temperatura.

30 Sin embargo, este aumento de potencia, y con ello también el flujo de masa de inyección, deben ser puestos a disposición en lo posible de manera rápida. En ese caso, las propiedades de amortiguación del sistema regulador pueden resultar molestas, impedir las modificaciones demasiado rápidas del flujo de masa de inyección, lo cual es deseado en un funcionamiento de carga usual, pero no en el caso de un aumento de potencia que debe ser puesto a disposición de forma rápida. Por ello, la regulación debería ser adecuada de forma correspondiente para el caso de un aumento de potencia breve. Esto es posible de forma especialmente sencilla, aumentando de manera
35 correspondiente la señal de regulación para el flujo de masa de inyección, más precisamente para el periodo temporal del breve aumento de potencia deseado. Para ello, un valor característico para la desviación de la temperatura de salida de la última superficie de calentamiento de recalentamiento del lado del medio de flujo respecto de un valor nominal de temperatura predeterminado se aumenta temporalmente y de forma sobreproporcional respecto de la desviación.

40 En el procedimiento arriba descrito, en un sistema de regulación correspondiente, mediante un sustractor se realiza una comparación nominal-real entre temperatura de vapor deseada y medida. De acuerdo al concepto de regulación aplicado, esta señal puede ser modificada mediante información adicional procedente del proceso, antes de ser conectada luego adicionalmente como señal de entrada (desviación de regulación), por ejemplo, en un regulador proporcional-integral. De manera ventajosa, adicionalmente la temperatura puede ser utilizada como magnitud de
45 regulación inmediatamente después del lugar de inyección del medio de flujo, es decir, en la entrada de las últimas superficies de calentamiento de recalentamiento. En el caso de una, así llamada, regulación de dos circuitos de este tipo, se amortiguan modificaciones bruscas del flujo de masa de inyección que han sido realizadas por la intervención de un regulador. En estas circunstancias, la regulación optimizada a intervenciones rápidas puede ser estabilidad para impedir una sobreoscilación.

50 Para la puesta a disposición de una reserva inmediata mediante el sistema de inyección, sin embargo, este efecto amortiguador de la regulación de dos circuitos resulta más bien molesto. Por ello, especialmente en el caso de la regulación de dos circuitos es ventajoso, realizar la adecuación de refuerzo descrita del valor característico. El aumento artificial de la desviación de la temperatura real respecto del valor nominal predeterminado generado de este modo del lado del regulador logra, que la corrección que sigue mediante la temperatura en la entrada de las
55 últimas superficies de calentamiento de recalentamiento, es decir, directamente después del lugar de inyección, resulte en comparación menor en el caso de la regulación de dos circuitos. De esta manera persiste una mayor desviación de regulación, que directamente tiene como consecuencia una respuesta mayor del regulador, es decir,

5 un mayor aumento del flujo de masa de inyección, lo que es deseado en este caso. Debido a que el valor característico, sin embargo, solo se aumenta temporalmente y de manera sobreproporcional por el periodo de tiempo de la reducción del valor nominal de temperatura, la influencia sobre este aumento desaparece, de manera que la temperatura de vapor ajustada por encima del valor nominal realmente puede ser alcanzada. De este modo, la ventaja de la regulación de dos circuitos, de evitar descensos de temperatura de vapor no admitidos, no se altera.

10 De manera especialmente sencilla se puede generar el aumento temporal del valor característico, formando, ventajosamente, el valor característico para la desviación de la temperatura respecto del valor nominal, a partir de la suma de esta desviación y un segundo valor característico, característico para la modificación temporal del valor nominal de temperatura. Con ello, en un diseño especialmente ventajoso, el segundo valor característico es, esencialmente, la modificación temporal del valor nominal de temperatura multiplicado por un coeficiente de amplificación. En cuanto a la técnica de regulación, esto es realizado utilizando el valor nominal de temperatura de vapor predeterminado como señal de entrada de un diferenciador de primer orden, y, tras un refuerzo adecuado, la salida de este elemento es sustraído de la diferencia de temperatura medida y predeterminada en la salida de la superficie de calentamiento. De este modo, el aumento artificial de la desviación es realizado de forma especialmente sencilla, y a través del diferenciador adicional de primer orden el flujo de masa de inyección, y con ello la potencia adicional liberada, es aumentada considerablemente más rápido a través de la turbina de vapor.

20 Debido al carácter diferencial, es decir, la consideración solo de la modificación temporal del valor nominal, la influencia de una regulación de este tipo sobre el sistema completo disminuye con el correr del tiempo (impulso de desaparición). Esto significa, que el diferenciador ya no posee influencia sobre la desviación de regulación y la temperatura real ajustada a través del valor nominal se alcanza. También en el caso en que el valor nominal de la temperatura de vapor no se modifica (el caso normal con un funcionamiento de carga usual), un diseño de este tipo no tiene influencia sobre el resto de la estructura de regulación. De esta manera, en el funcionamiento de carga normal no se producen diferencias en el comportamiento de regulación de la regulación de temperatura de vapor entre la estructura de regulación, con o sin este diferenciador adicional.

25 En un diseño preferente se determina un parámetro de uno de los valores característicos específicamente para la instalación. Es decir, la altura del refuerzo, los parámetros del diferenciador, etc. deberían ser determinados específicamente con ayuda de la instalación afectada en cada caso individual. Esto puede suceder anticipadamente con ayuda de cálculos de simulación o también durante la puesta en funcionamiento de la regulación.

30 En los generadores de vapor por recuperación de calor usuales en la actualidad también se inyecta en el trayecto de flujo del lado del medio de flujo detrás de las superficies de calentamiento de recalentamiento (inyección final). Sin embargo, la utilización arriba descrita de la inyección dispuesta entre las superficies de calentamiento de recalentamiento (inyección intermedia) tiene un mayor rendimiento energético en el caso de la utilización para la puesta a disposición de una reserva de potencia, ya que aquí solo se puede realizar un aprovechamiento orientado a un objetivo de la energía térmica que se encuentra almacenada en las superficies de calentamiento dispuestas flujo abajo. Sin embargo, condicionado por el sistema demora un buen rato, hasta que la inyección intermedia adicional se hace notar en forma de potencia adicional a la turbina de vapor, ya que primero debe cargar todo el trayecto de recalentamiento flujo abajo de la inyección intermedia, antes de que se pueda notar un flujo de masa de vapor aumentado como consecuencia de la inyección en la entrada de la turbina.

40 Por este motivo es ventajoso, utilizar la inyección final, y con ello también la energía térmica almacenada en la pared del tubo de conducción de vapor del conducto de vapor vivo hacia la turbina de vapor. Debido a que la inyección final se encuentra dispuesta directamente en el ingreso en este conducto de vapor vivo, la reacción se realiza inmediatamente, es decir, que en el caso de una apertura de la válvula de regulación de inyección de la inyección final de manera relativamente rápida existe un mayor flujo de masa de vapor en el ingreso de la turbina y, de este modo, procura un aumento rápido de potencia. Sin embargo, esto solo funciona mientras el acumulador térmico del conducto de vapor vivo para el caso de aplicación antes mencionado no se encuentre aprovechado completamente, pero este acumulador alcanza, como se espera, hasta que la potencia ganada de manera adicional se impone mediante la inyección intermedia. Esto significa, concretamente, que el tiempo de inercia o de reacción de la inyección intermedia puede ser compensada de manera efectiva mediante la inclusión de la inyección final, en vista de la puesta a disposición de la reserva inmediata.

50 A tal fin, también para el aumento breve de potencia de la turbina de vapor se reduce el valor de temperatura nominal, que también aquí es utilizado como magnitud de regulación para la cantidad del medio de flujo M inyectado. En sistemas usuales, sin embargo, esta modificación es conectada con una determinada temporización (de acuerdo a la técnica de regulación, por ejemplo, a través de un elemento PTn). Esta temporización modela al comportamiento temporal del trayecto de recalentamiento entre inyección intermedia y final, es decir, de manera ventajosa es característica para el tiempo de paso del medio de flujo M a través de las superficies de calentamiento de recalentamiento y su comportamiento térmico entre los dos lugares de inyección. En estas circunstancias, se abre primero la válvula de inyección intermedia, ya que este recibe primero la modificación del valor nominal de temperatura. Debido a la cantidad de inyección ingresada, con el comportamiento temporal del trayecto de

recalentamiento se reduce la temperatura antes de la inyección final. De este modo, en el caso más favorable, generalmente la inyección final no se activa, lo que es deseado en ciertas circunstancias en el funcionamiento usual. Pero si debido a las ventajas mencionadas se debe utilizar la inyección final, esta debe activarse inmediatamente luego de la aplicación de la modificación del valor nominal al valor característico asignado. Para ello, ventajosamente, se desactiva la temporización del valor nominal de temperatura durante la determinación del valor característico.

Sin embargo, para esta medida debería estar garantizado, que la inyección final se encuentre optimizada en vista de la calidad de inyección, de manera que se genere una fina niebla de pulverización. De este modo se evita que ingresen grandes gotas de agua en la turbina de vapor y la puedan dañar. En el caso de la correspondiente fina neblina de vaporización todas las gotas de agua ya se encuentran evaporadas cuando alcanzan la turbina de vapor.

Las ventajas logradas con la presente invención consisten especialmente en que mediante la reducción específica del valor nominal de temperatura de vapor, utilizando el procedimiento de regulación por inyección, la energía térmica almacenada en las masas de metal que se encuentran aguas abajo de la inyección puede ser utilizada para un aumento temporal de potencia de la turbina de vapor. Si, en ese caso, se utilizan los procedimientos de regulación descritos adaptados para el caso de una reducción brusca del valor nominal de temperatura de vapor se pueden realizar aumentos de potencia esencialmente más rápidos con ayuda del sistema de inyección.

Además, el procedimiento para la puesta a disposición de un aumento temporal de potencia de la turbina de vapor es independiente de otras medidas, de manera que también pueden abrirse, por ejemplo, adicionalmente válvulas de turbina estranguladas para reforzar aún más el aumento de potencia de la turbina de vapor. En su mayoría, la efectividad del procedimiento no se ve afectada por estas medidas paralelas.

En este caso se debe destacar, que en el caso de una solicitud predeterminada de manera fija de potencia adicional, el grado de estrangulación de las válvulas de turbina puede ser disminuido, si es que se aplica la utilización del sistema de inyección para el aumento de potencia. En estas circunstancias, la liberación de potencia deseada también se puede lograr con un estrangulamiento menor, en el caso más ventajoso incluso sin estrangulamiento adicional. De este modo, en el funcionamiento de carga usual, en el que debe estar disponible para una reserva inmediata, la instalación puede ser operada con un rendimiento en comparación mayor, lo que disminuye también los costos de operación.

Otra ventaja del procedimiento consiste en poder disminuir de manera controlada la temperatura de vapor real mediante el concepto de regulación de temperatura. En estas circunstancias no se sobrepasan temperaturas transitorias máximas admisibles de la turbina de vapor en el caso de un aumento de potencia máximo posible. Justamente en vista de la implementación adicional de la inyección final se puede ajustar de manera muy precisa la temperatura de vapor vivo.

Finalmente, el procedimiento también puede ser realizado sin medidas constructivas invasivas, sino que puede ser aplicado simplemente mediante la implementación de módulos adicionales en el sistema de regulación. De este modo se logran una mayor flexibilidad y aprovechamiento de la instalación, sin costos adicionales.

Un ejemplo de ejecución de la presente invención se explica más detalladamente con ayuda de un dibujo. Aquí muestran:

FIG 1 del lado del medio de flujo y esquemáticamente, la parte de alta presión de un generador de vapor por recuperación de calor con conexión del lado de los datos del sistema de regulación de inyección intermedia para ser utilizado para una liberación inmediata de potencia, y

FIG 2 del lado del medio de flujo y esquemáticamente, la parte de alta presión de un generador de vapor por recuperación de calor con conexión del lado de los datos del sistema de regulación de inyección final para ser utilizado para una liberación inmediata de potencia.

Las piezas iguales tienen el mismo signo de referencia en ambas figuras.

En la FIG 1 se encuentra representado, a modo de ejemplo, la parte de alta presión del generador de vapor por recuperación de calor 1. Naturalmente la presente invención también puede aplicarse en otros escalones de presión para la regulación del recalentamiento intermedio. La FIG 1 representa esquemáticamente una parte del trayecto de flujo 2 del medio de flujo M. De las superficies de calentamiento del economizador, evaporador y recalentador dispuestas generalmente en la parte de alta presión del generador de vapor por recuperación de calor 1 solo se encuentran representadas las últimas superficies de calentamiento de recalentamiento 4. La disposición espacial de cada una de las superficies de calentamiento de recalentamiento 4 en el canal de gas caliente no se encuentra representada y puede variar. Las superficies de calentamiento de recalentamiento 4 representadas pueden estar,

respectivamente, en representación de una multiplicidad de superficies de calentamiento conectadas en serie, que, sin embargo, no se encuentran representadas de manera diferenciada para una mayor claridad.

5 El medio de flujo M es transportado delante del ingreso a la parte de una bomba de alimentación representada en la FIG 1 y bajo la correspondiente al trayecto de flujo de alta presión 2 del generador de vapor por recuperación de calor 1. En ese caso, el medio de flujo M atraviesa primero el economizador, que puede comprender una multiplicidad de superficies de calentamiento. Generalmente, el economizador se encuentra dispuesto en la parte más fría del canal de gas caliente, para alcanzar allí una utilización de calor residual para aumentar el rendimiento. A continuación el medio de flujo M atraviesa las superficies de calentamiento del evaporador y de un primer recalentador. Entre evaporador y recalentador puede estar dispuesto, en este caso, un dispositivo de separación que elimine la humedad restante del medio de flujo M, de manera que al recalentador solo llegue vapor puro.

15 Después de una primera superficie de calentamiento de recalentamiento, no representada, se encuentra dispuesta, del lado del medio de flujo, una válvula de inyección intermedia 6, otra válvula de inyección final 8 se encuentra dispuesta después de la última superficie de calentamiento de recalentamiento 4. Aquí se puede inyectar medio de flujo M más refrigerado y no evaporado para la regulación de la temperatura de salida en la salida 10 de la parte de alta presión del generador de vapor por recuperación de calor 1. La cantidad de medio de flujo M introducida en la válvula de inyección intermedia 6 es regulada mediante una válvula de regulación de inyección 12. En este caso, el medio de flujo M es conducido a través de una tubería de retorno 14 que se desvía antes del trayecto de flujo 2. Además, en el trayecto de flujo 2 se encuentran previstos múltiples dispositivos de medición para la regulación de la inyección, más precisamente un dispositivo de medición de temperatura 16 antes de la válvula de inyección intermedia 6, un dispositivo de medición de temperatura 18 y un dispositivo de medición de presión 20 luego de la válvula de inyección intermedia 6 y antes de las superficies de calentamiento de recalentamiento 4, así como un dispositivo de medición de temperatura 22 luego de las superficies de calentamiento de recalentamiento 4.

25 Las demás piezas de la FIG 1 muestran el sistema de regulación 24 para la inyección intermedia. Primero se ajusta un valor nominal de temperatura en un indicador de valor nominal 26. Este valor nominal de temperatura se encuentra conectado junto con el del dispositivo de medición de temperatura 22 después de las superficies de calentamiento de recalentamiento 4 en un sustractor 28, con lo que la desviación de la temperatura en la salida de las superficies de calentamiento de recalentamiento 4 es formada por el valor nominal. Esta desviación es corregida en un sumador 30, en donde la corrección modela la demora temporal de una modificación de temperatura durante el paso a través de las superficies de calentamiento de recalentamiento 4. Para ello, la temperatura en la entrada de las superficies de calentamiento de recalentamiento 4 del dispositivo de medición de temperatura 18 es conectado a un elemento PTn 32 que retarda el tiempo. La señal que resulta es conectada junto con el valor del dispositivo de medición de temperatura 18 a un sustractor 34, cuyo resultado es conducido al sumador 30. En consecuencia, luego de una modificación de la temperatura en el dispositivo de medición de temperatura 18, el sustractor 34 solo suministra por un determinado tiempo un valor distinto a cero, que corrige la desviación existente en el sumador 30.

35 La señal existente en el sumador 30 es conectada junto con otras señales a un elemento mínimo 36, que considera otros parámetros: por un lado, la temperatura detrás de la inyección intermedia debe tener una cierta distancia con la temperatura de ebullición dependiente de la presión. Para ello, la presión medida en el dispositivo de medición de presión 20 se encuentra conectada a un elemento funcional 38, que emite la temperatura de ebullición correspondiente a esta presión del medio de flujo M. En un sumador 40 se suma una constante predeterminada de un indicador 42, que puede ascender, por ejemplo, a 30 °C y que garantiza una distancia de seguridad respecto de la línea de ebullición. La temperatura mínima determinada de este modo es conectada, junto con la temperatura determinada realmente en el dispositivo de medición de temperatura 18, a un sustractor 44, y la desviación determinada de esta manera en entregada al elemento mínimo 36. En la FIG 1, por cuestiones de claridad, no se han representado algunas conexiones, sino que se han indicado mediante correspondientes signos de unión <A>, , <C>.

45 Además, después de la inyección debe estar garantizada una cierta entalpía del medio de flujo M, que por cuestiones de funcionamiento no debería quedar por debajo. Para ello, a un módulo de entalpía 46 preconnectado al elemento mínimo 36 se encuentran conectados las señales del dispositivo de medición de presión 20, así como las de los dispositivos de medición de temperatura 16, 18, delante y después de la inyección intermedia. El módulo de entalpía 46 calcula, sobre la base de estos parámetros, a su vez, una diferencia de temperatura correspondiente, que es conectada como señal de entrada al elemento mínimo 36 siguiente. La señal determinada en el elemento mínimo 36 es conectada a un elemento de regulación proporcional-integral 48 para el control de la válvula de regulación de inyección 12.

55 Para poder utilizar el sistema de inyección no solo para la regulación de la temperatura de salida, sino también para la puesta a disposición de una reserva inmediata de potencia, este comprende medios correspondientes para ejecutar el procedimiento de la regulación de un aumento de potencia breve de una turbina de vapor. Para ello, primero se reduce el valor nominal de temperatura en el indicador de valor nominal 26, lo que tiene como consecuencia un aumento de la cantidad de inyección intermedia. Para que esto produzca directamente un aumento

de potencia, debería estar garantizada una respuesta de regulación rápida del elemento de regulación proporcional-integral 48. La desviación causada de la temperatura real respecto del valor nominal de temperatura, sin embargo, es suavizado por el elemento PTn 32 poco después de la modificación.

5 Para evitar esto en el caso de que se desee un rápido aumento de potencia, la señal del indicador de valor nominal 26 para el valor nominal de temperatura se encuentra conectado a un diferenciador de primer orden (DT1). Para ello, un elemento PT1 50 es cargado del lado de la entrada con la señal del indicador de valor nominal 26, y del lado de salida se encuentra conectado, junto con la señal original del indicador de valor nominal 26, con un sustractor 52, cuya salida se encuentra conectada con un multiplicador 54 que refuerza la señal en un factor determinado, por ejemplo 5, de un indicador 56. Esta señal es suministrada, a su vez, mediante un sustractor 58, a la señal para el sumador 30. En el caso de una modificación del valor nominal, la conexión a través del elemento PT1 50 genera una señal distinta a cero, que es reforzada por el multiplicador 54 y refuerza artificial y sobreproporcionalmente el valor característico de la desviación. Entonces, la señal a través del bucle con el elemento PTn 32 es, en comparación, menor, y se fuerza una respuesta del regulador más rápida del elemento regulador proporcional-integral 48. De este modo se logra rápidamente un aumento de la cantidad de vapor y se aumenta la potencia de la turbina de vapor postconectada.

10 La FIG 2 muestra las partes del sistema de regulación 24 que corresponden a la inyección final. Aquí, en el trayecto de flujo 2 después de la válvula de inyección final 8 hay otro dispositivo de medición de temperatura 60. Aquí también se utiliza el valor nominal de temperatura del indicador de valor nominal 26 como magnitud de regulación. Esta señal es suministrada a un elemento PTn 62, que de manera análoga al elemento PTn 32 modela la temporización mediante las superficies de calentamiento de recalentamiento 4. Esta señal de salida es suministrada junto con la señal del indicador de valor nominal 26 al elemento máximo 64, cuya señal de salida es suministrada junto con la señal del dispositivo de medición de temperatura 60 a un sustractor 66. La desviación allí determinada es suministrada a un elemento de regulación proporcional-integral 68, que regula la válvula de regulación de inyección 70 de la inyección final.

25 Para el caso de una modificación de del valor nominal de temperatura mediante el indicador de valor nominal 26, el elemento PTn 62 en combinación con el elemento máximo 64 retarda aquí la respuesta del regulador del elemento de regulación proporcional-integral 68. Para impedir esto en el caso de que se desee una inyección final rápida, la temporización, es decir el elemento PTn 62, se desactiva temporalmente en este caso. De este modo se acelera correspondientemente la respuesta del regulador y es posible una rápida liberación de potencia.

30 Un generador de vapor por recuperación de calor 1 regulado de esta manera se utiliza ahora en una central eléctrica de turbina de gas y vapor. Aquí los gases de escape calientes de una o múltiples turbinas de gas son conducidos, del lado del gas de combustión, a través del generador de vapor por recuperación de calor 1, que de este modo pone a disposición vapor para una turbina de vapor. En este caso la turbina de vapor comprende múltiples escalones de presión, es decir, el vapor calentado por la parte de alta presión del generador de vapor por recuperación de calor 1 y reducido en el primer escalón (escalón de alta presión) de la turbina de vapor es conducido a un escalón de media presión del generador de vapor por recuperación de calor 1 y allí recalentados nuevamente, sin embargo en un nivel de presión menor. Como ya se ha mencionado, el ejemplo de ejecución muestra la parte de alta presión del generador de vapor por recuperación de calor 1 para explicar la invención, pero sin embargo esta puede utilizarse en otros escalones de presión.

40 Una central eléctrica de turbina de gas y vapor equipada con un generador de vapor por recuperación de calor de esta clase puede generar rápidamente un aumento de potencia, no solo un aumento breve de potencia de la turbina de gas, que se encuentra limitada por la velocidad máxima de modificación de carga, sino también a través de una liberación inmediata de potencia de la turbina de vapor, y ese aumento de potencia sirve para apoyar la frecuencia de la red de interconexión de corriente.

45 Como esta reserva de potencia se logra a través de un doble uso de las válvulas de inyección, además de la regulación usual de temperatura, también se puede disminuir o suprimir complemente una estrangulación permanente de las válvulas de turbinas de vapor para la puesta a disposición de la reserva, con lo que se logra un rendimiento especialmente alto durante el funcionamiento normal.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la regulación de un aumento breve de potencia de una turbina de vapor con un generador de vapor por recuperación de calor preconectado (1), con una cantidad de superficies de calentamiento de economizador, evaporador y recalentamiento (4) que conforman un trayecto de flujo (2), atravesado por un medio de flujo (M) y en las que en un escalón de presión medio de flujo (M) se desvía del trayecto de flujo (2) y del lado del medio de flujo es inyectado en el trayecto de flujo entre dos superficies de calentamiento de recalentamiento (4) del respectivo escalón de presión, en donde para la desviación de la temperatura de salida de la última superficie de calentamiento de recalentamiento del respectivo nivel de presión de un valor nominal de temperatura se utiliza, como magnitud de regulación para la cantidad del medio de flujo (M) inyectado, un primer valor característico, en donde para el breve aumento de potencia de la turbina de vapor se reduce el valor nominal de temperatura y se aumenta temporalmente y de forma sobreproporcional respecto de la desviación el valor característico por el periodo de la reducción del valor nominal de temperatura.
- 10
- 15 2. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, en el que, adicionalmente, la temperatura inmediatamente siguiente al lugar de inyección del medio de flujo (M) se utiliza como magnitud de regulación para la cantidad del medio de flujo (M) inyectado.
3. Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer valor característico es formado por la suma de la desviación y un segundo valor característico, característico para la modificación temporal del valor nominal de temperatura.
- 20 4. Procedimiento conforme a la reivindicación 3, en el que el segundo valor característico es, esencialmente, la modificación temporal del valor nominal de temperatura multiplicado por un coeficiente de amplificación.
5. Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en el que un parámetro de uno de los valores característicos se determina específicamente para la instalación.
- 25 6. Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en el que en el generador de vapor por recuperación de calor (1) se inyecta medio de flujo (M), del lado del medio de flujo y detrás de las superficies de calentamiento de recalentamiento (4), en el trayecto de flujo (2), en donde el primer valor característico es utilizado como magnitud de regulación para la cantidad del medio de flujo (M) inyectado, en donde para el aumento breve de potencia de la turbina de vapor se reduce el valor nominal de temperatura y se desactiva una temporización del valor nominal de temperatura durante la determinación del primer valor característico.
- 30 7. Procedimiento conforme a la reivindicación 6, en el que la temporización es característica para el tiempo de paso del medio de flujo (M) a través de las superficies de calentamiento de recalentamiento (4) entre ambos lugares de inyección y/o su comportamiento térmico.

FIG 2

