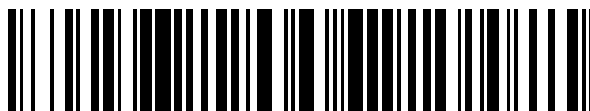


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 628**

51 Int. Cl.:

**F01K 23/10** (2006.01)

**F02C 6/18** (2006.01)

**F22B 1/18** (2006.01)

**F22B 29/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.08.2014 PCT/EP2014/067830**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2015 WO15039831**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.08.2014 E 14761966 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 3017152**

54 Título: **Central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor con un generador de vapor de recuperación de calor y un precalentamiento de combustible**

30 Prioridad:

**19.09.2013 DE 102013218809**

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

**25.05.2020**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**BRÜCKNER, JAN y  
THOMAS, FRANK**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 762 628 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**

Central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor con un generador de vapor de recuperación de calor y un precalentamiento de combustible

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para el funcionamiento de una central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor según la reivindicación 1.

10 Las centrales eléctricas de ciclo combinado de gas y vapor son instalaciones en donde se combinan los principios de una central eléctrica de turbina de gas y de una central eléctrica de turbina de vapor. En el generador de vapor de recuperación de calor, el gas de combustión caliente que sale desde la turbina de gas se utiliza para generar vapor para la turbina de vapor. La transferencia térmica tiene lugar mediante una cantidad de superficies de calentamiento que están dispuestas en el generador de vapor de recuperación de calor, en forma de tubos o de haces de tubos. A su vez, los mismos están conectados en el circuito de agua - vapor de la turbina de vapor, que comprende al menos una etapa de presión. Cada etapa de presión, como superficies de calentamiento, presenta habitualmente un precalentador o economizador, un evaporador, así como un sobrecalentador. Los generadores de vapor de recuperación de calor se conocen por ejemplo por las solicitudes WO 99/01697 A1, DE 195 12 466 C1 y EP 0 931 911 A2.

15 El diseño del generador de vapor de recuperación de calor en la actualidad se orienta según aspectos económicos, mayormente de forma estricta. En particular la selección de los parámetros del proceso presión y temperatura para el vapor generado por el generador de vapor de recuperación de calor y la cantidad de las superficies de calentamiento en el generador de vapor de recuperación de calor son decisivas en la actualidad y dependen tanto de la temperatura de salida de la turbina de gas, como también de las condiciones de contorno para el funcionamiento de la central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor. Una medida para la calidad de la producción de vapor en cada punto del generador de vapor de recuperación de calor es la diferencia de temperatura entre el gas de combustión y el vapor en ese punto.

20 En el marco de exigencias cada vez más elevadas en cuanto a la rentabilidad de las centrales eléctricas de ciclo combinado de gas y vapor, en el pasado ya se realizaron muchas veces esfuerzos por introducir también generadores de vapor de recuperación de calor con parámetros del proceso supercríticos, de forma análoga a los generadores de vapor calentados. Puesto que se trata aquí de un rango de presión por encima del campo de dos fases, en particular ya no pueden utilizarse los sistemas de circulación naturales con sus tambores correspondientes para la separación de la mezcla, puesto que no existe una mezcla de fase de agua y fase de vapor con densidades diferentes. En este caso se aplica entonces el principio de circulación forzada, es decir que una bomba de alta presión, en el circuito de agua - vapor, de manera controlada, transporta precisamente tanta cantidad de agua - como también agua de alimentación - hacia el generador de vapor de recuperación de calor, de manera que en su salida, en coincidencia con el suministro de calor predeterminado del lado del gas, resulta la cantidad correspondiente de vapor - denominado también como vapor vivo - con los parámetros de vapor supercríticos requeridos. Un generador de vapor de recuperación de calor que funciona según el principio de circulación forzada, con al menos una etapa de presión, se conoce por ejemplo por la solicitud WO 99/01697 A1.

25 Puesto que un generador de vapor de recuperación de calor diseñado según el principio de circulación forzada puede prescindir de tambores de gran volumen, los que para dominar la presión del sistema, conforme a la resistencia, requieren paredes gruesas, el mismo se caracteriza por un tiempo de arranque rápido. Una variable crítica en el diseño de un generador de vapor de recuperación de calor de esa clase, sin embargo, al igual que en el pasado, representa el paso por las superficies de calentamiento del evaporador, sobre toda el área de carga de la central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor.

30 Para aumentar el grado de efectividad térmico, las centrales eléctricas de ciclo combinado de gas y vapor conocidas en la actualidad presentan habitualmente un precalentamiento de combustible. De este modo, en la salida del precalentador de la etapa de presión media del generador de vapor de recuperación de calor, desde el circuito de vapor - agua, se extraen partes del agua de alimentación calentada en el precalentador, de forma controlada, con una temperatura de aproximadamente 220°C- 240°C, y se suministran a un circuito de intercambiador de calor para el precalentamiento de combustible. Un modo de operativa de presión adecuado de la etapa de presión media garantiza además una temperatura, suficiente sobre toda el área de carga, del medio que circula en el circuito de agua - vapor, en ese punto de extracción.

35 Los estudios más recientes en generadores de vapor de recuperación de calor diseñados según el principio de circulación forzada han mostrado que un paso por el evaporador de la etapa de presión media puede alcanzarse también en el caso de las presiones reducidas que predominan allí, cuando el precalentador y el evaporador son provistos de tubos en un paso, es decir, sin una compensación de presión adicional, y en el área de precalentamiento de esa superficie de calentamiento combinada se genera una pérdida de presión elevada de modo correspondiente. Esto puede asegurarse debido a que los tubos de esa superficie de calentamiento, en el área de

5 entrada, en la cual en toda el área de carga circula exclusivamente agua subenfriada, se realizan con diámetros  
internos reducidos, de manera que pueden alcanzarse las pérdidas de presión - pérdidas por estrangulación  
requeridas para el paso estable por el evaporador de presión media. Para ello, sin embargo, debe prescindirse de  
los colectores de salida en la salida del precalentador, así como del distribuidor de entrada en la siguiente entrada  
10 del evaporador. Con ello, sin embargo, se suprime la línea de descarga proporcionada en este punto para ello, para  
descargar agua calentada para el precalentamiento de combustible. En las centrales eléctricas de ciclo combinado  
de gas y vapor actuales, por motivos técnicos relativos al funcionamiento de toda la instalación, no se considera  
deseable el hecho de prescindir de ese precalentamiento de combustible. Un traslado de la línea de descarga para  
15 la desviación parcial del agua de alimentación precalentada hacia un circuito de intercambiador de calor del  
precalentamiento de combustible, desde la salida del precalentador de la etapa de presión media, hacia la salida del  
precalentador de la etapa de alta presión, tendría como consecuencia el hecho de que los componentes del circuito  
de intercambiador de calor deberían diseñarse y protegerse para presiones esencialmente más elevadas, lo cual a  
su vez implicaría un aumento esencial de los costes. Se excluye un alejamiento a la etapa de baja presión, ya que  
en la etapa de baja presión no pueden proporcionarse las cantidades de calor y las temperaturas requeridas para el  
precalentamiento de combustible.

20 Por lo tanto, el objeto de la presente invención consiste en proporcionar una conexión en circuito de un generador de  
vapor de recuperación de calor con un precalentamiento de combustible en una central eléctrica de ciclo combinado  
de gas y vapor y un procedimiento correspondiente para el funcionamiento de una central eléctrica de ciclo  
combinado de gas y vapor de esa clase, el cual sea adecuado para un generador de vapor de recuperación de calor  
diseñado según el principio de circulación forzada.

Dicho objeto se soluciona con un procedimiento para el funcionamiento de una central eléctrica de ciclo combinado  
de gas y vapor según la reivindicación 1.

25 Debido a que en una central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor, con un generador de vapor de  
recuperación de calor que presenta una pluralidad de superficies de calentamiento dispuestas en el canal de gas de  
escape de la turbina de gas y conectadas unas con otras, para conformar un sistema de presión de tres etapas  
formado por una etapa de baja presión, una etapa de presión media y una etapa de alta presión para el circuito de  
agua - vapor de la turbina de vapor, y cada una de las etapas de presión presenta respectivamente al menos una  
30 superficie de calentamiento para el precalentamiento, la evaporación y el sobrecalentamiento, un separador de agua  
- vapor dispuesto entre la salida de la superficie de calentamiento del evaporador y la entrada de la superficie de  
calentamiento del sobrecalentador de la etapa de presión media, en el cual puede separarse del vapor el agua  
excedente, está provisto de una línea de descarga para descargar el agua excedente y esa línea de descarga está  
conectada a un circuito de intercambiador de calor para el precalentamiento de combustible para la turbina de gas,  
de manera que una cantidad de agua excedente separada en el separador de agua - vapor se introduce en el  
35 circuito de intercambiador de calor, y en el funcionamiento de carga de la central eléctrica de ciclo combinado de  
gas y vapor, un flujo másico de agua suministrado al generador de vapor de recuperación de calor se regula  
de manera que la superficie del evaporador de la etapa de presión media está sobrealimentada y de ese modo una  
cantidad definida de agua calentada en la superficie de calentamiento del evaporador, pero no evaporada, en  
exceso, se descarga mediante el separador de agua - vapor en un circuito de intercambiador de calor para el  
40 precalentamiento de combustible, para la turbina de gas, también en el caso de una conexión en circuito de esa  
clase puede alcanzarse un paso estable por las superficies de calentamiento del evaporador de la etapa de presión  
media, sobre toda el área de carga, tanto desde puntos de vista estáticos, como también dinámicos.

45 Una central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor de esa clase, diseñada según la invención, puede funcionar  
de forma efectiva tanto en cuanto al punto de vista técnico, relativo al funcionamiento, de toda la instalación, como  
también considerando aspectos económicos. De este modo, mediante la conexión en circuito según la invención y  
mediante el procedimiento según la invención pueden aprovecharse de modo efectivo tanto las ventajas de un  
generador de vapor de recuperación de calor que trabaja según el principio de circulación forzada, como también las  
ventajas de un precalentamiento de combustible. De este modo, por ejemplo, puede suprimirse el tambor que sería  
necesario para evaporadores que trabajan según el principio de circulación natural. La sobrealimentación requerida  
50 para el precalentamiento de combustible, de manera adicional, se encarga de una estabilización adicional del  
evaporador, ya que la densidad del flujo másico aumenta tanto en el evaporador, como también en particular en la  
superficie de calentamiento del economizador, la cual produce la pérdida de presión requerida para estabilizar la  
circulación. De este modo, puede ampliarse el rango de carga admisible de la etapa de presión media, lo cual  
contribuye a un aumento de toda la flexibilidad de la instalación o, sin embargo, con el mismo rango de carga  
requerido, puede reducirse el diámetro interno de los tubos de la superficie de calentamiento del economizador de  
55 presión media, requerido para producir la pérdida de presión, de lo cual resulta un ahorro de material y, con ello, de  
los costes. De manera adicional, condicionado por el sistema, en el caso de un funcionamiento de esa clase, no  
debe contarse además con situaciones críticas de temperatura de los tubos contiguos de la superficie de  
calentamiento y con tensiones resultantes de ello en la superficie de calentamiento del evaporador, puesto que todos  
los tubos del evaporador se encuentran en el mismo nivel de temperatura de ebullición.

Mediante la sobrealimentación según la invención del evaporador de la etapa de presión media, en el separador de agua - vapor conectado aguas abajo se encuentra presente agua de forma continua. En el separador de agua - vapor, el agua excedente se separa del vapor. El vapor continúa circulando hacia el sobrecalentador de la etapa de presión media, mientras que el agua calentada separada se suministra ahora al precalentador de combustible. De este modo, en el funcionamiento de carga de la central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor, el evaporador debe sobrealimentarse mediante una regulación correspondiente del flujo másico, suministrado al generador de vapor de recuperación de calor, del agua de alimentación, de manera que el agua separada es suficiente para el precalentamiento de combustible. El flujo del evaporador que debe regularse, de este modo, entre otras cosas, se orienta según la cantidad de calor requerida por el precalentador de combustible.

Para el caso de que no se necesite ningún precalentamiento de combustible, por ejemplo en el funcionamiento con aceite, mediante una regulación correspondiente del flujo másico del agua de alimentación, en cambio, el evaporador de la etapa de presión media puede funcionar con un sobrecalentamiento mínimo en la salida del evaporador, de por ejemplo 10-15K, de modo que no se encuentra presente agua adicional en el separador de agua - vapor, la cual eventualmente debería descargarse como agua residual. En las etapas de presión media con una bomba de recirculación integrada de manera adicional en la línea de descarga del separador de agua - vapor, en cambio, en el funcionamiento con aceite, igualmente con un evaporador de presión media sobrealimentado, el agua residual separada en el separador de agua - vapor podría reconducirse de forma adecuada a la entrada del precalentador de condensado, lo cual reduciría la cantidad de recirculación, de la recirculación de condensado y, en esas condiciones, eventualmente podría utilizarse una bomba de recirculación de condensado más reducida (en el funcionamiento con aceite, condicionado por el sistema, la recirculación de condensado es mayor). Con ello, también en el caso de estos antecedentes serían posibles otros potenciales de ahorro de costes, así como se reduciría la inversión económica adicional para la bomba de recirculación de presión media.

En principio, de este modo, con el procedimiento según la invención puede reaccionarse de forma flexible a diferentes estados de funcionamiento de la central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor.

La invención se explica ahora a modo de ejemplo mediante las siguientes figuras. Muestran:

Figura 1: de manera esquemática, una estructura conocida de un generador de vapor de recuperación de calor,

Figura 2: de manera esquemática, un esquema de conexiones según la invención de un generador de vapor de recuperación de calor.

El generador de vapor de recuperación de calor 1 representado, en un modo de construcción vertical, es atravesado por gas de combustión caliente RG, desde la turbina de gas. El gas de combustión RG enfriado abandona el generador de vapor de recuperación de calor 1 en la dirección de una chimenea no representada en detalle. En el generador de vapor de recuperación de calor, el gas de combustión caliente se utiliza para generar vapor para la turbina de vapor. La transferencia térmica tiene lugar mediante una cantidad de superficies de calentamiento que están dispuestas en el generador de vapor de recuperación de calor, en forma de tubos o de haces de tubos. A su vez, los mismos están conectados en el circuito de agua - vapor de la turbina de vapor, que comprende al menos una etapa de presión. Las superficies de calentamiento mostradas aquí en el generador de vapor de recuperación de calor forman un sistema de presión de tres etapas, formado por la etapa de alta presión, la etapa de presión media y la etapa de baja presión. Cada una de las etapas de presión, de este modo, presenta superficies de calentamiento que actúan como precalentador o economizador, evaporador, así como sobrecalentador, en las cuales, de manera gradual se calienta agua de alimentación proveniente de un circuito de agua - vapor de la turbina de vapor, no representada en detalle, de la central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor, se evapora, y ese vapor se suministra entonces a la turbina de vapor. De manera adicional, el generador de vapor de recuperación de calor representado aquí presenta además un precalentador de condensado 2.

De este modo, en la etapa de presión media, al precalentador 4 se suministra de forma controlada agua de alimentación, mediante una línea de agua de alimentación SM. Del lado de la salida, los tubos del precalentador 4 desembocan en un colector de salida 12 en común, el cual está conectado con un distribuidor de entrada 13 del evaporador 6 conectado aguas abajo del precalentador 4, del lado de circulación. Del lado de la salida, los tubos de la superficie de calentamiento del evaporador 6, mediante una línea de vapor, desembocan en un separador de agua - vapor 11. La conexión de la línea de vapor está proporcionada en el extremo superior, del lado de vapor, del separador de agua - vapor 11, al cual está conectada otra línea de vapor. Esa línea de vapor desemboca en las superficies de calentamiento del sobrecalentador 8. En este ejemplo, entre la salida del sobrecalentador 8 y la línea de vapor principal DM, está proporcionada además una superficie de calentamiento del sobrecalentador intermedio 10. El separador de agua - vapor 11, en su extremo de la base, del lado del agua, presenta una línea de descarga para descargar el agua excedente. Las superficies de calentamiento 4, 6, 8 y 10 de la etapa de presión media del generador de vapor de recuperación de calor 1, mediante la línea de agua de alimentación SM y la línea de vapor principal DM, de un modo no representado en detalle, están conectadas en el circuito de agua - vapor de la turbina

de vapor. De manera correspondiente, las superficies de calentamiento de la etapa de baja presión y de la etapa de alta presión están conectadas en circuito. En la etapa de baja presión, agua de alimentación circula aquí desde una línea de agua de alimentación SN, directamente hacia un evaporador 3 y, a continuación hacia un sobrecalentador 5, antes de que abandone el generador de vapor de recuperación de calor 1 como vapor de baja presión y sea suministrado a la línea de vapor principal de baja presión DN. En la etapa de alta presión, agua de alimentación circula desde una línea de agua de alimentación SH hacia el precalentador 4, desde allí hacia otro economizador 7, desde allí hacia el evaporador 9 y, mediante el sobrecalentador 10, como vapor de alta presión, retorna a la línea de vapor principal de alta presión DH del circuito de agua - vapor de la turbina de vapor. En cuanto a la construcción, en la presente realización, los primeros tubos de la superficie de calentamiento del economizador de la etapa de alta presión y los tubos de la superficie de calentamiento del economizador de la etapa de presión media se reúnen formando una superficie de calentamiento 4 en común, y además los tubos de la superficie de calentamiento del sobrecalentador, de la etapa de alta presión, con los tubos de la superficie de calentamiento de una etapa del sobrecalentador intermedio de la etapa de presión media, se reúnen formando una superficie de calentamiento 10 en común.

En la figura 2 está representada ahora una forma de ejecución de la conexión en circuito según la invención, de las superficies de calentamiento de la etapa de presión media, para un generador de vapor de recuperación de calor 1 que trabaja según el principio de circulación forzada. La conexión en circuito de las superficies de calentamiento de la etapa de baja presión y la etapa de alta presión se mantiene invariable. Para la etapa de presión media se suprimen tanto el colector de salida separado en la salida de la superficie de calentamiento del economizador de presión media 4, como también el colector de entrada separado de la superficie de calentamiento del evaporador 6 de presión media. En esas condiciones, los tubos de la superficie de calentamiento del economizador de presión media 4, sin una separación física, se convierten directamente en la superficie de calentamiento del evaporador 6 de presión media. Esa clase de conexión en circuito del economizador de presión media y del evaporador de presión media ofrece ventajas esenciales para garantizar tanto la estabilidad de circulación estática, como también la dinámica, del evaporador, ya que la pérdida de presión del medio de entrada subenfriado, requerida para producir la estabilidad del evaporador, puede generarse sin desventajas significativas en la superficie de calentamiento del economizador 4 de presión media, mediante medidas adecuadas. Considerando esta clase de conexión en circuito, de este modo, en la etapa de presión media, la línea de descarga para descargar agua calentada en un circuito de intercambiador de calor para precalentar combustible para la turbina de gas, no se proporciona como se muestra en la figura 1, entre 12 y 13, sino en el separador de agua - vapor 11. Según la invención, de este modo, en el funcionamiento de carga de la central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor, puede regularse un flujo másico de agua suministrado al generador de vapor de recuperación de vapor, de manera que la superficie de calentamiento del evaporador 6 de la etapa de presión media está sobrealimentado y, de este modo, una cantidad definida de agua calentada en la superficie de calentamiento del evaporador 6, pero no evaporada, en exceso, mediante el separador de agua - vapor 11 y la línea de descarga, se descarga en un circuito de intercambiador de calor, para el precalentamiento de combustible para la turbina de gas. En el presente ejemplo de ejecución, para el caso de que se requieran condiciones de presión en el circuito de intercambiador de calor para el precalentamiento de combustible, en la línea de descarga 15, está dispuesta una bomba de recirculación 14 para un respaldo. Debido a que en esas condiciones, para la etapa de presión media, puede emplearse una conexión en circuito del evaporador, la cual no presenta una separación física, como por ejemplo mediante colectores o distribuidores adicionales, entre la superficie de calentamiento del economizador y la superficie de calentamiento del evaporador y, con ello, contiene el economizador, el medio de circulación, en toda el área de carga, posee siempre un subenfriamiento suficiente en la entrada de la superficie de calentamiento. Una conexión de economizador - derivación puede igualmente suprimirse en estas condiciones, lo cual implica otro potencial de ahorro de los costes.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el funcionamiento de una central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor, con un generador de vapor de recuperación de calor (1) diseñado según el principio de circulación forzada, el cual presenta una pluralidad de superficies de calentamiento (2-10) dispuestas en el canal de gas de escape de la turbina de gas y conectadas unas con otras, para conformar un sistema de presión de tres etapas formado por una etapa de baja presión, una etapa de presión media y una etapa de alta presión para el circuito de agua - vapor de la turbina de vapor, donde cada una de las etapas de presión presenta respectivamente al menos una superficie de calentamiento para el precalentamiento, la evaporación y el sobrecalentamiento, y donde un separador de agua - vapor (11) dispuesto entre la salida de la superficie de calentamiento del evaporador (6) y la entrada de la superficie de calentamiento del sobrecalentador (8) de la etapa de presión media, en el cual puede separarse del vapor el agua excedente, está provisto de una línea de descarga (15) para descargar el agua excedente, y donde la línea de descarga (15) está conectada a un circuito de intercambiador de calor para el precalentamiento de combustible, para la turbina de gas caracterizado porque en el funcionamiento de carga de la central eléctrica de ciclo combinado de gas y vapor, un flujo másico de agua suministrado al generador de vapor de recuperación de calor se regula de manera que la superficie del evaporador (6) de la etapa de presión media, su superficie de calentamiento del precalentador y la superficie de calentamiento del evaporador, en un paso y sin colectores de salida separados en la salida de la superficie de calentamiento del precalentador (4), como también sin colectores de entrada separados de la superficie de calentamiento del evaporador (6), están provistas de tubos, y está sobrealimentada y de ese modo una cantidad definida de agua calentada en la superficie de calentamiento del evaporador (6), pero no evaporada, excedente, se descarga mediante el separador de agua - vapor (11) en un circuito de intercambiador de calor para el precalentamiento de combustible, para la turbina de gas.

FIG 1

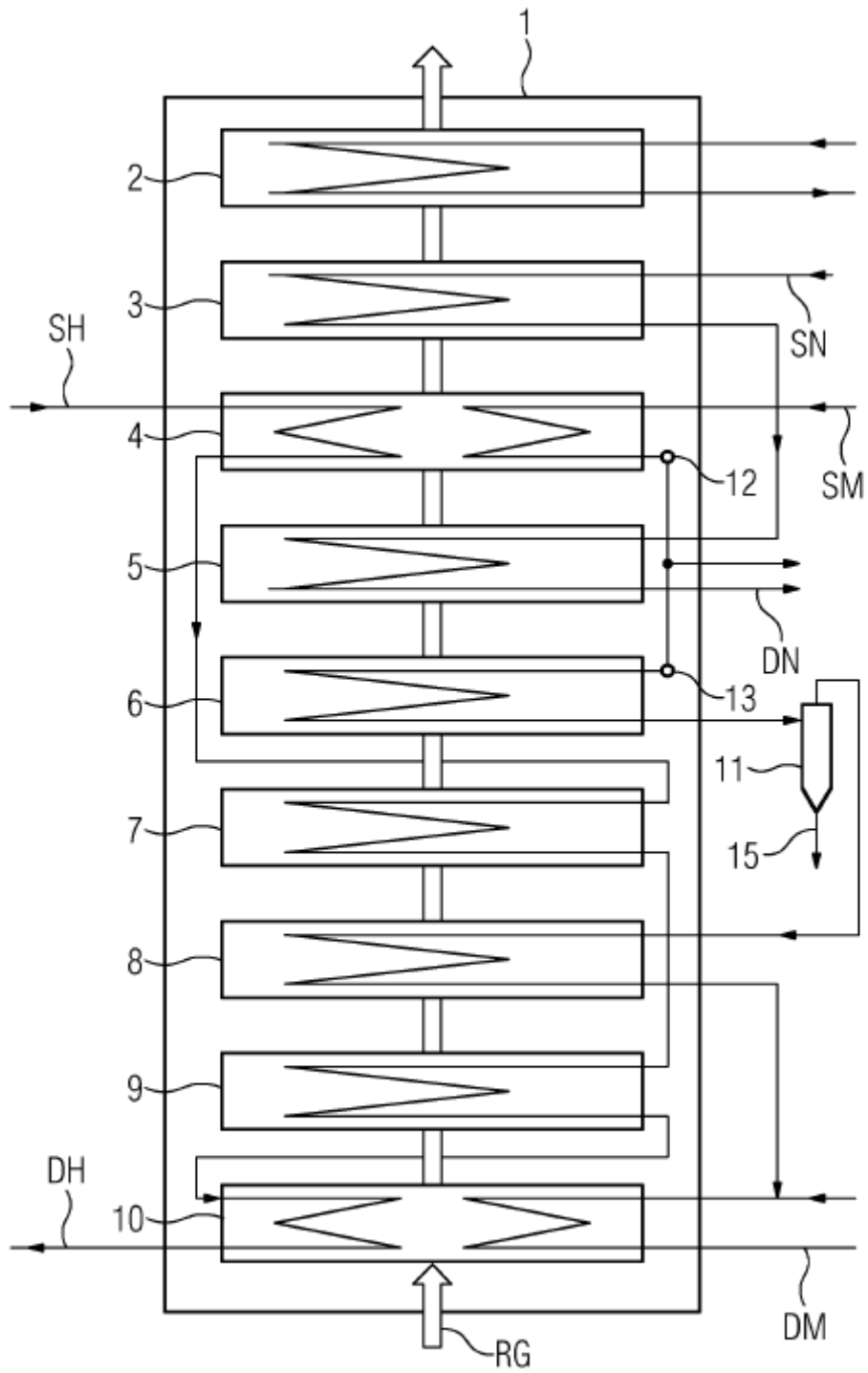


FIG 2

