

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 959**

51 Int. Cl.:

H02K 7/18 (2006.01)

F01K 7/22 (2006.01)

F01K 7/40 (2006.01)

F01K 23/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.11.2011** **PCT/US2011/061899**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.06.2012** **WO12074847**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.11.2011** **E 11830100 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017** **EP 2499725**

54 Título: **Proceso de biomasa híbrida con un ciclo de recalentamiento**

30 Prioridad:

01.12.2010 US 957719

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.10.2017

73 Titular/es:

**EIF NTE HYBRID INTELLECTUAL PROPERTY
HOLDING COMPANY, LLC (100.0%)
Three Charles River Place 63 Kendrick Street
Suite 101
Needham, MA 02494, US**

72 Inventor/es:

**SHORTLIDGE, SETH y
CAHILL, GREGORY, J.**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 636 959 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

Proceso de biomasa híbrida con un ciclo de recalentamiento.

5 Campo

La invención se relaciona en general a métodos y sistemas para la generación de potencia eléctrica mediante la combinación de un sistema de combustión de biomasa y un sistema de energía convencional, tales como gas natural u otros sistemas de combustión de combustibles fósiles. Más específicamente, la invención se dirige a métodos y sistemas para la combinación de producciones de vapor a partir de un ciclo de combustión de biomasa con la producción de vapor de una central eléctrica a partir de un ciclo combinado a gas natural u otra central eléctrica alimentada con combustible fósil, para generar potencia eléctrica.

15 Antecedentes

El uso de biomasa como un medio para generar potencia eléctrica se ha establecido bien en la industria de la pulpa y el papel. La biomasa se ha usado también de modo autónomo en instalaciones para la generación de potencia. Uno de los inconvenientes en la tecnología para la generación de potencia que usa biomasa como combustible, basado en la generación de vapor, es la baja eficiencia inherente de su ciclo de generación de potencia, en relación con una planta eléctrica alimentada con gas natural u otro combustible fósil. De este nivel más bajo de eficiencia en la generación de potencia que usa fuentes de combustible de biomasa se derivan dos deficiencias principales. Primero, el contenido de humedad del combustible de biomasa se encuentra normalmente por encima del 40%, lo cual disminuye la eficiencia de combustión de la caldera. Segundo, el tamaño de la planta eléctrica alimentada con combustible de biomasa es normalmente menor de 50 MW, lo que resulta en un ciclo de vapor menos eficiente que aquella planta eléctrica mucho más grande alimentada con gas natural o combustible fósil. La presente divulgación busca superar estas y otras deficiencias al combinar la generación de vapor a partir del procesamiento de biomasa con vapor generado a partir un ciclo a gas natural u otro combustible fósil y al proporcionar un método y un sistema para generar electricidad según las reivindicaciones que se anexan.

30 Resumen

La presente divulgación se dirige a sistemas y métodos para la generación de potencia a través de la combinación de un ciclo de combustión de combustible de biomasa y un ciclo alimentado con gas natural u otro combustible fósil. En general, el formato de ciclo híbrido utiliza el vapor de la caldera de biomasa con producción de vapor a partir de una central alimentada con gas natural u otro combustible fósil. En realizaciones alternativas, el vapor de la caldera de biomasa puede combinarse con la producción de vapor a partir de calderas de combustible sólido. Las patentes US.4852344 y US. 5822974 divulgan tales ciclos híbridos. Las ineficiencias de la central eléctrica tradicional de biomasa se superan mediante esta combinación.

El proceso para la generación de vapor a partir de dos fuentes se mantiene separado. El vapor de la fuente de biomasa se combina con el vapor del gas natural u otro ciclo de combustible fósil, o un ciclo de combustible sólido y fluye hacia un turbogenerador a vapor común. Se describirán ahora realizaciones de ejemplo de la presente divulgación.

En una primera realización de ejemplo, se usa un generador a vapor de recuperación de calor con 3 tambores no calentado (HRSG). Los flujos de vapor combinados pasan a través de la sección a alta presión del turbogenerador a vapor. Cuando la central se opera en modo híbrido, con calderas en operación alimentadas tanto por biomasa como por combustible fósil, el flujo de vapor combinado que sale de la sección a alta presión del turbogenerador a vapor se dirige hacia dos destinos a lo largo de líneas de vapor. Primero, una porción de vapor se dirige a lo largo de una línea fría de recalentamiento a vapor hacia la sección de recalentamiento del HRSG. El vapor a partir del ciclo de producción de potencia se recalienta en el HRSG. Al salir de la sección de recalentamiento del HRSG, el vapor recalentado se combina con vapor del tambor de presión intermedia del HRSG. Segundo, una porción del flujo de vapor que sale de la sección a alta presión de la turbina a vapor se dirige a lo largo de una línea fría de recalentamiento de vapor para recalentarse en la sección de recalentamiento de la caldera de biomasa. Las producciones de la sección de recalentamiento del HRSG, del tambor de presión intermedia del HRSG y del recalentador de la caldera de biomasa se combinan luego y se dirigen hacia la sección a presión intermedia de la turbina a vapor y se expanden hacia la sección a baja presión del turbogenerador a vapor para generar potencia eléctrica. Preferiblemente, el HRSG incluye también líneas de producción de vapor que se conecta a la sección a baja presión del turbogenerador a vapor. Este vapor se expande a la sección a baja presión para generar potencia eléctrica. El vapor que sale de la sección a baja presión de la turbina a vapor pasa por un condensador, en donde se condensa en agua de alimentación. A partir del condensador, se bombea el agua de alimentación tanto al HRSG como a la caldera de biomasa para el recalentamiento y producción de vapor.

Cuando la central se opera solo en modo de biomasa, el flujo de vapor que sale de la sección a alta presión de la turbina a vapor se dirige a lo largo de líneas de vapor hacia un solo destino. El vapor de recalentamiento frío del ciclo de producción de potencia se dirige a la sección de recalentamiento de la caldera de biomasa. La producción a partir

del ciclo de recalentamiento de la caldera de biomasa se dirige luego hacia la sección a presión intermedia de la turbina a vapor y luego se expande hacia la sección a baja presión del turbogenerador a vapor para generar potencia eléctrica. El vapor que sale de la sección a baja presión de la turbina a vapor pasa por un condensador, en donde se condensa en agua de alimentación. El agua de alimentación puede dirigirse a la caldera de biomasa para el recalentamiento y producción de vapor.

En una segunda realización de ejemplo de la presente divulgación, se usa un HRSG de dos tambores no calentado. Este HRSG no tiene la capacidad de recalentamiento. El flujo de vapor combinado a partir de un ciclo a gas natural y de la caldera de biomasa se dirige hacia una sección a alta presión del turbogenerador a vapor. La producción de vapor de la sección a alta presión de la turbina a vapor se dirige luego hacia la sección a baja presión del turbogenerador a vapor para generar potencia eléctrica. El vapor que sale de la sección a baja presión de la turbina a vapor pasa por un condensador, donde se condensa a un agua de alimentación líquida. El agua de alimentación puede dirigirse al HRSG y a la caldera de biomasa para el calentamiento y producción de vapor.

En otras realizaciones de ejemplo de la presente divulgación, otras calderas a combustible fósil, tales como las calderas a carbón, u otras calderas de combustible sólido pueden usarse en lugar del proceso a gas natural a través de un HRSG

Descripción de las figuras

La Figura 1 es una primera realización de ejemplo del ciclo híbrido de la presente divulgación.

La Figura 2 es una segunda realización de ejemplo del ciclo híbrido de la presente divulgación.

Cabe señalar que las figuras no se dibujan a escala. Hay que señalar también que las figuras tienen solo la intención de facilitar la descripción de las realizaciones preferidas.

Descripción detallada

El sistema y los métodos de la presente divulgación tienen en cuenta la producción de energía más eficiente a partir de combustible de biomasa. La eficiencia mejorada del método presente se alcanza al combinar un ciclo de combustible de biomasa típico con un ciclo a gas natural o combustible fósil dentro de un proceso híbrido. El vapor generado a partir del ciclo de combustible de biomasa se combina con el vapor generado a partir del ciclo a gas natural o combustible fósil y el flujo de vapor combinado se dirige entonces a través del turbogenerador a vapor. El proceso propuesto quema el combustible de biomasa de forma separada del gas natural. Los gases quemados se mantienen separados para el proceso de postcombustión antes de liberarse a la atmósfera.

En una realización preferida, tal como la que se muestra en las figuras 1 y 2, la caldera alimentada de biomasa opera en paralelo con la caldera de recuperación de calor del ciclo combinado (HRSG). Esto tiene varios efectos. Primero, la presión de vapor de la caldera de biomasa en operación no se limita más por el tamaño del turbogenerador a vapor. Segundo, el vapor a partir de la caldera de biomasa puede ahora operarse en un ciclo de recalentamiento (o no recalentamiento) tipo Rankine. Tercero, se evita un ciclo de generación de potencia separado para el combustible de biomasa, lo que resulta de este modo en economía de capital, eficiencia mejorada y evitar personal de operación separado. Cuarto, el vapor que se produce a partir del recurso de combustible de biomasa puede reemplazar el uso de gas natural o combustible fósil como combustible de suplemento en el HRSG.

Típicamente, los procesos de biomasa se limitan al uso de turbogeneradores a vapor de clase industrial. La combinación de los ciclos que se describen en la presente divulgación permite el uso de turbogeneradores a vapor de clase utilitaria. Debido a que los turbogeneradores a vapor de clase utilitaria son notablemente más eficientes que los turbogeneradores a vapor de clase industrial, la habilidad para usar un turbogenerador a vapor de clase utilitaria proporciona mayores eficiencias al sistema y métodos presentes sobre sistemas tradicionales para la generación de potencia eléctrica a partir de biomasa.

Una amplia variedad de productos de biomasa puede usarse con la invención de la presente divulgación. El combustible o materia prima puede comprender cualesquiera combustibles sólidos renovables tales como astillas/viruta de madera verde, residuos forestales, recortes de jardinería, astillas de madera, residuos urbanos de madera, residuos de madera de construcción y demolición, fibra de caña de azúcar (bagazo), u otros residuos agrícolas.

Los conceptos de la presente divulgación se pueden usar también con combustible con contenido alto de cloro, tales como residuos sólidos municipales (RSM) o combustibles derivados de residuos (CDR). En aplicaciones que usan combustibles con contenido alto de cloro, la temperatura de vapor del ciclo se reducirá en comparación con combustibles con contenido bajo de cloro. Se pueden usar también neumáticos. La presente divulgación proporciona recursos de ejemplo de combustibles de energía de biomasa, pero el alcance de la presente divulgación no se limita a éstos ejemplos específicos. Al contrario, se puede usar cualquier fuente de combustible de biomasa que sea capaz de producir temperaturas de vapor compatibles con el ciclo a gas natural u otro ciclo de combustible fósil. Se puede

llevar el combustible de biomasa a la central por cualquier medio conocido en la técnica tales como camión, tren o barcaza, o se puede descargar, almacenar y recuperar de la misma manera que la práctica actual en operaciones de biomasa.

Se puede generar vapor a alta presión a partir de combustible de biomasa que usa cualquier método conocido en la técnica. Por ejemplo, la tecnología del uso de encendido por ignición, de lecho fluidizado burbujeante, de lecho fluidizado circulante y similares están todos dentro del alcance de esta divulgación. En una realización preferida, la presión y temperatura de funcionamiento en la caldera a vapor estarán en el extremo superior de la práctica actual, de manera que la temperatura y la presión de vapor que se derivan del ciclo de combustible de biomasa se encuentren en el mismo orden como la presión y temperatura de vapor del ciclo a gas natural o combustible fósil. En general, el proceso de generación de vapor para la porción de combustible de biomasa del ciclo combinado operará de una manera similar a proyectos en marcha de generación de potencia de combustible de biomasa con la excepción de que el vapor no se dirige directamente hacia un turbogenerador destinado a vapor. En vez de eso, como se discutirá más abajo el vapor generado a partir de la porción de combustible de biomasa se combina con el vapor generado a partir del ciclo a gas natural o combustible fósil y el flujo de vapor combinado se dirige hacia el turbogenerador a vapor. El vapor generado de gas natural o combustible fósil puede obtenerse mediante cualquier medio conocido en la técnica y la presente divulgación no se limita a ningún método específico.

Una realización de ejemplo de la presente divulgación se muestra en la figura 1. La figura 1 representa una caldera 102 de madera de ejemplo que usa madera verde como materia prima, pero como se describe arriba, los conceptos de esta divulgación no se limitan al uso de una caldera de madera o de madera verde como materia prima. Al usar métodos estándar de procesamiento en la industria y que se conoce fácilmente por los expertos en la técnica, la madera 104 verde se procesa en la caldera 102 de madera para producir vapor.

El gas 108 natural se procesa mediante una turbina 110 a gas para producir gas 112 caliente. El procesamiento del gas 108 natural crea también energía mediante el generador 114. El gas 112 caliente se produce a partir de la turbina 110 a gas. El gas 112 caliente entra luego a la unidad 116 (HRSG) generador de vapor de recuperación de calor. En la realización de ejemplo de la figura 1, el HRSG 116 es un HRSG de tres tambores no calentado. La producción 118 de vapor a presión alta a partir del HRSG 116 se combina con la producción 106 de vapor a partir de la caldera 102 de madera. El flujo 120 de vapor combinado se dirige luego a una sección 122 a presión alta (HP) del turbogenerador 124 a vapor.

Después de expandirse hacia una presión más baja en la sección 112 HP del turbogenerador 124 a vapor, el vapor 126 entra preferiblemente a un ciclo de recalentamiento. Si el sistema se opera en modo híbrido tanto con el gas natural así como con la caldera de biomasa en operación, el vapor 126 se puede dirigir hacia uno de dos destinos. Primero, el vapor 126 de recalentamiento frío se puede dirigir hacia el HRSG 116 para recalentamiento. El vapor 128 recalentado se combina entonces con una segunda producción 130 de vapor (presión intermedia) a partir del HRSG 116 como parte de la línea 132 de vapor. Segundo, una porción del vapor 126 de recalentamiento frío se puede dirigir a lo largo de la línea 164 de vapor hacia la caldera 102 de biomasa para recalentarse. Después del recalentamiento en la caldera 102 de biomasa, el recalentamiento caliente se desplaza a lo largo de la línea 168 de vapor para combinarse con la línea 132 de vapor. Si el sistema se opera solo en modo biomasa, todo el vapor 126 de recalentamiento frío se dirige para recalentamiento hacia la caldera 102 de biomasa. En este modo de operación, una vez recalentado, el recalentamiento caliente se dirige a lo largo de la línea 168 de vapor hacia la línea 132 de vapor. El ciclo de recalentamiento mejora el desempeño del turbogenerador 124 a vapor y proporciona un nivel adicional de eficiencia a los sistemas y métodos que se divulgan en esta. Bien sea en el modo híbrido de operación o en el modo de solo biomasa, la línea 132 de vapor se dirige hacia la sección a presión intermedia del turbogenerador 124 a vapor. El vapor se extiende luego a la sección 138 de baja presión del turbogenerador a vapor para generar potencia eléctrica mediante el generador 148. Preferiblemente, el HRSG 116 incluye además una línea 140 de admisión a presión baja que proporciona la entrada de vapor hacia la sección 138 a presión baja.

El vapor que sale de la sección 138 a presión baja del turbogenerador 124 a vapor pasa sobre un condensador 142 donde se condensa en agua de alimentación. A partir del condensador, el agua de alimentación entra a la bomba 143 de condensación y se bombea hacia dos destinos si el sistema se opera en el modo híbrido de operación. Primero, el agua de alimentación se bombea mediante la línea 144 a través de una sección economizadora en el HRSG 116 para precalentamiento y luego hacia el tambor a presión baja del HRSG. El tambor a presión baja suministra agua mediante una bomba 184 de alimentación de caldera hacia las secciones a presión intermedia y presión alta del HRSG para la producción de vapor. Segundo, el agua de alimentación se bombea mediante la línea 145 a través de un calentador 175 de agua de alimentación a presión baja con una entrada 174 de calor que se suministra a partir de la extracción de turbina a vapor a presión baja. A partir del calentador 175 de agua de alimentación a presión baja, el agua de alimentación se dirige hacia un desaireador 176 que tiene una entrada 172 de calor que suministra desde una línea de alimentación a partir de la línea 140 de admisión a presión baja. El agua de alimentación, luego de salir del desaireador 176, se bombea mediante una bomba 178 de alimentación de caldera, a través de un calentador 182 de agua de alimentación a presión alta hacia la caldera 102 de biomasa. El calentador 182 de agua de alimentación a presión alta recibe una entrada de calor a partir de la extracción 177 de turbina a vapor a presión intermedia. El agua de alimentación se calienta luego en la caldera 102 de madera para

generar vapor. Si el sistema se opera solo en modo biomasa, toda el agua de alimentación se dirige hacia la caldera 102 de biomasa.

En una segunda realización de ejemplo, que se representa en la figura 2, el gas 208 natural se procesa en una turbina 210 de gas para producir gas 212 caliente. Un HRSG 216 de dos tambores no calentado recibe el gas 212 caliente y crea una producción 218 de vapor a presión alta y una producción 230 de vapor a presión baja. La producción 218 de vapor a presión alta se combina con la producción 206 de vapor a partir de una caldera 202 de madera que se crea a partir del procesamiento del combustible 204 de madera u otro combustible de biomasa. El flujo 220 de vapor combinado se dirige luego hacia una sección a presión alta del turbogenerador 224 a vapor.

Después de expandirse hacia una presión baja en la sección a presión alta del turbogenerador 224 a vapor, el vapor entra a un ciclo de recalentamiento. La línea 225 de recalentamiento de vapor en frío dirige todo el vapor hacia la caldera 202 de madera. El recalentamiento 268 de la caldera se dirige luego hacia la sección a presión baja del turbogenerador 224 a vapor. La sección a presión baja del turbogenerador a vapor recibe también la producción 230 de vapor de admisión a presión baja a partir del HRSG 216. El vapor se expande entonces hacia la sección a presión baja del turbogenerador 224 a vapor para generar potencia eléctrica mediante el generador 248.

El condensador 242 recibe la producción de la sección a presión baja del turbogenerador 224. El vapor que sale de la sección a presión baja se condensa en agua de alimentación y entra en la bomba 243 de condensación. La producción a partir de la bomba 243 de condensación se dirige hacia un calentador 275 a presión baja y luego a través de una sección economizadora en el HRSG 216. El calentador 275 a presión baja recibe una entrada de calor a partir de una línea 245 de extracción a presión baja. Después de salir del HRSG 216, el agua de alimentación se dirige hacia un desaireador 276, el cual, recibe una entrada de calor a partir de la línea de admisión a presión baja. A partir del desaireador, el agua de alimentación se dirige mediante una bomba 278 de alimentación de caldera hacia dos destinos si el sistema opera en modo híbrido. Primero, el agua de alimentación se dirige hacia los economizadores del HRSG para el calentamiento y la generación de vapor a presión baja y a presión alta. Segundo, el agua de alimentación entra a un calentador 282 a presión alta y se dirige hacia la caldera 202 de madera para calentarse y generar vapor. El calentador 282 a presión alta recibe una entrada de calor a partir de la extracción 255 de turbina a vapor a presión baja. Si el sistema opera solo en modo de biomasa, toda el agua de alimentación se dirige a través de calentadores y luego hacia la caldera 202 a madera.

Los ejemplos que se muestran no usan ningún encendido suplementario en el HRSG. El uso de encendido suplementario en el HRSG se puede usar para reemplazar la fuente de vapor de biomasa, cuando la porción de biomasa de la central se encuentre fuera de servicio por mantenimiento. Esto permite mantener la producción eléctrica de la central en mantenimiento, cuando la central de biomasa no opera.

Diversos fabricantes de turbinas de combustión ofrecen paquetes de ciclos combinados prediseñados basados en combustible fósil, con las turbinas de combustión como el impulsor principal para el ciclo combinado. Cuanto más grande es la turbina de combustión, más complicado es el diseño del ciclo combinado. La intención de esta complejidad consiste en mejorar la eficiencia general del ciclo de generación de potencia.

Al usar el enfoque previo y otras características de optimización, las centrales eléctricas de ciclo combinado tienen la capacidad de alcanzar eficiencias de producción eléctrica que se acercan al 50%. Por otro lado, las centrales eléctricas alimentadas con biomasa renovable tradicional operan en un rango de eficiencia del 23-25%.

El concepto híbrido no se limita a ningún arreglo de ciclo combinado específico. Para los propósitos de este ejemplo, una caldera alimentada por biomasa se combinó con un HRSG de tres tambores no calentado (Figura 1) o un HRSG de dos tambores no calentado (Figura 2) y un turbogenerador a vapor de condensación sencillo, de tres secciones (Figura 1) o de dos secciones (Figura 2) con o sin extracciones de vapor. En otras circunstancias, se podrían usar calderas de combustible sólido se podrían utilizar otras tecnologías de generación alimentada por combustible fósil que utilizan un ciclo de vapor tales como, pero sin limitarse a, caldera a carbón, caldera a gas, o caldera a aceite. Además, se puede usar el ciclo en aplicaciones de cogeneración en donde el vapor creado en el ciclo combinado y en el ciclo híbrido se usa en parte, para propósitos industriales. Adicionalmente, el concepto híbrido no se limita a un ciclo combinado, basado en recalentamiento.

En la especificación precedente, se ha descrito la invención en referencia a realizaciones específicas del mismo. Sin embargo será evidente que puedan realizarse varias modificaciones y cambios sin desviarse del alcance más amplio de la invención como se define en las reivindicaciones anexas. Por ejemplo, cada característica de una realización se puede mezclar y acoplar con otras características que se muestran en otras realizaciones. Las características y los procesos que son conocidos por los expertos en la técnica se pueden incorporar como se desee.

Adicionalmente y obviamente, las características se pueden agregar o restar como se desee.

En consecuencia, la invención no se puede restringir excepto a la luz de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un método para generar potencia eléctrica que comprende procesar una primera fuente (108) de energía para producir electricidad mediante un generador (114) acoplado y un primer gas (112) quemado de escape y el procesamiento de una fuente (104) de combustible de biomasa que difiere de la primera fuente de energía, de manera separada del procesamiento de la primera fuente de energía y el primer gas quemado de escape, para producir un segundo flujo (106) de vapor, en el que el método se caracteriza por:
5 el procesamiento de la primera fuente (108) de energía que produce además un subproducto del primer flujo (118) de vapor mediante un generador (116) a vapor acoplado de recuperación de calor;
10 el procesamiento de la fuente (104) de combustible de biomasa produce un segundo flujo (106) de vapor en condiciones de temperatura y presión en el mismo orden como el subproducto del primer flujo de vapor, en donde, las condiciones de temperatura y presión del segundo flujo (106) de vapor se mantienen en el mismo orden como en condiciones de temperatura y presión como el subproducto del primer flujo (118) de vapor;
15 combinar el subproducto del primer flujo (118) de vapor y del segundo flujo (106) de vapor, en donde, los flujos de vapor se combinan después de que se procesa el subproducto del primer flujo de vapor a través del generador a vapor de recuperación de calor;
20 dirigir del flujo (120) de vapor combinado a través de un turbogenerador (124) a vapor;
recircular una primera porción de una producción del turbogenerador (164) a vapor para recalentarse en una caldera (102) de biomasa que se configura para procesar la fuente de combustible de biomasa;
25 recalentar la primera porción de la producción en la caldera de biomasa para generar un primer vapor (168) recalentado; y
suministrar el primer vapor recalentado hacia el turbogenerador (132) a vapor.
30
2. El método de la reivindicación 1 que comprende además:
recircular una segunda porción de la producción del turbogenerador a vapor para el recalentamiento en el generador acoplado de recuperación de calor a vapor para generar un segundo vapor (128) recalentado;
35 y suministrar el segundo vapor recalentado hacia el turbogenerador (132) a vapor.
3. El método de la reivindicación 2 en donde el turbogenerador a vapor comprende dos o más secciones y la primera porción de la producción se obtiene a partir de la primera sección del turbogenerador a vapor y el primer vapor recalentado se suministra hacia una segunda sección del turbogenerador a vapor.
40
4. El método de la reivindicación 1 que comprende además:
recolectar agua en el condensador (142);
45 calentar el agua; y
usar el agua calentada para el procesamiento de la primera fuente de energía y la fuente de combustible de biomasa.
50
5. El método de la reivindicación 1 en donde la primera fuente de energía es gas natural, combustible fósil, carbón o combustible sólido.
6. El método de la reivindicación 1 en donde la fuente de combustible de biomasa se selecciona a partir de uno o más del grupo de astillas de madera verde, residuos forestales, recortes de jardinería, viruta de madera, residuos urbanos de madera, residuos de madera de construcción y demolición, fibra de caña de azúcar, neumáticos, desechos sólidos municipales, combustibles derivados de residuos y desechos agrícolas.
55
7. El método de la reivindicación 1 en donde el turbogenerador a vapor es un turbogenerador a vapor de grado utilitario.
60
8. Un sistema para la generación de electricidad que comprende un primer componente para producir electricidad, a partir de una primera fuente (108) de energía, mediante un generador (114) acoplado, un gas (112) quemado de escape, y un subproducto del primer flujo (118) de vapor y un segundo componente para producir, de manera separada a partir del procesamiento de la primera fuente de energía y del primer gas quemado de escape, un
65

segundo flujo (106) de vapor a partir de la fuente (104) de combustible de biomasa diferente de la primera fuente (108) de energía, caracterizado porque:

5 el segundo componente se opera de tal manera que las condiciones de temperatura y presión de un segundo flujo (106) de vapor se encuentran en el mismo orden de las condiciones de presión y temperatura para el subproducto del primer flujo (118) de vapor;

10 un generador (116) a vapor de recuperación de calor para el procesamiento del subproducto del primer flujo (118) de vapor;

una línea (120) de vapor que combina el subproducto del primer y segundo flujos de vapor después de que el subproducto del primer flujo de vapor se procese en el generador de vapor de recuperación de calor;

15 un turbogenerador (124) a vapor, el cual, extrae la energía a partir del flujo combinado de vapor; y

un circuito de línea de recalentamiento de vapor para recalentar una primera porción de la producción en la caldera (164) de biomasa para generar vapor (168) recalentado, en donde, la primera porción de la producción se recibe a partir de una primera sección del turbogenerador (122) a vapor y el vapor recalentado se envía a una segunda sección del turbogenerador (134) a vapor.

20 9. El sistema de la reivindicación 8 que comprende además:

un circuito de la segunda línea de recalentamiento de vapor para recalentar una segunda porción de la producción en el primer componente para generar un segundo vapor (128) recalentado, en donde, el segundo vapor recalentado se envía hacia la segunda sección del turbogenerador (134) a vapor.

10. El sistema de la reivindicación 8 que comprende además un condensador (142).

11. El sistema de la reivindicación 8, en el que la primera fuente de energía es gas natural.

12. El sistema de la reivindicación 8, en el que la primera fuente de energía es combustible fósil.

13. El sistema de la reivindicación 8, en el que la primera fuente de energía es carbón

35 14. El sistema de la reivindicación 8, en el que la fuente de combustible de biomasa se selecciona a partir de uno o más del grupo de astillas de madera verde, residuos forestales, recortes de astillero, viruta de madera, residuos urbanos de madera, residuos de madera de construcción y demolición, fibra de caña de azúcar, neumáticos, residuos sólidos municipales, combustibles derivados de residuos y desechos agrícolas.

40 15. El sistema de la reivindicación 8, en el que el turbogenerador a vapor corresponde a un turbogenerador a vapor de grado utilitario.

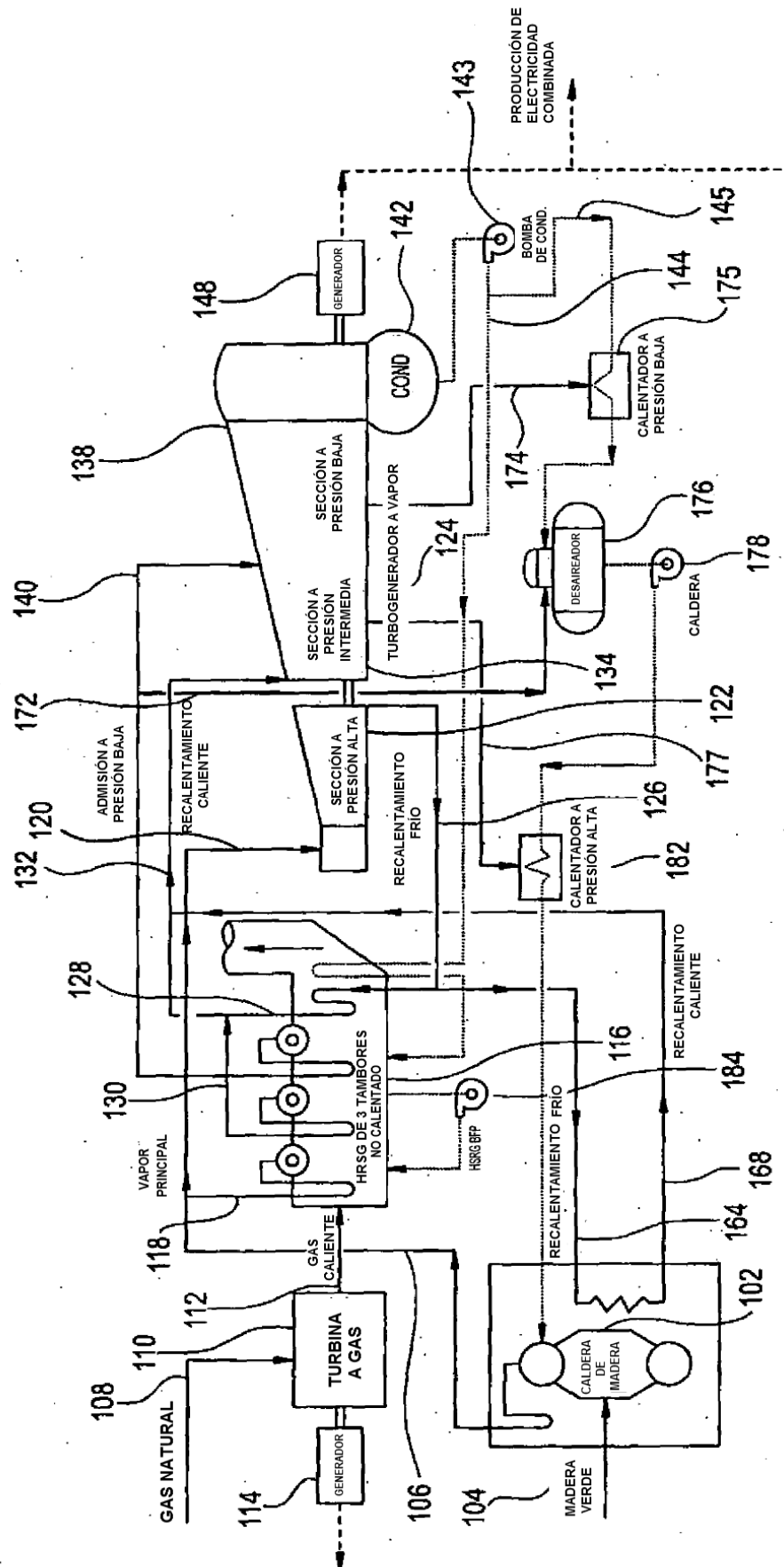


FIG. 1

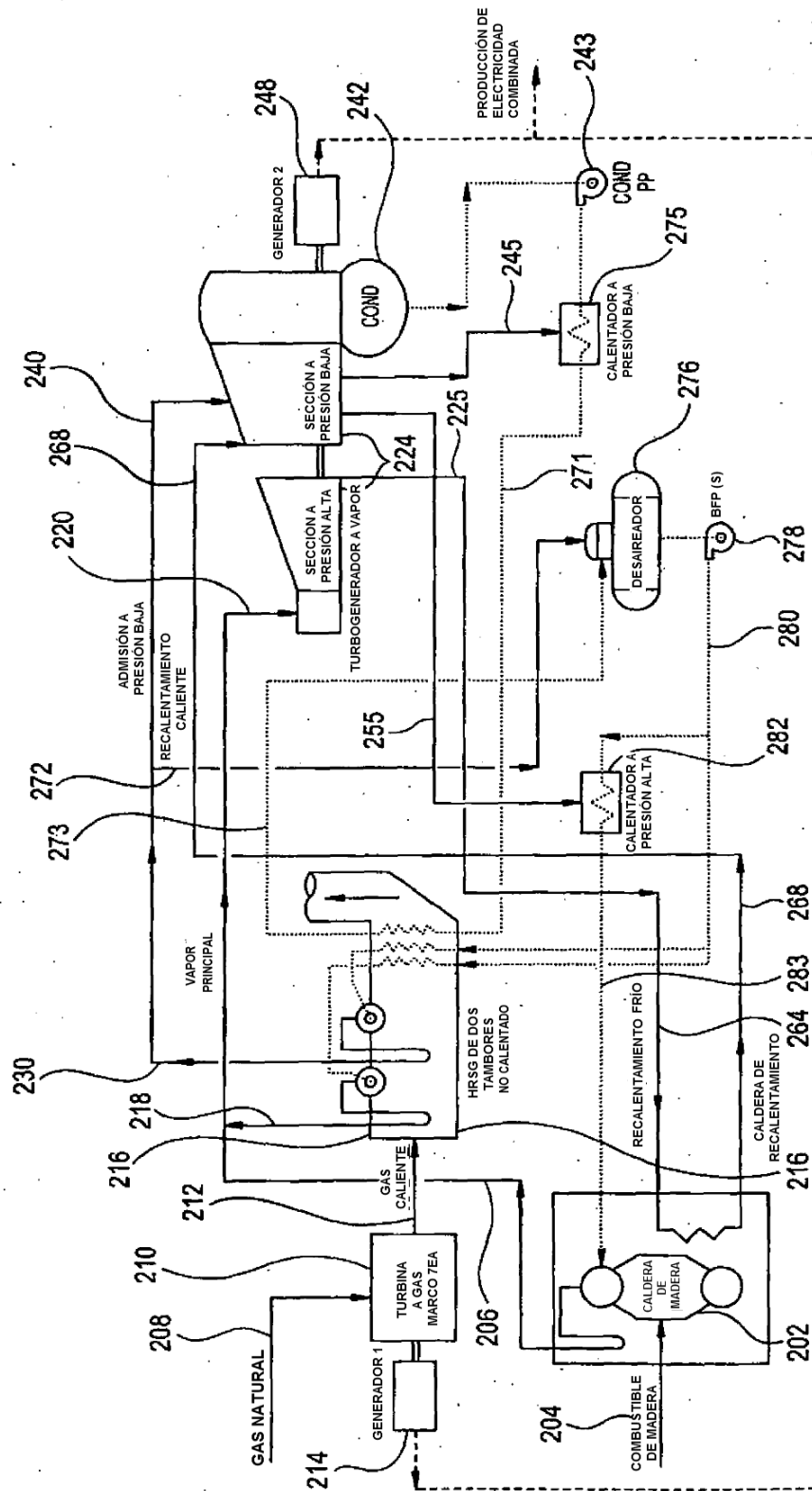


FIG. 2