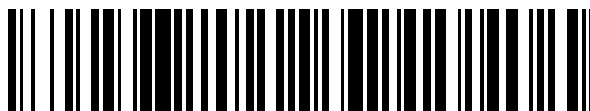


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 543**

51 Int. Cl.:

F01K 7/02 (2006.01)

F01K 13/02 (2006.01)

F01K 17/06 (2006.01)

F01K 7/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2011** **E 11187593 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017** **EP 2589763**

54 Título: **Método para hacer funcionar una central termoeléctrica a baja carga**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.09.2017

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH
(100.0%)
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**SCHÜLE, VOLKER, DR.;
HEINTZ, JULIA y
HELLWEG, STEPHAN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 632 543 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para hacer funcionar una central termoeléctrica a baja carga

La presente invención está dirigida a métodos para hacer funcionar una central termoeléctrica.

5 Si una central termoeléctrica es hecha funcionar a baja carga, han de satisfacerse varias condiciones límite, incluyendo aspectos económicos y de eficiencia.

Por el documento US 4.870.823 se conoce la posibilidad de hacer funcionar una turbina de vapor a una carga muy baja moviendo el punto de estrangulación desde las válvulas de la turbina a la caldera. Como no se recupera energía este método está por debajo del óptimo con respecto a costes y eficiencia.

10 Si se hacen funcionar los generadores de vapor (por ejemplo si se hace funcionar con presión constante del vapor vivo) por debajo de un cierto nivel de carga inicialmente la temperatura T_{HRN} a la salida del recalentador caliente (también denominado como supercalentador intermedio) disminuye y con una reducción de carga adicional la temperatura T_{LS} del vapor vivo disminuye también.

El documento EP 0 743 425 A1 describe un ciclo combinado con turbina de gas enfriada con vapor.

El documento US 6.263.662 B1 describe un ciclo combinado con una turbina de gas enfriada con vapor.

15 El documento US 5.335.252 describe un recipiente nuclear de presión y un sistema de extracción de calor no nuclear.

El documento US 2009/ 02 60 585 A1 describe una central de oxi-combustible, y

El documento EP 2.333.255 A2 describe una central eléctrica con captura y almacenamiento de carbono.

Es el objeto de la invención proporcionar un método para hacer funcionar una central termoeléctrica a baja carga que es más eficiente y así más atractivo desde el aspecto económico y medioambiental.

20 Este objetivo es conseguido por los métodos reivindicados en las reivindicaciones independientes 1 y 3.

Con estos métodos el cambio de temperaturas durante el funcionamiento a diferentes cargas resulta mínimo para el generador de vapor.

Si el vapor es derivado solamente entre los supercalentadores la influencia de la temperatura T_{HRN} en la salida del recalentador caliente es minimizada.

25 Si el calor es derivado aguas arriba del último subenfriador RHS2 la temperatura del vapor vivo se conserva. Este efecto podría ser usado, para estabilizar la temperatura T_{HRN} sin afectar a la temperatura del vapor vivo.

La invención es muy adecuada especialmente para las siguientes aplicaciones:

Estabilizar la temperatura T_{LS} del vapor vivo a baja carga y presión p_{LS} de vapor vivo elevada.

30 Estabilizar la temperatura T_{HRH} del recalentador caliente a baja carga y con presión de vapor vivo elevada permanente/constante.

Permitir mayores gradientes de carga desde carga baja a carga completa.

Es posible utilizar la energía desacoplada para otros procesos (por ejemplo cargar un depósito térmico, secar lignito o similar).

35 Utilizando la energía del vapor extraído en uno o más de los procesos reivindicados en la reivindicación 6 la energía extraída del generador de vapor es recuperada y la eficiencia total de los procesos implicados aumenta. Consecuentemente la demanda de energía y las emisiones son reducidas.

40 Para contrarrestar el Efecto de Joule-Thomson en las válvulas de control de Turbinas de Arco Parcial la presión p_{LS} de la caldera puede ser reducida. El incremento simultáneo de la temperatura T_{LS} al valor máximo reduce el enfriamiento en la válvula o válvulas de control de turbina dentro de la turbina. Como por medio de este modo operativo, comparado con generador de vapor más turbina con presión variable, se mantiene una temperatura de vapor vivo bastante elevada y así pueden ser también aplicados gradientes de carga más elevados a la central termoeléctrica.

La invención reivindicada impide también el enfriamiento del tambor de la caldera y los supercalentadores (lo que sucede cuando la central es hecha funcionar en modo de presión deslizante).

Figuras

Se han mostrado:

La fig. 1 un diagrama de una central termoeléctrica convencional

La Fig. 2 una primera realización del método reivindicado

La fig. 3 una segunda realización del método reivindicado, y

5 La fig. 4 una tercera realización del método reivindicado.

ESPECIFICACIÓN DE LAS REALIZACIONES

10 En la fig. 1 una central termoeléctrica alimentada con combustibles fósiles o biomasa está representada como un diagrama de bloques. La fig. 1 tiene esencialmente el propósito de designar los únicos componentes de la central eléctrica y representar el ciclo de agua-vapor en su totalidad. Por razones de claridad en las siguientes figuras solamente se han representado aquellas partes del ciclo de agua-vapor que son esenciales para la invención.

En un generador de vapor, 1 bajo utilización de combustibles fósiles o por medio de biomasa se genera vapor vivo de agua de alimentación, que es expandido en una turbina 3 de vapor y así acciona un generador G. La turbina 3 puede estar separada en una parte HP de alta presión, una parte IP de presión intermedia y una parte LP de baja presión.

15 Después de expandir el vapor en la turbina 3, fluye a un condensador 5 y es licuado en él. Con este propósito un medio de refrigeración generalmente líquido, como por ejemplo agua de refrigeración, es suministrada al condensador 5. Este agua de refrigeración es a continuación enfriada en una torre de refrigeración (no mostrada) o mediante un río en la proximidad de la central eléctrica (no mostrado) antes de que entre al condensador 5.

20 El condensado originado en el condensador 5 es entonces suministrado, mediante una bomba 7 de condensado, a varios precalentadores VW1 a VW5. En la realización mostrada, detrás del segundo precalentador VW2 hay previsto un contenedor 8 de agua de alimentación y detrás del contenedor 8 de agua de alimentación está prevista una bomba 9 de agua de alimentación.

25 En combinación con la invención es significativo que el condensado procedente del condensador 5 es precalentado con vapor comenzando con el primer precalentador VW1 hasta el último precalentador VW5. Este vapor así llamado de derivación es tomado desde la turbina 3 y conduce a una disminución de la salida de la turbina 3. Con el intercambio de calor entre el vapor de derivación y el condensado la temperatura del condensado aumenta de precalentador a precalentador. Consecuentemente también la temperatura del vapor utilizado para precalentar debe aumentar de precalentador a precalentador.

30 En la realización mostrada los precalentadores VW1 y VW2 son calentados con vapor procedente de la parte LP de baja presión de la turbina 3 de vapor, mientras que el último precalentador VW5 es calentado parcialmente con vapor procedente de la parte HP de alta presión de la turbina 3 de vapor. El tercer precalentador VW3 dispuesto en el contenedor 8 de agua de alimentación es calentado con vapor procedente de la parte IP de presión intermedia de la turbina 3.

35 En las figs. 2 a 4 se han ilustrado distintos métodos para hacer funcionar una central termoeléctrica de acuerdo con la invención. Como la invención está relacionada esencialmente con el generador 1 de vapor y la turbina 3 esta parte de la central termoeléctrica está mostrada en las figs. 2 y siguientes. Por razones de claridad, ninguno de los accesorios y componentes en las figs. 2 y siguientes han sido designados con números de referencia. La designación de los accesorios y la representación de los accesorios y componentes corresponde a la normal DIN 2482 "Símbolos gráficos para diagramas de calor", a la que se ha hecho referencia aquí, y son así explicativas por sí mismas.

40 El generador 1 de vapor que está ilustrado en la fig. 1 como una única caja negra está ilustrado en las figs. 2 a 4 con más detalle. Dentro de una línea de trazos están ilustrados los componentes del generador 1 de vapor. A continuación el agua de alimentación o el condensado que provienen del precalentador VW5 entra en el generador 1 de vapor y pasa por un economizador 11, un evaporador 13, un separador 15 y varios supercalentadores SH1, SH2 y SH3. La invención reivindicada, definida solamente por las reivindicaciones adjuntas no está limitada a tres etapas, es aplicable en casos donde existen más de tres etapas.

45 En el evaporador 13 el condensado es calentado y se convierte en vapor saturado. En el separador 15 las partículas de líquido son separadas del vapor saturado y vueltas a alimentar a la tubería 19 de condensado antes del evaporado 13.

50 El vapor vivo que deja el último supercalentador SH está abreviado con las letras LS. En la fig. 2 entre la caldera 1 y la entrada de la parte HP de alta presión de la turbina 3 puede verse un círculo con la referencia LS. En este punto los parámetros del vapor vivo del vapor vivo LS, en particular una presión p_{LS} y una temperatura T_{LS} ocurren y pueden ser medidos por medio de sensores apropiados (no mostrados).

Típicamente el vapor vivo subcrítico tiene una presión de aproximadamente 160 bar ($p_{LS} = 160$ bar) y una temperatura de

aproximadamente 540 °C ($T_{LS} = 540$ °C).

El vapor vivo después de haber pasado por la parte HP de alta presión de la turbina 3 tiene una temperatura y presión reducidas y entra en el recalentador RSH1 y RSH2. Este vapor HRH sobrecalentado otra vez entra en la parte IP de presión intermedia de la turbina 3. El círculo HRH en la fig. 2 ilustra un lugar donde ocurre este vapor sobrecalentado HRH caliente. Los parámetros correspondientes HRH y HRH de vapor pueden ser detectados por un sensor de temperatura y/o un sensor de presión en este punto si fuera necesario.

Típicamente el vapor subcrítico en el extremo caliente del recalentador tiene una presión de aproximadamente 40 bar ($p_{HRH} = 40$ bar) y una temperatura de aproximadamente 540 °C ($T_{HRH} = 540$ °C).

Si esta central termoeléctrica es hecha funcionar a carga intermedia o a carga alta es hecha funcionar de modo como es conocido por la técnica anterior.

Tan pronto como la central termoeléctrica es hecha funcionar a baja carga, en particular a una carga por debajo por ejemplo del 30% de la carga máxima, es extraído vapor desde el generador 1 de calor antes/aguas arriba del último supercalentador SH3. Esta extracción está ilustrada en la fig. 2 por una tubería 21. Es posible adicionalmente extraer vapor entre el primer supercalentador SH1 y el segundo supercalentador SH2 (véase la tubería 23).

Esta extracción o derivación del vapor sobrecalentado desde el generador 1 de vapor conduce a un flujo de masa reducido de vapor a través del supercalentador o supercalentadores aguas abajo del punto de extracción. Debido a que el flujo de masa reduce el transporte de calor por convección entre el gas de chimenea y el vapor dentro de los supercalentadores aguas abajo del punto de extracción es mejorado y por ello la temperatura que se puede conseguir es más elevada.

Otro efecto positivo de este método es que incluso aunque un pequeño flujo de masa de vapor vivo LS entre en la parte HP de presión alta de la turbina 3, la temperatura T_{LS} del vapor permanece constante. Lo mismo se aplica con respecto a la presión p_{LS} del vapor. El efecto de estrangulación es reducido debido a que comparado con el estado de la técnica, la temperatura es más elevada y el enfriamiento de la turbina es reducido.

El vapor a alta presión extraído entre los supercalentadores SH3 y SH1 puede ser utilizado para cargar un depósito de calor de alta temperatura y/o de baja temperatura, para secar y fluidificar carbón, especialmente lignito, para alimentar uno o más de los precalentadores con energía térmica y para hacer funcionar una turbina de vapor separada o un motor de vapor separado y para el suministro de energía de otros procesos industriales que no forman parte del ciclo de vapor-agua de la central eléctrica.

En caso de que un depósito de calor es cargado con el calor de la energía contenida en el vapor de alta presión extraído esta energía puede ser utilizada en momentos de cargas muy elevadas de la turbina 3 para calentar el condensado antes de entrar en el depósito 8 de agua de alimentación y/o antes de entrar en la caldera 1 y así reducir la cantidad de vapor de derivación necesaria en los precalentadores VW1 a VW5.

Esto significa que en momentos de carga elevada o de picos de carga la salida eléctrica de la central termoeléctrica puede ser incrementada ya que no se extrae o se extrae solo una pequeña cantidad de vapor de derivación desde la parte IP de presión intermedia y/o desde la parte LP de baja presión en la turbina 3.

Todas las instalaciones tienen en común que la energía contenida en el vapor a alta presión es recuperada y por ello la eficiencia total de la central termoeléctrica y otros procesos industriales es incrementada.

La fig. 3 muestra un segundo modo de funcionamiento de una central termoeléctrica a baja carga. En este modo el vapor que ha sido parcialmente expandido en la parte HP de alta presión de la turbina 3 es extraído (véase la tubería 25) antes de que el vapor entre en el primer recalentador RSH1. Es también posible alternativamente o además extraer vapor entre el primer recalentador RSH1 y el segundo recalentador RSH2 (véase la tubería 27). Desde luego los parámetros del vapor (presión y temperatura del vapor) extraído antes de que entre en el primer recalentador RSH1 o en el segundo recalentador RSH2 son diferentes del vapor que es extraído entre los supercalentadores SH1 y SH3 (véase la fig. 2).

A pesar de estas diferencias de temperatura este vapor extraído antes o entre los recalentadores RSH1 y RSH2 puede ser utilizado de un modo similar a como se ha explicado en combinación con la fig. 2.

En la fig. 4 se ha mostrado un tercer modo de funcionamiento combinando ambos métodos ilustrados en las figs. 2 y 3. Como resultado incluso puede conseguirse más estabilidad de temperatura y presión del vapor vivo LS.

Es además posible, sin formar parte de la presente invención reducir en las tres realizaciones descritas la presión de la caldera (véase p_{LS}) a baja carga y así minimizar el Efecto Joule-Thomson en las válvulas de control que forman parte de la parte HP de alta presión de la turbina 3. El efecto Joule-Thomson provoca una disminución de temperatura del vapor a la entrada en la parte HP de alta presión de la turbina 3 y por ello debería ser evitado.

Para resumir, puede indicarse que la totalidad de los tres modos de funcionamiento conducen a parámetros LS de vapor

estables y mejoran la transferencia de calor por convección entre el gas de chimenea y el vapor en los supercalentadores SH1 y SH2, SH3 así como en los re-supercalentadores RSH2 y RSH1. Como el vapor extraído puede ser utilizado en varios sumideros de calor dentro de la central termoeléctrica o fuera de la central termoeléctrica la eficiencia total es mantenida en un nivel alto. Como los métodos reivindicados no requieren grandes modificaciones operativas, es posible aplicar estos métodos como una solución de actualización para centrales termoeléctricas existentes.

5

REIVINDICACIONES

1. Una central termoeléctrica que comprende un generador (1) de vapor, una turbina (3), un condensador (5), una tubería (19) de condensado, al menos dos supercalentadores (SH1, SH2, SH3) y al menos un re-supercalentador (RSH1, RSH2), en donde el vapor pasa por los supercalentadores (SH1, SH2, SH3) antes de entrar en una parte (HP) de alta presión de la turbina (3), en donde a baja carga de la central termoeléctrica es extraído vapor entre el primer (SH1) y el último supercalentador (SH3), caracterizada por que extrayendo vapor entre el primer (SH1) y el último supercalentador (SH3) la temperatura (T_{LS}) de vapor vivo y la presión (p_{LS}) de vapor vivo elevada es estabilizada, de manera que los cambios de temperatura durante el funcionamiento a diferentes cargas resultan mínimos para el generador (1) de vapor.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que a baja carga de la central termoeléctrica es extraído vapor antes del último re-supercalentador (RSH2), de manera que la temperatura (T_{HRH}) a la salida del último re-supercalentador (RSH2) es estabilizada.
3. Método para hacer funcionar una central termoeléctrica que comprende un generador (1) de vapor, una turbina (3), un condensador (5), una tubería (19) de condensado, al menos dos supercalentadores (SH1, SH2, SH3) y al menos un re-supercalentador (RSH1, RSH2), en donde el vapor pasa al menos un re-supercalentador (RSH1, RSH2) después de haber pasado por la parte (HP) de alta presión de la turbina (3) y antes de entrar en una parte (IP) de presión intermedia de la turbina (3), en donde a baja carga de la central termoeléctrica es extraído vapor antes del último re-supercalentador (RSH2), caracterizado por que extrayendo vapor antes del último re-supercalentador (RSH2) la temperatura (T_{HRH}) a la salida del último re-supercalentador (RSH2) es estabilizada.
4. Método según la reivindicación 3, caracterizado por que a baja carga de la central termoeléctrica es extraído vapor entre el primer (SH1) y el último supercalentador (SH3), de manera que extrayendo vapor entre el primer (SH1) y el último supercalentador (SH3) la temperatura (T_{LS}) del vapor vivo y la presión (p_{LS}) de vapor vivo elevada es estabilizada, de manera que los cambios de temperaturas durante el funcionamiento a diferentes cargas resultan mínimos para el generador (1) de vapor.
5. Método según la reivindicación 3 o 4, caracterizado por que a baja carga de la central termoeléctrica es extraído vapor antes del primer re-supercalentador (RSH1).
6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el vapor extraído bien entre el primer (SH1) y el último supercalentador (SH3) o bien antes del último re-supercalentador (SH23) es utilizado para cargar un depósito (A) de calor de alta temperatura y/o de baja temperatura, para secar y fluidificar el carbón, especialmente lignito, alimentando uno o más de los precalentadores (VW1 a VW5) con energía térmica, haciendo funcionar una segunda turbina de vapor o un motor de vapor y/o suministrando energía para procesos industriales.
7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la presión (p_{LS}) del vapor vivo es reducida.
8. Programa informático caracterizado por que está programado para controlar una central termoeléctrica según uno de los métodos reivindicados con una de las reivindicaciones anteriores.
9. Medio de almacenamiento electrónico para una unidad de control de una central termoeléctrica, caracterizado por que un programa informático según la reivindicación 8 es almacenado en él.
10. Unidad de control de una central termoeléctrica caracterizada por que está programada para controlar una central termoeléctrica según uno de los métodos reivindicados en una de las reivindicaciones 1 a 7.

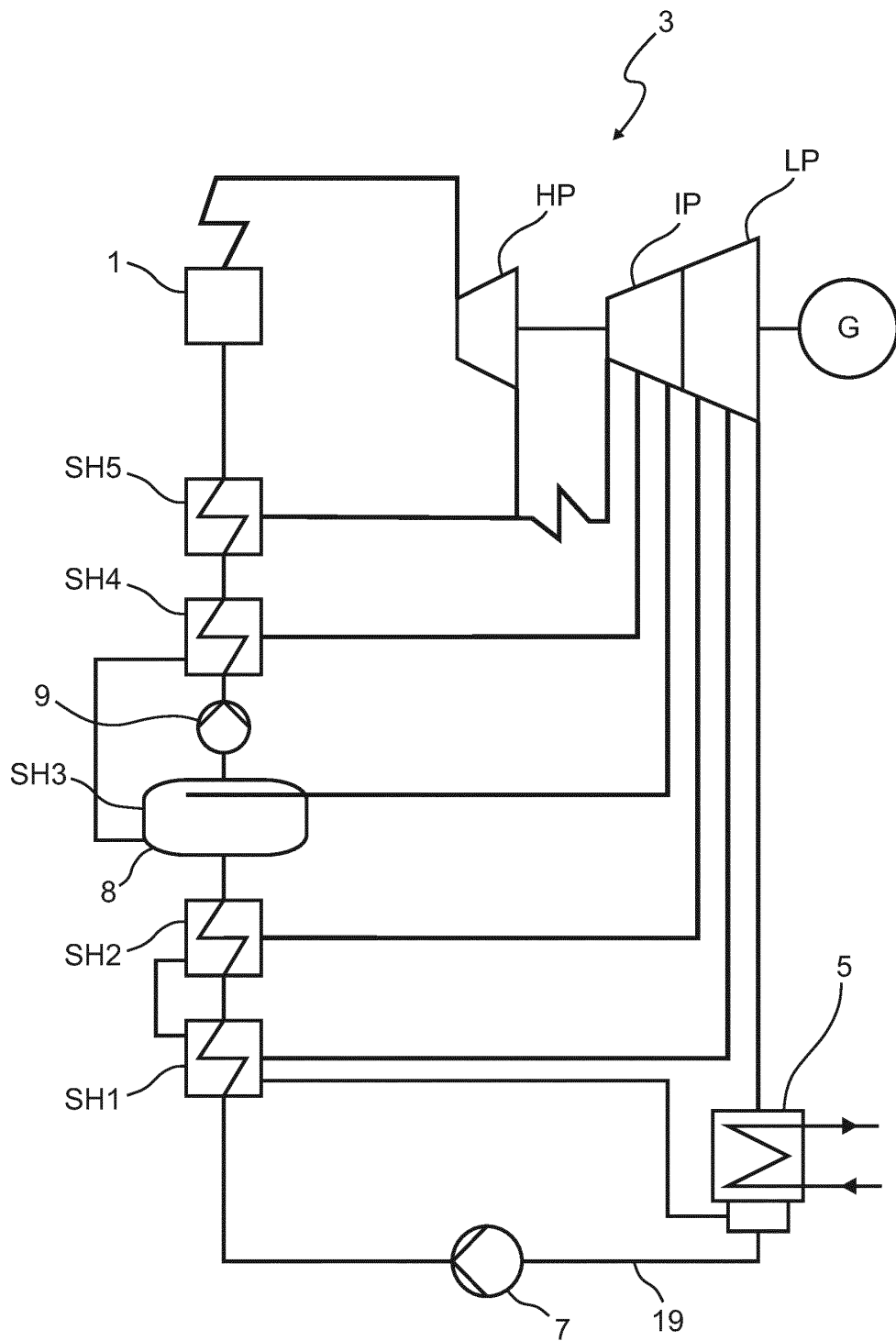


Fig. 1

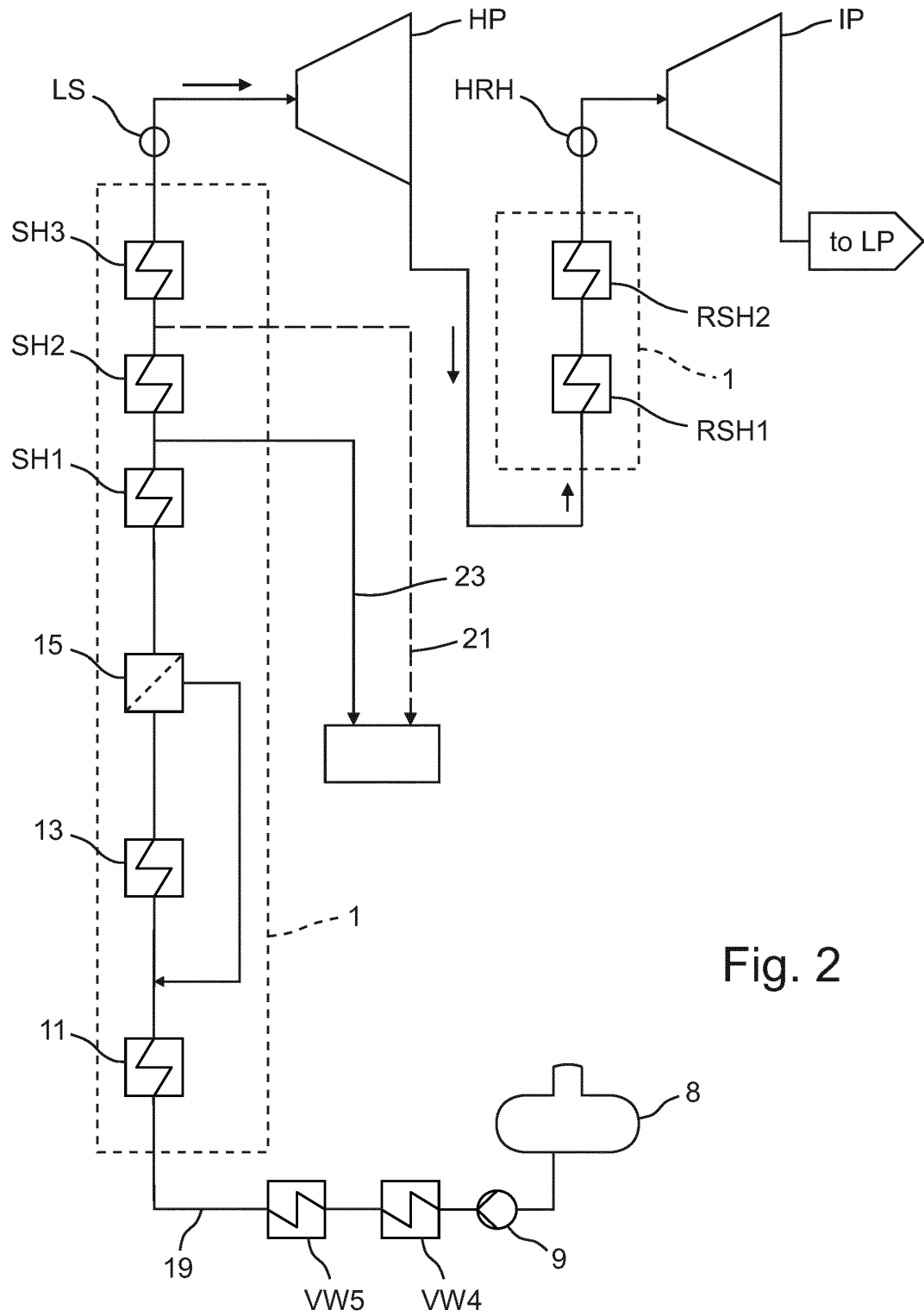


Fig. 2

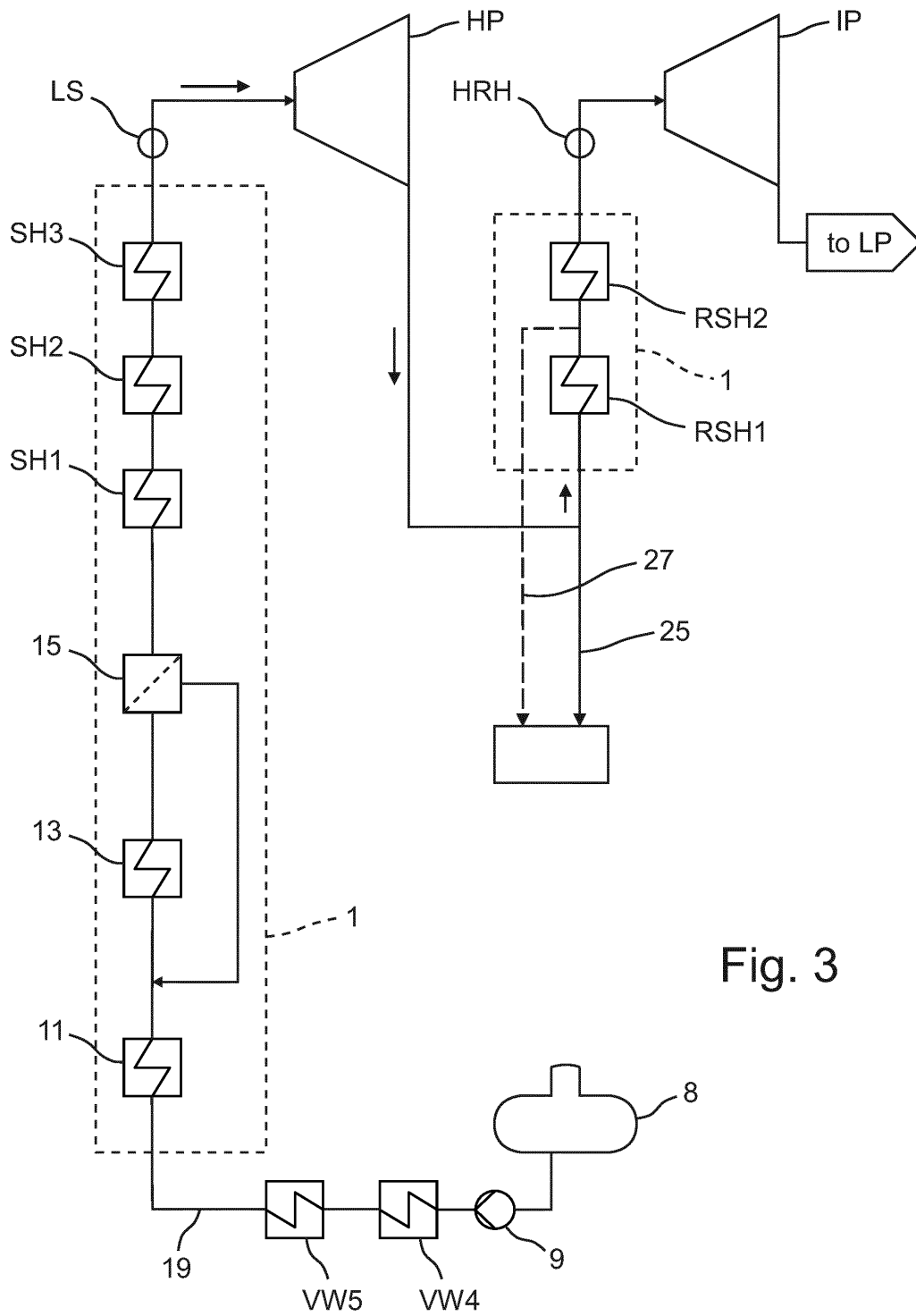


Fig. 3

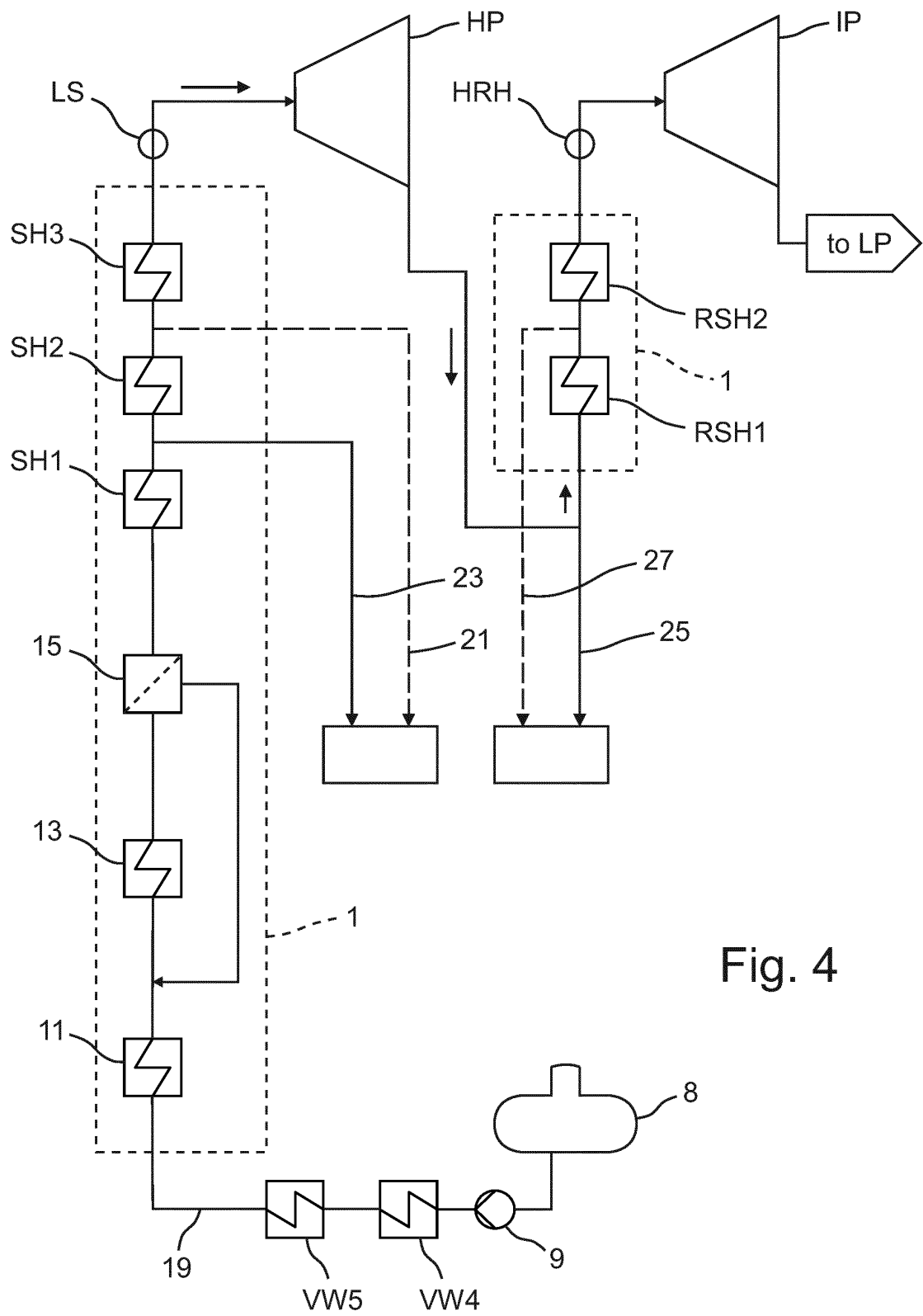


Fig. 4