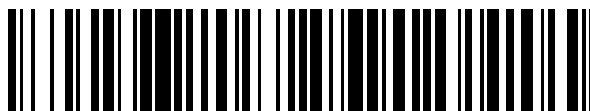


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 568 211**

51 Int. Cl.:

F03G 6/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2010** **E 10705976 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.02.2016** **EP 2419634**

54 Título: **Central termoeléctrica con colectores solares**

30 Prioridad:

18.04.2009 DE 102009018027
02.12.2009 DE 102009056707

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
28.04.2016

73 Titular/es:

ALSTOM TECHNOLOGY LTD. (100.0%)
Brown Boveri Strasse 7
5401 Baden, CH

72 Inventor/es:

UNGERER, BJOERN;
KITZMANN, EWALD y
SCHUELE, VOLKER

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 568 211 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 termoeléctrica con colectores solares

5 Las centrales termoeléctricas convencionales poseen un circuito cerrado de vapor de agua en el que se aporta, en el generador de vapor y mediante la combustión de un combustible fósil, agua de alimentación de caldera de manera que pase al estado de vapor. Este vapor impulsa, a través de varias turbinas de vapor, un generador y se vuelve a licuar después en un condensador.

10 En el pasado se han realizado pruebas tendentes a introducir energía térmica en el circuito de vapor de agua de una central termoeléctrica calentada por medio de combustibles fósiles para aumentar la potencia eléctrica y/o reducir el consumo de combustible.

15 Por el documento US 4,069,674 se conoce, por ejemplo, el método de precalentar un flujo parcial del condensado en colectores solares y reconducirlo después al precalentador. En este procedimiento se rodean todos los precalentadores. Esto significa que el flujo de condensado parcial se desvía antes de llegar al primer precalentador y, una vez que haya pasado por todos los colectores solares, el flujo parcial precalentado con energía solar del condensado se vuelve a introducir, detrás del último precalentador, en el flujo de condensado principal.

20 Dado que el flujo parcial precalentado con energía solar debe presentar la misma temperatura que el flujo de condensado principal precalentado en los precalentadores, el resultado es un gran margen de separación de temperaturas del flujo parcial de condensado en los colectores solares. Este gran margen de separación de temperaturas sólo se consigue en pocos días del año o en pocas horas del año, por lo que la contribución de los colectores solares al precalentamiento del condensado es relativamente pequeña.

El documento US 2008/0034757 A1 describe un procedimiento similar en el que se prevé un intercambiador de calor en serie con los precalentadores. En este intercambiador de calor se calienta el condensado por medio de un aceite térmico calentado a su vez por colectores solares.

25 El inconveniente de este procedimiento consiste en que, como consecuencia de la disposición en serie del intercambiador de calor, se produce una pérdida adicional de presión en el circuito de vapor de agua, incluso cuando no se introduce calor a través del intercambiador de calor, por ejemplo por falta de radiación solar. Por otra parte, este sistema es, en comparación, poco flexible, de modo que sólo en caso de una radiación solar óptima los colectores solares pueden hacer una aportación digna de mención. A esto hay que añadir que el coste de producción es relativamente elevado, puesto que todos los componentes tienen que ser resistentes a altas presiones.

30 Por el documento WO97/14887 se conoce un procedimiento en el que, en un campo de colectores solares, se genera vapor húmedo que se puede introducir directamente en la botella de separación o en el tambor del generador de vapor. El inconveniente de este procedimiento es que la energía térmica solar sólo se puede introducir a un nivel de temperatura establecido, requiriendo la adaptación posterior una intervención en el propio generador de vapor.

35 En el documento US 2007/157614 A1 se revela una central termoeléctrica en cuyo circuito de vapor se puede introducir tanto energía térmica de combustibles como también energía solar.

40 En resumen se puede decir que estas centrales termoeléctricas con apoyo térmico solar conocidas por el estado de la técnica sólo presentan una flexibilidad reducida en lo que se refiere a las temperaturas a las que se puede introducir energía solar en el circuito de vapor de agua. Por consiguiente, el porcentaje de energía solar en la generación de energía eléctrica es, en comparación, reducido.

La invención se basa en la tarea de proporcionar una central termoeléctrica y un procedimiento que permitan una mayor contribución de la radiación solar a la generación de energía eléctrica de una central termoeléctrica con generador de vapor de combustible fósil.

45 Al mismo tiempo se pretende que la central eléctrica según la invención se pueda adaptar de manera sencilla a circunstancias geográficas distintas. También se desea que las centrales eléctricas ya existentes se puedan adecuar posteriormente y que la disponibilidad y fiabilidad de la central eléctrica no varíen y se mantengan altas.

50 Esta tarea se resuelve según la invención con una central termoeléctrica que comprende una caldera, una turbina, un condensador y al menos un precalentador previendo, paralelamente a uno o varios precalentadores, al menos un intercambiador de calor y transmitiendo, en el intercambiador de calor, el calor de uno o varios colectores solares al flujo parcial del condensado que fluye a través del intercambiador de calor.

Dado que el intercambiador de calor según la invención, con cuya ayuda se introduce el calor solar obtenido en la central termoeléctrica, se conecta en paralelo con uno o varios precalentadores, es posible integrar o introducir la energía solar a distintos niveles de temperatura.

55 Si se emplean, por ejemplo, varios colectores solares no concentradores, es recomendable introducir la energía solar a temperaturas bajas, es decir, en la zona de los primeros precalentadores después del condensador. Sin embargo, si se utilizan colectores solares concentradores, resulta más ventajoso introducir el calor generado por estos colectores solares de temperatura alta a un nivel de temperatura más elevado en el circuito de vapor, para lo

que el intercambiador de calor se dispone paralelo a uno o varios precalentadores situados directamente delante del generador de vapor o economizador.

Conforme a la invención también es posible prever varios precalentadores conectados en serie, especialmente precalentadores de baja presión o precalentadores de alta presión y que el intercambiador de calor se pueda conectar paralelo a uno o varios precalentadores. Así es posible introducir la energía solar obtenida, en dependencia de la radiación solar disponible en ese momento, en el circuito de vapor de agua allí donde el condensado que fluye por los precalentadores tenga aproximadamente la misma temperatura que la que se puede conseguir en los colectores solares.

También es posible conectar este intercambiador de calor paralelo a dos precalentadores con lo que aumenta el margen de separación de temperaturas. Por otra parte cabe la posibilidad de que durante la marcha, y en dependencia de la radiación solar disponible y de la temperatura resultante del soporte de calor que fluye por los colectores solares, se acople el intercambiador de calor a lo largo del día en puntos alternativos de la corriente de agua de alimentación principal y/o de que se desacople de dicha corriente. De esta manera se puede introducir la energía solar del mejor modo posible en el circuito de vapor de agua durante todo el día y a pesar de las variaciones del rendimiento.

De este modo la contribución de los colectores solares al calentamiento del agua de alimentación y a la rentabilidad de la central eléctrica según la invención se puede incrementar considerablemente. Además también es posible garantizar una contribución significativa de los colectores solares a la aportación de energía al circuito de agua de la central eléctrica, a pesar del número, en comparación reducido, de intercambiadores de calor o a la capacidad de transmisión, en comparación reducida, de los intercambiadores de calor.

Como consecuencia de la conexión en paralelo también es posible que la central termoeléctrica de combustible fósil funcione, en las horas de servicio en las que no se disponga de energía solar, sin resistencias al flujo o disminuciones del rendimiento.

La tarea antes mencionada se resuelve en una central termoeléctrica que comprende una caldera, un recalentador y/o uno o varios recalentadores intermedios, una turbina y un condensador, introduciéndose en el recalentador y/o en los recalentadores intermedios, para la regulación de la temperatura del vapor vivo y/o para la regulación de la temperatura del condensado de vapor recalentado, agua de alimentación procedente de una tubería de agua de alimentación, porque de forma paralela a la tubería de agua de alimentación se prevé un tercer intercambiador de calor y porque en el tercer intercambiador de calor el calor se puede transmitir de uno o varios colectores solares al agua de alimentación.

De acuerdo con la invención resulta así también posible regular el condensado utilizado para la regulación de la temperatura del vapor vivo o del vapor recalentado en los recalentadores intermedios. Se considera que, cuánto mayor sea la temperatura del condensado, tanto más agua se puede introducir en el vapor recalentado para ajustar los parámetros de vapor deseados. Esto significa también que, como consecuencia de la elevación térmica solar de la temperatura del agua de alimentación, el generador de vapor (1) necesita menos combustible, siendo el rendimiento de la central eléctrica el mismo, por lo que se vuelve a lograr aquí una contribución significativa del calor obtenido en los colectores solares a la producción de corriente eléctrica.

Gracias a la disposición flexible o a la incorporación del calor generado en los colectores solares en el recalentador o en uno o varios recalentadores intermedios, es posible maximizar de manera flexible la incorporación del calor generado en los colectores solares en función del rendimiento momentáneo de los colectores solares. De este modo aumenta la contribución de la radiación solar a la producción de corriente eléctrica, con lo que se reduce de manera correspondiente el consumo de combustible y/o se eleva el rendimiento.

Alternativa o adicionalmente también es posible prever en una central eléctrica que comprende una caldera, una turbina, un condensador, una bomba de agua de alimentación, una turbina de accionamiento de la bomba de agua de alimentación accionada por vapor y una tubería de vapor entre la turbina y la turbina de accionamiento de agua de alimentación, un cuarto intercambiador de calor en la tubería de vapor, y transmitir en el cuarto intercambiador de calor el calor generado por uno o varios colectores solares al vapor que fluye por la tubería de vapor.

De esta manera el vapor extraído de la turbina se puede recalentar con ayuda de los colectores solares, lo que da lugar al correspondiente incremento del rendimiento de la turbina de accionamiento de la bomba de agua de alimentación. Dado que el rendimiento de la turbina de accionamiento de la bomba de agua de alimentación viene dado por el punto de funcionamiento de la central eléctrica, es posible extraer menos vapor de la turbina, aumentando de forma correspondiente la potencia eléctrica de la central eléctrica y/o reduciéndose el consumo de carburante.

Otra variante de realización ventajosa de la central eléctrica según la invención prevé una caldera, una turbina y un condensador, fluyendo por el condensador un refrigerante, especialmente agua, que se enfría, por ejemplo, en una torres de refrigeración o en un río, y pudiéndose enfriar el refrigerante según la invención, antes de entrar en el condensador, por medio de un refrigerador por absorción.

De este modo se baja la temperatura a la que el refrigerante entra en el condensador. Como consecuencia se reduce también la presión en el condensador, con lo que aumenta la caída de presión de la que dispone la turbina

de vapor para la conversión en trabajo mecánico. Por este motivo aumenta el rendimiento de la turbina con el mismo caudal de vapor. Dado que, por naturaleza, la capacidad frigorífica del refrigerador por absorción llega al máximo cuando la radiación solar es muy elevada y que, en virtud de la temperatura de ambiente más alta el refrigerante tendría, antes de entrar en el condensador, una temperatura en comparación elevada, esta medida resulta especialmente eficaz cuando la central eléctrica presente, a causa de la temperatura de ambiente más alta, un grado de eficiencia reducido o una potencia reducida.

En función del nivel de temperatura y de otras condiciones marginales se pueden emplear para las centrales termoeléctricas según la invención como conectores solares colectores concentradores, por ejemplo, colectores cilindro-parabólicos, colectores Fresnel o receptores de torre con campo de heliostatos o colectores no concentradores, especialmente colectores planos o colectores de tubo de vacío.

De nuevo se puede ver la flexibilidad de la central termoeléctrica según la invención, puesto que a la hora de diseñar la central termoeléctrica conforme a la invención no sólo se puede tener en cuenta, del mejor modo posible, la radiación solar existente localmente en el emplazamiento de la central eléctrica, sino que también se pueden considerar los precios y el comportamiento funcional de los más diversos colectores solares.

Como soporte de calor para los colectores solares y para el lado de calor del intercambiador de calor se puede utilizar, según la invención, agua o aceite térmico. Esto depende a su vez de las temperaturas de funcionamiento de los colectores solares, por lo que con vistas al soporte de calor también se ofrece máxima flexibilidad.

La tarea en la que se basa la invención se resuelve igualmente por un procedimiento descrito en las reivindicaciones dependientes 8 y siguientes. En este procedimiento se ponen en práctica las ventajas antes descritas.

Otras ventajas y realizaciones ventajosas de la invención se pueden ver en el siguiente dibujo, en su descripción y en las reivindicaciones. Todas las características señaladas en el dibujo, en su descripción y en las reivindicaciones pueden ser esenciales en términos de invención, tanto individualmente como en cualquier combinación.

Dibujo:

Se ve en la

Figura 1 un esquema de conexiones de una central termoeléctrica convencional;

Figuras 2 y 3 ejemplos de realización de una central termoeléctrica según la invención;

Figura 4 la contribución de la energía solar introducida en diversos puntos de la central termoeléctrica y

Figuras 5 a 13 ejemplos de realización de centrales termoeléctricas según la invención.

Descripción de los ejemplos de realización

En la figura 1 se representa, en un diagrama de bloque, una central termoeléctrica convencional calentada con combustible fósil o biomasa. La figura 1 sirve fundamentalmente para definir los distintos grupos de componentes de la central eléctrica y para ilustrar el contexto general del circuito de vapor de agua dado que, por razones de mayor claridad, en las siguientes figuras sólo se representan las partes consideradas relevantes del circuito de vapor de agua.

En un generador de vapor 1 se genera a partir de agua de alimentación, con ayuda de combustibles fósiles o mediante biomasa, vapor vivo que se expande en una turbina de vapor 3, con lo que acciona un generador G. La turbina 3 se puede dividir en una parte de alta presión HD, una parte de media presión MD y una parte de baja presión ND.

Después de la expansión del vapor en la turbina 3, el vapor pasa a un condensador 5 en el que se licúa. Con este fin se aporta al condensador 5 un refrigerante siempre líquido, por ejemplo agua de refrigeración. El agua de refrigeración se enfría en una torre de refrigeración (no representada) o en un río (no representado) cercano a la central eléctrica, antes de que entre en el condensador 5.

El condensado que se produce en el condensador 5 se transporta por medio de una bomba de condensado 7 a varios precalentadores VW_i , siendo $i = 1 \dots n$. En el ejemplo de realización mostrado se dispone, después del segundo precalentador VW_2 , una caldera de agua de alimentación 8. Detrás de la caldera de agua de alimentación 8 se prevé una bomba de agua de alimentación 9.

En relación con la invención, es importante que el agua de alimentación del condensador 5 se precaliente con vapor desde el primer precalentador VW_1 hasta el último precalentador VW_5 . De este modo la temperatura del condensado o del agua de alimentación sube de un precalentador a otro, debiendo subir también de manera correspondiente la temperatura del vapor empleado para el precalentamiento.

En el ejemplo representado los precalentadores VW_1 y VW_2 se calientan con vapor de la parte de alta presión HD de la turbina de vapor 3, mientras que el último precalentador VW_5 se calienta con vapor de la parte de baja presión ND de la turbina de vapor 3.

El tercer precalentador VW3 configurado en el depósito de agua de alimentación 8 se calienta con vapor de la parte de media presión MD de la turbina 3.

En la figura 2 se ilustra un primer ejemplo de realización de una central termoeléctrica según la invención. Se emplean las mismas referencias indicadas en relación con la figura 1.

- 5 En la figura 2 se disponen en total cuatro precalentadores VW1 a VW4 entre la bomba de condensado 7 y el depósito de agua de alimentación 8. Éstos son los así llamados precalentadores de baja presión.

Como se puede ver en la figura 2, el condensado entra en el primer precalentador VW1 a una temperatura de entre 30° y 40° C y se calienta allí hasta una temperatura de salida de 55° C a unos 70° C con ayuda de vapor procedente de la turbina de vapor 3 (véase figura 1). La aportación de vapor se indica en la figura 2 por medio de flechas sin
10 números de referencia.

La expansión de la temperatura del segundo precalentador VW2 entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida oscila entre los 55° C y los 70° C como temperatura de entrada y entre los 80° C y los 100° C como temperatura de salida. El tercer precalentador VW3 este condensado se calienta de los 80 a 100° C hasta los 120 a 135° C, y en el cuarto precalentador VW4 se sigue calentando hasta los 140 a 160° C.

- 15 De acuerdo con la invención se prevé disponer, paralelo al segundo precalentador VW2, un primer intercambiador de calor 11. Parte del flujo de condensado se puede conducir por una derivación al segundo precalentador VW2 a través del primer intercambiador de calor 11.

Por el primer intercambiador de calor 11 pasa un soporte de calor, por ejemplo agua, que se calienta en un campo de colectores 13 con ayuda de la radiación solar. Con las temperaturas antes citadas de 55 a 100° C, como máximo,
20 se ha podido comprobar que los colectores planos o de tubos de vacío son especialmente eficientes en un campo de colectores 13. En un campo de colectores 13 de estas características, el soporte de calor se puede calentar, por ejemplo por el lado de entrada al primer intercambiador de calor 11, a una temperatura de, por ejemplo, 105° C, después de lo cual sale del primer intercambiador de calor a una temperatura de unos 75° C.

En el circuito del soporte de calor se dispone, como es lógico, una bomba de circulación 15 para hacer circular el soporte de calor. El caudal de la bomba de circulación 15 se regula de forma que el soporte de calor tenga la temperatura deseada al entrar en el primer intercambiador de calor 11.

El flujo del condensado, que fluye por el primer intercambiador de calor 11, se regula en dependencia del rendimiento momentáneo del campo de colectores 13, de manera que el condensado tenga al salir del primer soporte de calor 11 la misma temperatura que el flujo de condensado principal que fluye por el segundo precalentador VW2. Con este objetivo se monta una válvula de regulación de caudal 17 en la derivación del segundo precalentador VW2.

Se entiende por sí sólo que en países con radiación solar alta y buena orientación del campo de colectores 13 se puede conseguir una temperatura de salida más elevada que los 105° C que se indican, por ejemplo, en la figura 3 por el lado de entrada del soporte de calor al primer intercambiador de calor 11. En este caso sería posible conectar el primer intercambiador de calor 11 paralelo al tercer precalentador 3, que con temperaturas más elevadas funciona como segundo precalentador VW2.

Con una oferta menor de radiación solar sería lógicamente posible disponer el primer intercambiador de calor 11 paralelo al primer precalentador VW1. Esto significa que el soporte de calor se tendría que calentar a 75° C en el campo de colectores. El concepto según la invención ofrece, por lo tanto, una gran flexibilidad en lo que se refiere a la radiación solar. Como el primer intercambiador de calor 11 se conecta paralelo a un precalentador VW_i también es posible instalar con posterioridad el primer intercambiador 11 y el campo de colectores 13 en centrales termoeléctricas que ya están funcionando.

La flexibilidad del sistema según la invención destaca especialmente en la figura 3. La diferencia esencial entre los ejemplos de realización según la figura 2 y la figura 3 consiste en que entre la bomba de condensado 7 y el primer intercambiador de calor se prevé el precalentador VW1 y en que entre todos los precalentadores y el cuarto precalentador 4 y la caldera de agua de alimentación 8 se desvía respectivamente una tubería de derivación (sin referencia) de la tubería (principal) de agua de alimentación 19, montándose en cada una de las tuberías de derivación al menos una válvula de distribución 17. Como resulta de la figura 3, mediante la conexión representada es posible conectar el primer intercambiador de calor 11 paralelo al primer precalentador VW1, al segundo precalentador VW2, al tercer precalentador VW3 o al cuarto precalentador VW4. Dado que todas las válvulas 17 se pueden controlar, es posible emplear el primer intercambiador 11 en principio en paralelo con el primer precalentador VW1 durante el funcionamiento corriente de la central termoeléctrica, por ejemplo por la mañana cuando la radiación solar aún es reducida. Cuando la radiación solar se hace más intensa, el primer intercambiador de calor 11 se puede conectar sucesivamente en paralelo con los precalentadores VW2, VW3 y VW4.

55 El esquema de conexión representado en la figura 3 prevé que el primer intercambiador de calor 11 funcione, por ejemplo, en paralelo con el primer precalentador VW1 y con el segundo precalentador VW2. Esto significa que el flujo parcial que fluye por el primer intercambiador de calor 11 experimenta, partiendo de una temperatura de entrada de 30 a 40° C, una expansión de temperaturas hasta los 80 a 100° C. Como es natural, esto sólo es posible con un campo de colectores 13 muy potente. Lógicamente también sería posible conectar el primer intercambiador

de calor 11 paralelo a los precalentadores VW2 a VW4. Como se puede deducir del diagrama de bloque según la figura 3, se pueden poner en práctica todas las combinaciones de uno o varios precalentadores.

Las ventajas de esta conexión en paralelo tan flexible del primer intercambiador de calor 11 respecto a uno o varios de los precalentadores VW1 a VW4 también se pueden ver en la figura 4.

- 5 Como rendimiento se define la proporción entre la potencia (eléctrica) adicional en el generador y la potencia de la radiación solar que incide en los colectores solares. Ejemplo: con una potencia de radiación específica de 500 W/m^2 sobre 20.000 m^2 , la potencia solar es de 10 MW . Si esta potencia se introduce en el circuito de vapor de agua y si el generador consigue, como consecuencia, una potencia adicional de 3 MW , el rendimiento es del 30% .

- 10 En la figura 4 se indica el rendimiento por encima de la potencia específica superficial de la radiación solar [W/m^2] para distintas variantes de incorporación de calor obtenido por radiación solar en el circuito de vapor de agua de la central eléctrica. Por una parte se representa, con una primera serie 21, la incorporación con ayuda del primer intercambiador de calor 11 paralelo al primer precalentador 1. Por el desarrollo de esta serie se ve claramente que el aprovechamiento de la energía solar contribuye con más del 2% al suministro de calor incluso en caso de una radiación solar reducida, por ejemplo de 200 W/m^2 .

- 15 Con una potencia de radiación claramente mayor (por ejemplo de 1.000 W/m^2), la contribución sube a un máximo del $3,3 \%$ en el ejemplo en el que se basa la figura 4. Esto quiere decir que, con una potencia de radiación baja, esta conexión funciona de manera especialmente eficiente y que con potencias de radiación más altas la contribución sólo aumenta en un volumen reducido.

- 20 La segunda serie 23 representa el aumento del rendimiento cuando el intercambiador de calor 11 se conecta paralelo al segundo precalentador VW2. Del desarrollo de la segunda serie 23 se deduce que el aprovechamiento de la energía solar sólo empieza con una radiación solar de unos 200 W/m^2 y que puede llegar hasta un 7% con una potencia de radiación de 1.000 W/m^2 .

- 25 La tercera serie 25 representa el aumento del rendimiento cuando el primer intercambiador de calor 11 se conecta en paralelo con el tercer precalentador VW3. Del desarrollo de la tercera serie 25 se deduce que el aprovechamiento de la energía solar sólo empieza con una radiación solar de unos 270 W/m^2 y que puede llegar hasta más del 9% con una potencia de radiación de 1.000 W/m^2 .

- 30 La cuarta serie 27 representa el aumento del rendimiento cuando el primer intercambiador de calor 11 se conecta en paralelo con el cuarto precalentador VW4. Del desarrollo de la tercera serie 27 se deduce que el aprovechamiento de la energía solar sólo empieza con una radiación solar de unos 370 W/m^2 y que puede llegar hasta más del 10% con una potencia de radiación de 1.000 W/m^2 .

- 35 El aumento del rendimiento como consecuencia de la integración variable según la invención del primer intercambiador de calor 11 conforme a la radiación solar disponible se representa por medio de la serie 29. Se observa un rendimiento máximo en toda la gama de radiación solar desde los 200 W/m^2 hasta los 1000 W/m^2 aproximadamente, a pesar de que el primer intercambiador de calor 11 es el mismo en todas las variantes representadas. Para poder llevar a cabo la incorporación variable según la invención de la energía solar sólo hacen falta unas tuberías y unas válvulas de regulación 17 (véase la figura 3), por lo que la rentabilidad de esta variante es muy elevada.

- 40 En la figura 5 se representa una parte del diagrama de bloque de una central termoeléctrica conforme a la invención, en la que los precalentadores VW6 y VW7 son unos así llamados precalentadores de alta presión, puesto que se disponen aguas abajo de la bomba de alimentación de la caldera 9 y delante del generador de vapor 1.

- 45 El circuito hidráulico es, en principio, el mismo que en el ejemplo de realización según las figuras 2 y 3. Sin embargo, la temperatura de entrada del agua de alimentación antes de su entrada en el precalentador VW6 es de unos 150 a 190°C , saliendo el agua de alimentación después del sexto precalentador VW6 a temperaturas de entre 200 y 220°C . La temperatura de salida correspondiente del séptimo precalentador VW7 es de 230 a 280°C . En el ejemplo de realización según la figura 5 se conecta un segundo intercambiador de calor 33 paralelo al séptimo precalentador VW7, de modo que el intercambiador de calor del campo de colectores 13 tiene que transmitir temperaturas elevadas al segundo intercambiador de calor 33.

En este ejemplo de realización es necesario que los distintos colectores del campo de colectores se configuren en forma de colectores concentradores, por ejemplo como colectores cilindro-parabólicos o colectores Fresnel.

- 50 En la figura 6 se representa otro ejemplo de realización más de una incorporación según la invención de energía solar a una central termoeléctrica. Entre la parte de alta presión HD de la turbina de vapor 3 y la parte de media presión MD de la turbina de vapor se dispone un recalentador intermedio 35. De acuerdo con la invención se monta entre la parte de alta presión HD de la turbina de vapor 3 y el recalentador intermedio 35 un tercer intercambiador de calor 37 que recibe el calor generador por colectores solares de un campo de colectores 13. También aquí se prevén las válvulas de regulación 17 que permiten controlar el caudal de vapor que pasa por el tercer intercambiador de calor 37.

En la figura 7 se representa otro ejemplo de realización de un sistema de recalentamiento intermedio. Entre la parte de media presión MD y la parte de baja presión ND de la turbina de vapor 3 el vapor se somete en el tercer

intercambiador de calor 37 a un recalentamiento. Como consecuencia se puede aumentar opcionalmente la potencia de la central eléctrica o el combustible y/o reducir el consumo de combustible de la central eléctrica.

En la figura 8 se representa cómo se incorpora la energía solar, según la invención, al agua de alimentación que se inyecta en el recalentador 35 para regular la temperatura del vapor vivo.

5 Con esta finalidad se prevé, de manera en sí conocida, una tubería de derivación 39 que se separa de una tubería de agua de alimentación 19 antes de su entrada en el generador de vapor 1 y que termina en el recalentador 35. Para poder controlar y aumentar la cantidad de condensado inyectado en el recalentador 35 se prevé una válvula de regulación 17 en dicha tubería de derivación 39. Conforme a la invención, se monta en la tubería de derivación 39 un
10 cuarto intercambiador de calor 41 conectado a un campo de colectores 13 del que recibe el calor generado por colectores solares.

Dado que la temperatura del agua de alimentación o del condensado se eleva en el cuarto intercambiador de calor 41 es posible inyectar una mayor cantidad de condensado en el recalentador 35 para alcanzar los parámetros de vapor vivo deseados (presión y temperatura). De esta forma se reduce la potencia térmica del generador de vapor 1
15 necesaria para lograr un rendimiento determinado de la turbina de vapor 3, lo que se refleja directamente en un ahorro de combustible y/o en un aumento del rendimiento.

En la figura 9 se representa, además de la inyección en el recalentador 35, la inyección de agua de alimentación en un recalentador intermedio 43. En la tubería de agua de inyección, y en serie con el recalentador intermedio 43, se dispone un quinto intercambiador de calor 45. El quinto intercambiador de calor 45 calienta el agua de alimentación que fluye por una tubería de extracción de agua de alimentación 47, que se separa de la tubería de agua de
20 alimentación 19 detrás de la bomba de agua de alimentación 9, antes de entrar en el recalentador intermedio 43. Según la invención resulta de nuevo posible incorporar el calor generado por colectores solares, a través del quinto intercambiador de calor 45, al circuito de vapor y optimizar así el rendimiento y/o el consumo de combustible de la central termoeléctrica.

En la figura 10 se representa un ejemplo de realización en el que la bomba de agua de alimentación 9 es accionada por una turbina de bomba de accionamiento de agua de alimentación SPAT. Esta turbina de bomba de accionamiento de agua de alimentación SPAT funciona con vapor extraído de la parte de media presión MD de la
25 turbina de vapor 3.

Para ello, la parte de media presión MD de la turbina de vapor 3 se dota de una tubería de extracción 49. En esta tubería de extracción 49 se dispone, detrás de una válvula de regulación 17, un sexto intercambiador de calor 51
30 que recibe calor solar de un campo de colectores 13.

De esta manera es posible recalentar de forma intermedia el vapor extraído de la turbina de vapor 3 en el sexto intercambiador de calor 51, reducir como consecuencia el caudal de vapor extraído y aumentar el rendimiento de la turbina de vapor 3 y/o reducir el consumo de combustible.

En la figura 11 se representa otra posibilidad más según la invención de incorporar energía solar al proceso de la central termoeléctrica. Con ayuda de un campo de colectores solares 13 se hace funcionar un refrigerador por absorción AKM que enfría aún más el agua de refrigeración para el condensador 5. El agua sólo se enfría después
35 de haber sido enfriado lo máximo posible en la torre de refrigeración (no representada) de la central termoeléctrica o en el agua de un río (no representado) que se encuentra en las proximidades.

Debido a la refrigeración ulterior del agua de refrigeración se reduce el nivel de presión en el condensador 5, con lo
40 que aumenta la caída de presión aprovechable en la turbina de vapor 3 y se incrementa el rendimiento de la central eléctrica.

En la figura 11 el refrigerador por absorción AKM se conecta en el conducto de derivación a la tubería de refrigerante que abastece al condensador 5. Alternativamente también es posible integrar el refrigerador por absorción directamente en la tubería de refrigerante, con lo que el refrigerador por absorción AKM se conecta en serie con la
45 torre de refrigeración (no representada) y con el condensador 5.

La figura 12 muestra una integración en serie de un séptimo intercambiador de calor 61 alimentado con calor solar en un precalentador HD. La integración en serie según la invención prevé un intercambiador de calor adicional 61 en el tramo de precalentamiento de alta presión. Para poder introducir la energía solar del modo termodinámicamente más eficaz, se instalan por separado los componentes principales del último precalentador de alta presión VW_i,
50 en concreto el calentador 57, el condensador 58 y el subenfriador 59. El intercambiador de calor 61 alimentado con calor solar se integra entre el calentador 57 y el condensador 58 del último precalentador alimentado con vapor VW_i, aprovechándose óptimamente el nivel de temperatura de los medios que emiten calor. El agua de alimentación se puede llevar a un nivel de temperatura más elevado antes de que entre en el economizador (Eco) del generador de vapor 1. El tiempo de recalentamiento de la temperatura del generador de vapor 1 se reduce, por lo que con los
55 mismos parámetros de vapor se tiene que aportar menos energía de combustión al generador de vapor 1. Siendo constante la potencia térmica de calentamiento del generador de vapor 1, se puede aumentar alternativamente el caudal de vapor vivo y, por consiguiente, el rendimiento del generador.

En este ejemplo de realización el último precalentador VW_i ha sido dividido en tres subgrupos: en concreto, un calentador 57, un condensador 58 y un subenfriador 59. Como condensador 58 se define la parte del precalentador

VW en la que el vapor extraído se condensa y transmite su calor de condensación al agua de alimentación. Si el condensado procedente del condensador 58 posee una temperatura más alta que el agua de alimentación que entra, se puede elevar el nivel de temperatura del agua de alimentación por medio del subenfriador 59, lo que energéticamente resulta más ventajoso. El calentador 57 lleva el vapor extraído sobrecalentado al nivel de vapor saturado. Al mismo tiempo se extrae del vapor el calor, transmitiéndolo al agua de alimentación. De acuerdo con la invención se prevé entre el calentador 57 y el condensador 58 un séptimo intercambiador de calor 61 que transmite el calor solar generado en el campo de colectores 13 al agua de alimentación.

La figura 13 muestra una integración paralela de un séptimo intercambiador 61 alimentado con energía solar en un precalentador HD. Se trata en cierto modo de una variante del ejemplo de realización según la figura 12. Por esta razón se explican únicamente las diferencias, teniendo por lo demás validez todo lo que se ha dicho en relación con la figura 12.

El séptimo intercambiador de calor 61 se conecta paralelo a la tubería de agua de alimentación 19 con ayuda de la segunda tubería de derivación 63. En la segunda tubería de derivación 63 se dispone una bomba de condensado 65 adicional que transporta un flujo parcial variable del condensado que fluye por la tubería de agua de alimentación 19 a través del séptimo intercambiador de calor 61. El número de revoluciones de la bomba de condensado 65 adicional se puede regular.

Para poder controlar el tiempo de recalentamiento del séptimo intercambiador de calor 61 de manera que el campo solar 13 pueda funcionar con un rendimiento energético óptimo, no se recalienta toda la cantidad de agua de alimentación que fluye por la tubería de agua de alimentación 19, sino sólo un caudal parcial. Este caudal parcial se adapta siempre a la oferta actual de calor solar, controlando de manera adecuada la bomba regulable de condensado 65. De este modo el campo solar 13 funciona siempre a un nivel de temperatura constante.

Después del séptimo intercambiador de calor 61 el caudal parcial calentado mediante energía solar, que fluye por la segunda tubería de derivación 63, y el resto del agua de alimentación, que fluye por la tubería de agua de alimentación 19, se juntan, con lo que se ajusta la temperatura mixta de los dos caudales. Gracias al tiempo de recalentamiento optimizado del séptimo intercambiador de calor 61, el caudal que debe pasar por el campo solar 13 es menor. Como consecuencia se reducen las pérdidas de presión por el lado del agua de alimentación y del circuito solar y las pérdidas de recalentamiento en el campo de colectores.

El ejemplo de realización descrito en la figura 13 se puede cambiar en algunos detalles. La conexión mostrada en la figura 13 prevé que el calentador 57 del último precalentador VW_i se conecte, por razones termodinámicas, separado del último condensador 58 y delante del intercambiador de calor adicional. Si por motivos técnicos o por falta de espacio en el lugar correspondiente de la central eléctrica esto no fuera posible, el calentador se puede quedar, sin cambios, directamente al lado del condensador 58 del precalentador VW₁.

Si no se dispone de ningún calentador 57 para el último precalentador de alta presión, y si tampoco se prevé ninguna instalación posterior, la introducción de energía solar se produce directamente detrás del condensador 58 del último precalentador VW_i. En estas circunstancias se puede renunciar a la bomba 65 de la segunda tubería de derivación 63 del caudal parcial de agua de alimentación.

REIVINDICACIONES

1. Central termoeléctrica que comprende un generador de vapor (1), una turbina (3), un condensador (5) y al menos un precalentador (VW_i), caracterizada por que paralelo a un precalentador (VW) se prevé al menos un intercambiador de calor (11, 33) y por que en el intercambiador de calor (11, 33) se transmite calor procedente de uno o varios colectores solares (13) a un flujo parcial de condensado que fluye por al menos un intercambiador de calor (11, 33).
2. Central termoeléctrica según la reivindicación 1, caracterizada por que se prevén varios precalentadores conectados en serie, especialmente precalentadores de baja presión (VW1, VW2 ...) o precalentadores de alta presión (VW6, VW7, ...) y por que el intercambiador de calor (11, 33), al menos uno, se puede conectar en paralelo con uno o varios precalentadores (VW1, VW2, ... VW7).
3. Central termoeléctrica según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada por comprender un recalentador (35) y/o uno o varios recalentadores intermedios (43), por que para la regulación de la temperatura del vapor vivo en el recalentador (35) y/o para la regulación de la temperatura del vapor recalentado en el recalentador intermedio (43) se inyecta condensado, extraído a través de la tubería de derivación (39, 27) de la tubería de condensado (19), en el recalentador (35) y/o en los recalentadores intermedios (43), por que paralelo a la tubería de condensado (19) se prevé un cuarto intercambiador de calor (41) y/o un quinto intercambiador de calor (45), y por que en el cuarto y/o quinto intercambiador de calor (41, 45) se puede transmitir al condensado el calor de uno o varios colectores solares (13).
4. Central termoeléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que comprende una bomba de agua de alimentación (SP), una turbina de accionamiento de la bomba de agua de alimentación (SPAT) y una tubería de vapor (48) entre la turbina (3), en especial la parte de media presión (MD) de la turbina (3) y la turbina de accionamiento de la bomba de agua de alimentación (SPAT), por que en la tubería de vapor (48) se prevé un sexto intercambiador de calor (49) y por que en el sexto intercambiador de calor (49) se puede transmitir calor de uno o varios colectores solares (13) al vapor que fluye por la tubería de vapor (48).
5. Central termoeléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que por el condensador (5) fluye un refrigerante, especialmente agua, y por que el refrigerante se puede enfriar, antes de su entrada al condensador (5), por medio de un refrigerador por absorción (AKM) que funciona con energía solar.
6. Central termoeléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que al menos un precalentador de alta presión adicional (VW6, VW7) se calienta directamente o a través de un séptimo intercambiador de calor (61) por medio de un soporte de calor que fluye por un campo de colectores (13).
7. Central termoeléctrica según la reivindicación 6, caracterizada por que el séptimo intercambiador de calor (61) se conecta, a través de una segunda tubería de derivación (63), en paralelo con la tubería de agua de alimentación (19) y por que en la segunda tubería de derivación (63) se dispone una bomba de condensado (65) o una válvula de regulación.
8. Central termoeléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que como colectores solares (13) se emplean colectores concentradores, en especial colectores cilindro-parabólicos, colectores Fresnel o receptores de torre con campo de heliostatos o colectores no concentradores, especialmente colectores planos o colectores de tubo de vacío.
9. Central termoeléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que como soportes de calor para los colectores solares (13) y para el lado caliente de los intercambiadores de calor (11, 33, 37, 41, 45, 49) se emplea agua o aceite térmico.
10. Procedimiento para el funcionamiento de una central termoeléctrica que comprende un generador de vapor (1), una turbina (3), un condensador (5), al menos un precalentador (VW_i) y al menos un intercambiador de calor (11, 33) conectado paralelo a al menos un precalentador (VW_i), caracterizado por que en el intercambiador de calor (11, 33) se transmite calor de uno o varios colectores solares (13) al caudal parcial de condensado o al caudal de agua de alimentación que fluye por el intercambiador de calor (11, 33) y por que el caudal parcial de condensado se regula en dependencia de la temperatura de salida del caudal parcial de condensado o del caudal de agua de alimentación procedente del intercambiador de calor (11, 33).
11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que el intercambiador de calor (11, 33), al menos uno, se conecta paralelo a uno o varios precalentadores (VW_i) conectados en serie, en dependencia de la potencia calorífica que se puede transferir del intercambiador de calor (11, 33) al caudal parcial de condensado.
12. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11 para el funcionamiento de la central termoeléctrica que comprende un recalentador (35) y/o uno o varios recalentadores intermedios (43), inyectándose en el recalentador

- (35) y/o en los recalentadores intermedios (43) agua de alimentación extraída de la tubería de condensado (19), a través de una tubería de derivación (39, 47), para la regulación de la temperatura del vapor recalentado, caracterizado por que el calor de uno o varios colectores solares (13) se transmite al agua de alimentación y por que este condensado se inyecta en el recalentador (35) para la regulación de la temperatura del vapor vivo y/o en al menos un recalentador intermedio (43) para la regulación de la temperatura del vapor recalentado.
- 5
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 12 para el funcionamiento de una central termoeléctrica que comprende una bomba de agua de alimentación (9) y una turbina de accionamiento de la bomba de agua de alimentación (SPAT) accionada por vapor y una tubería de vapor (48) entre la turbina (3) y la turbina de accionamiento de la bomba de agua de alimentación (SPAT), caracterizado por que en un sexto intercambiador de calor (49) el calor de uno o varios colectores solares (13) se transmite al vapor que fluye por la tubería de vapor (48).
- 10
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 13 para el funcionamiento de una central termoeléctrica, fluyendo por el condensador (5) un refrigerante, en especial agua, caracterizado por que el refrigerante se enfría antes de su entrada en el condensador (5) por medio de un refrigerador por absorción (AKM) accionado por energía solar.
- 15
15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos un precalentador de alta presión adicional (VW6, VW7) es calentado directamente o a través de un séptimo intercambiador de calor (61) por un soporte de calor que fluye por un campo de colectores (13).
- 20
16. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por que el precalentador de alta presión adicional o el séptimo intercambiador de calor (61) se conectan a través de una segunda tubería de derivación (63) en paralelo con la tubería de agua de alimentación (19) y por que el caudal de agua de alimentación en la segunda tubería de derivación (63) se regula en dependencia de la temperatura de un soporte de calor que fluye por el campo solar (13).
- 25

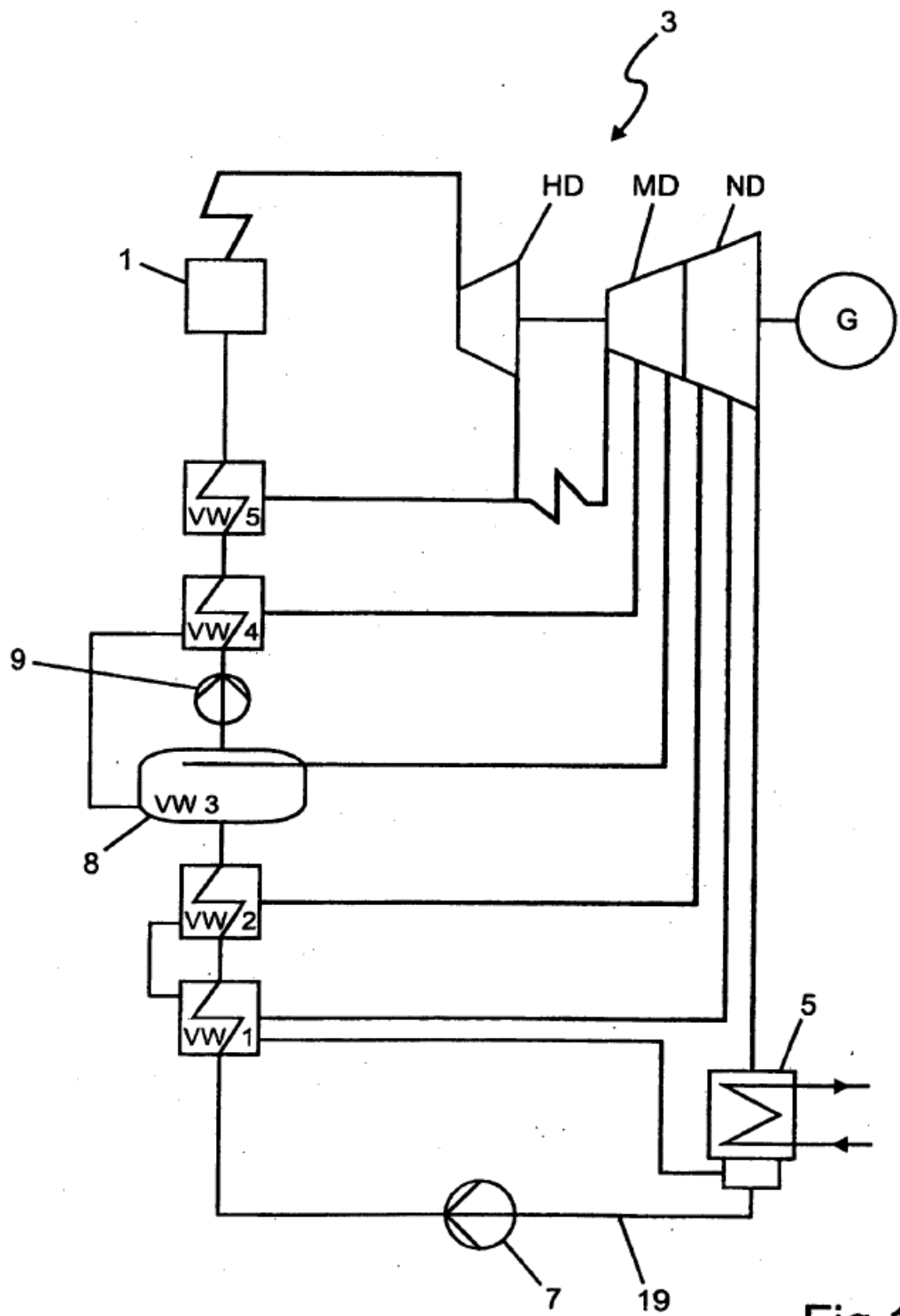


Fig.1

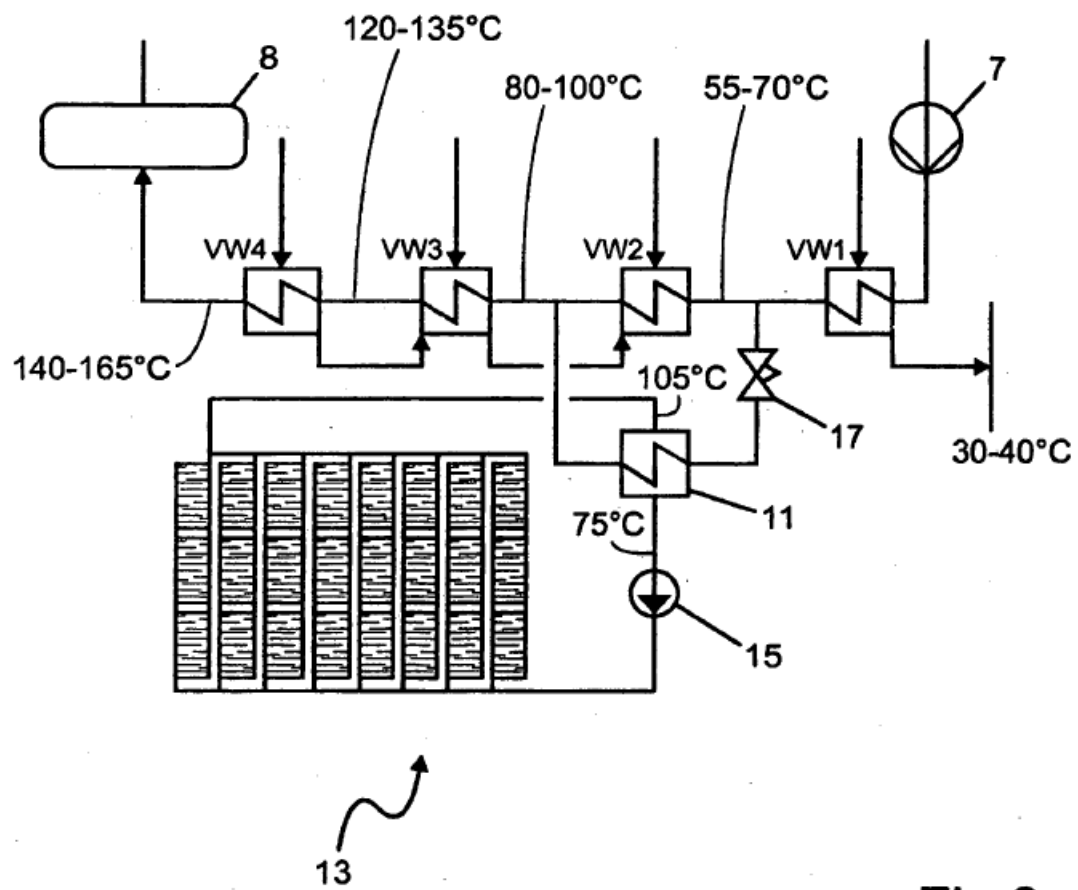


Fig.2

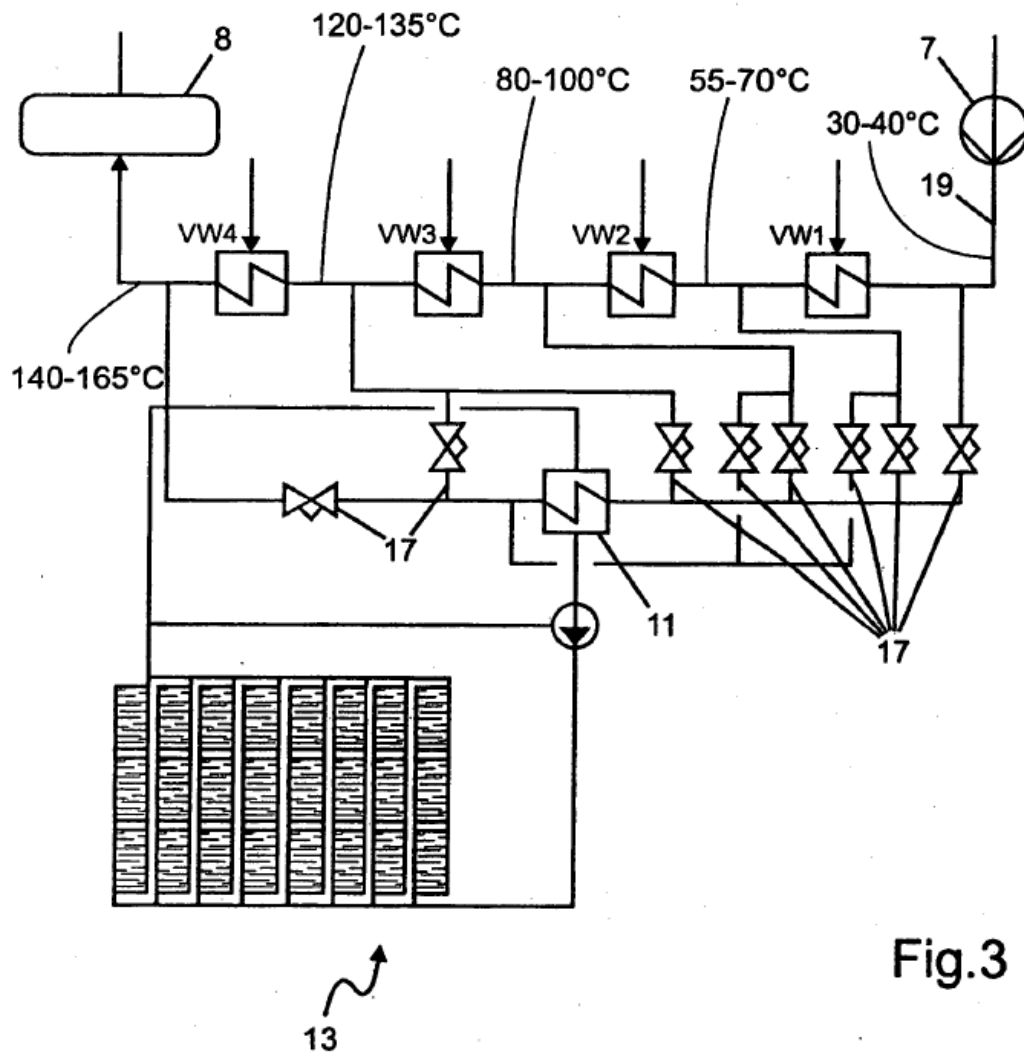


Fig.3

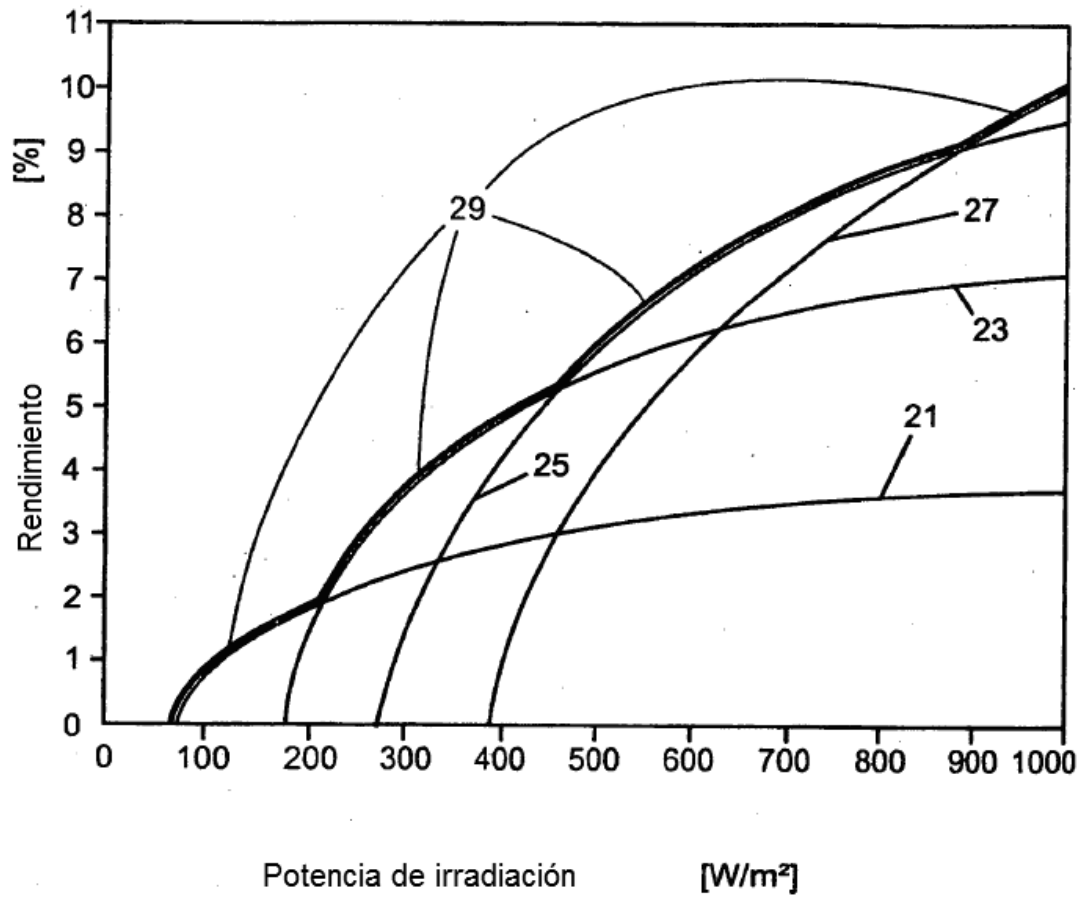


Fig.4

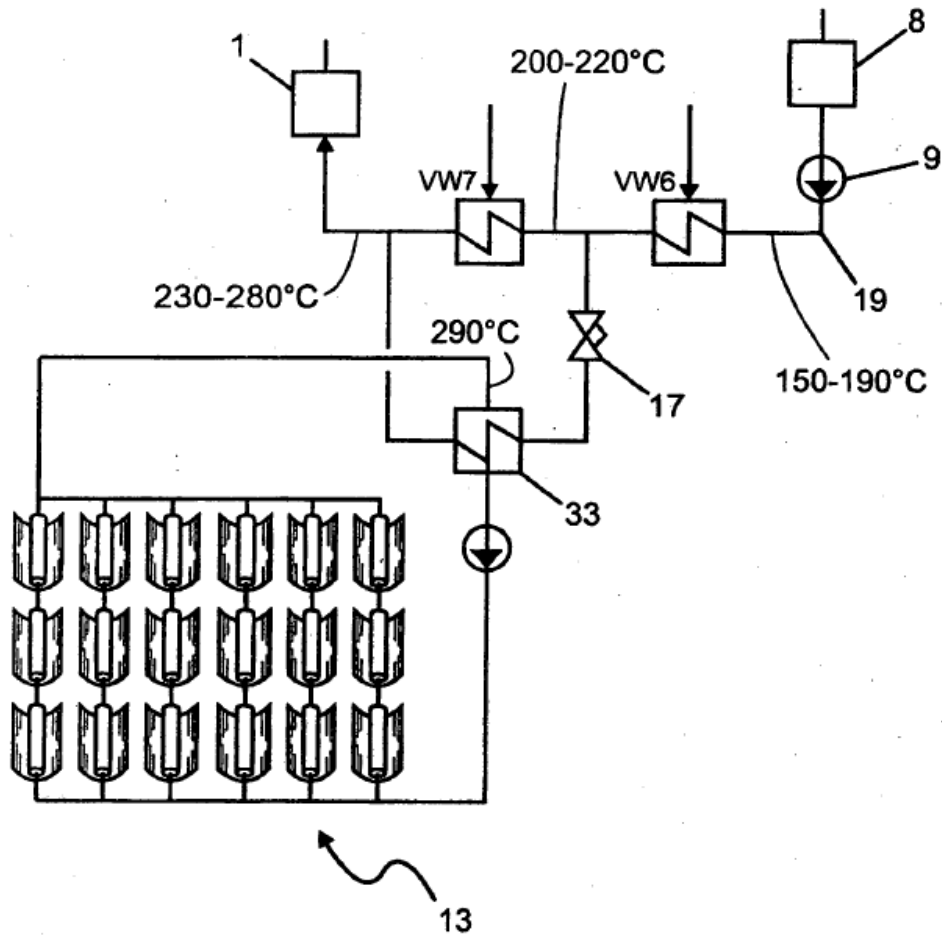
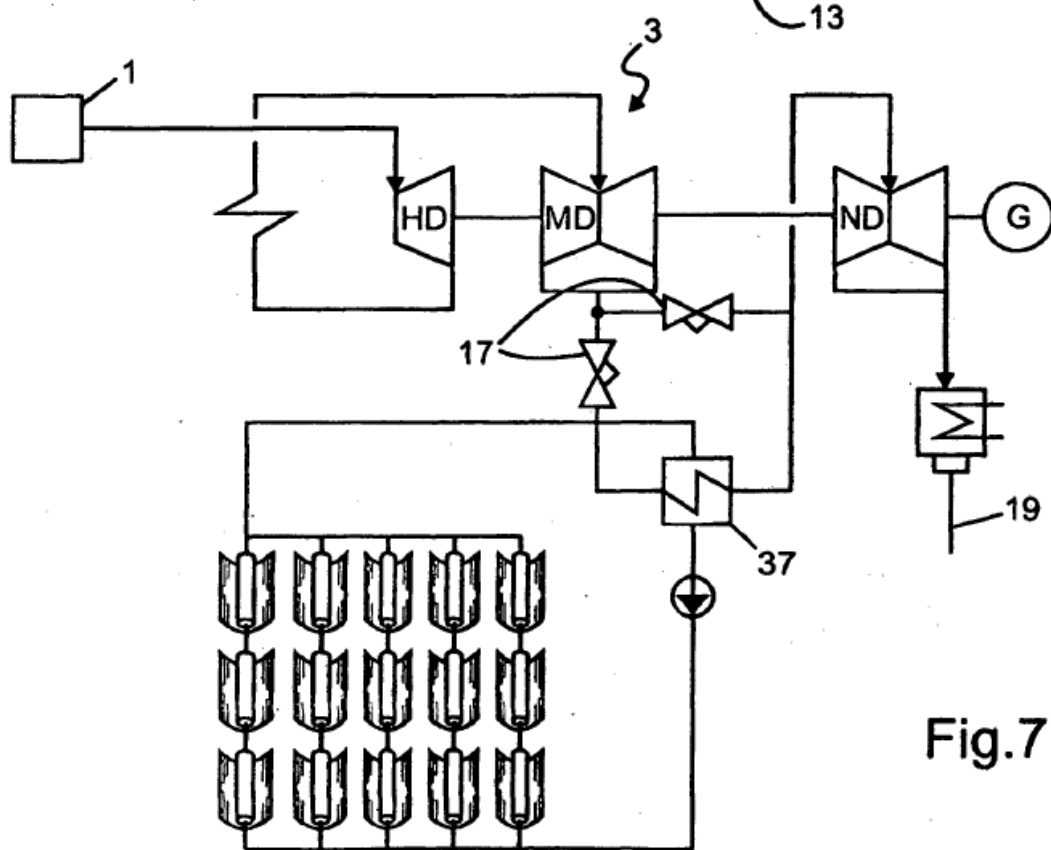
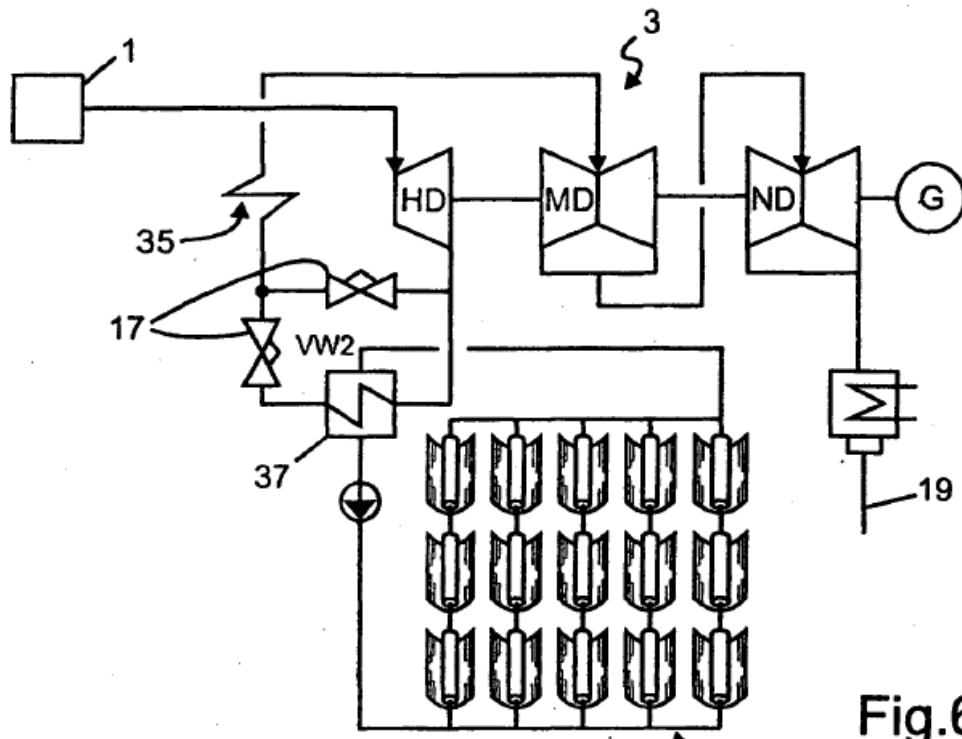
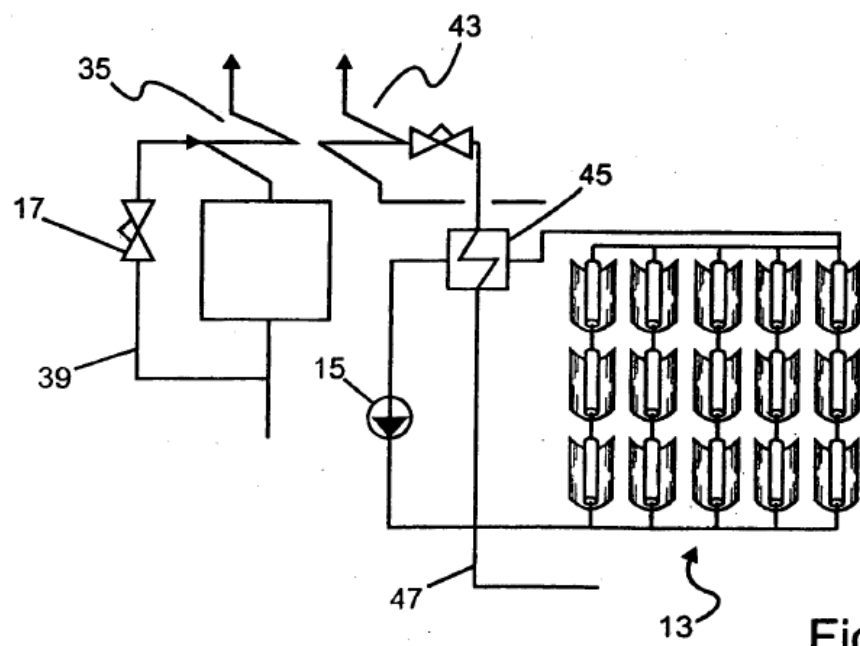
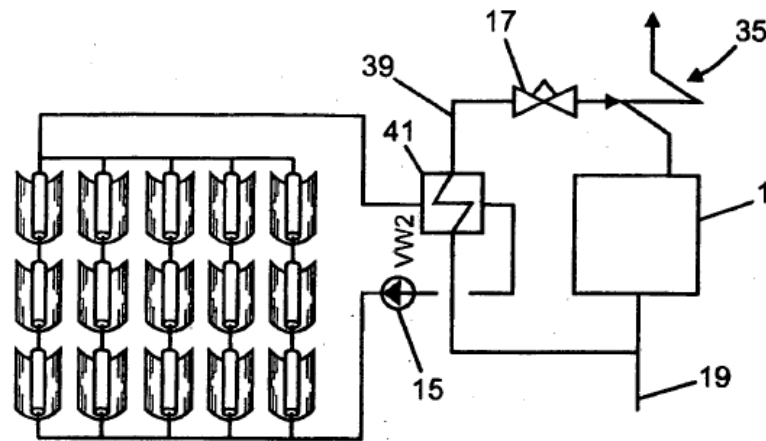


Fig.5





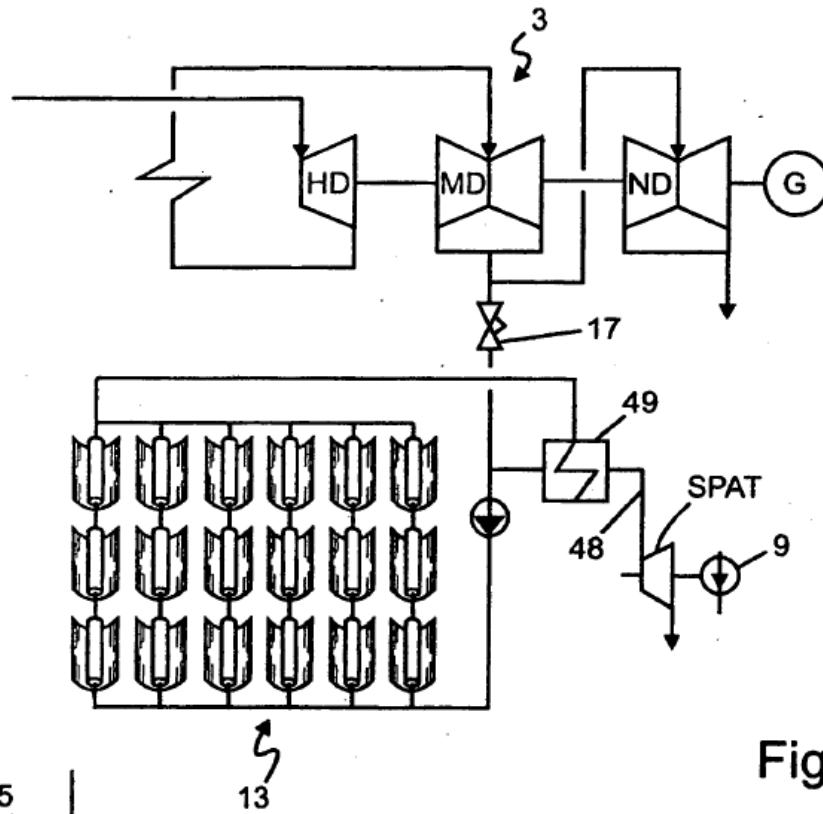


Fig.10

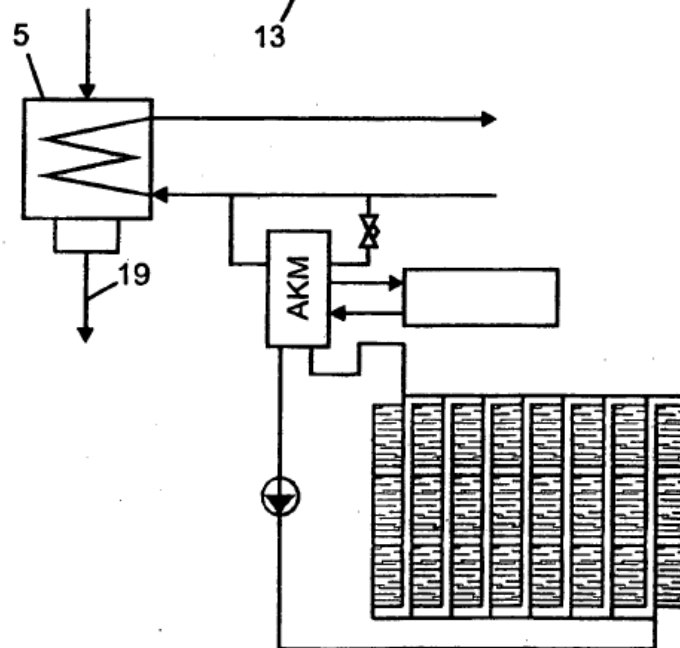


Fig.11

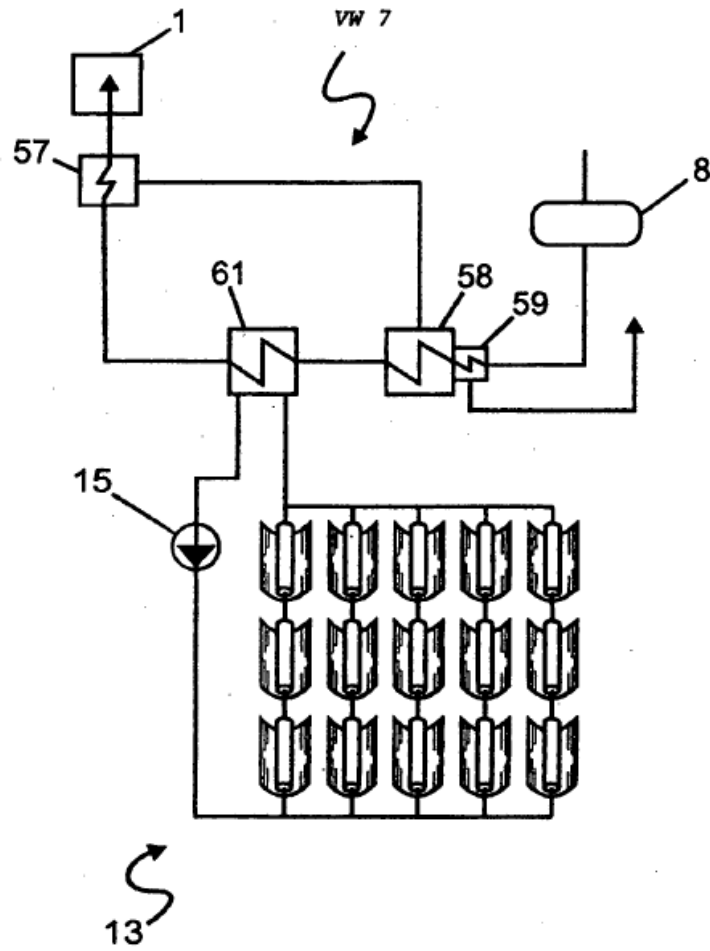


Fig.12

Fig. 13

