

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 603 985**

51 Int. Cl.:

F01K 9/00 (2006.01)

F25D 3/00 (2006.01)

F28B 9/06 (2006.01)

F28D 20/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2010** **E 10188875 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2016** **EP 2447479**

54 Título: **Métodos para enfriar un fluido transportador de una central de energía solar y una central de energía solar**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.03.2017

73 Titular/es:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es:
WOLF, ERIK

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 603 985 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

Métodos para enfriar un fluido transportador de una central de energía solar y una central de energía solar

La presente invención se refiere a un método para enfriar un fluido transportador, cuyo fluido transportador se utiliza para accionar una turbina en una central de energía solar. La invención también se refiere a centrales eléctricas solares con un circuito transportador con un fluido transportador cuyo fluido transportador en funcionamiento acciona una turbina de la central de energía.

En las centrales eléctricas una manera típica de cómo generar energía fuera del calor es traer un fluido transportador a un cierto nivel de calor y así proporcionarle un cierto nivel de energía cinética. El fluido transportador, como el agua, se evapora y se convierte en vapor. El agua, que se somete a una presión considerable de aproximadamente 270 bares, se convierte en vapor, lo que significa aumentar adicionalmente el volumen del fluido transportador. Por lo tanto, el vapor tiene suficiente energía para conducir una turbina grande cuyo movimiento moverá entonces el generador. Después de conducir la turbina este vapor tiene que ser enfriado, lo que se hace generalmente en un condensador. Dicho condensador es a menudo un intercambiador de calor con un circuito de refrigeración a lo largo del cual se conduce un circuito transportador con el fluido transportador. De este modo, el circuito transportador es un sistema de tubería que está conectado a la turbina, el circuito de refrigeración se llena con líquido refrigerante que se pone en contacto indirecto con el fluido transportador y que es considerablemente más frío que el fluido transportador antes de la condensación. Parte del calor del fluido transportador, es decir, el vapor, se transfiere así al líquido de refrigeración en el circuito de refrigeración de manera que el vapor se convierte de nuevo en agua.

En las centrales eléctricas de hoy en día que utilizan esta tecnología, para enfriar la temperatura dentro del circuito de refrigeración, se utilizan torres de enfriamiento húmedas o torres de enfriamiento secas. Dicha tecnología se describe en WO 2008/154427 A1 o en US 4 315 404 A. Por lo tanto, se utiliza un circuito de refrigeración separado. Dicha técnica también se describe en WO 2009/031747 A1 para una central de energía que tiene un combustor de oxígeno puro. US 7 340 899 B1 describe una central de energía solar. Además, WO 2009/064378 A2 describe una posibilidad para almacenar energía térmica de una central de energía solar, mientras que US 2009/0121488 A1 describe una central de energía solar que comprende un subsistema de calefacción con un bucle de refrigeración.

En torres de enfriamiento húmedas, parte del líquido refrigerante, de nuevo por lo general agua, se evaporará y se liberará al aire. La otra parte del fluido de enfriamiento puede ser reutilizado dentro del circuito de enfriamiento o liberado en un río del cual se extrae de nuevo agua más fría para devolver el circuito de refrigeración con agua de refrigeración fresca a la temperatura del río.

Dicha central de energía de acuerdo con el estado de la técnica se representa en la figura 1. Una central 2 eléctrica cuyos componentes se muestran esquemáticamente en esta figura tiene un circuito 1 transportador y un circuito 11 de refrigeración. En el circuito 1 transportador del fluido 5 transportador, en este caso el agua 5, respectivamente el vapor de agua es bombeado a través de un sistema de tuberías. Por medio de una bomba 3 de circuito transportador. Con el fin de enfriar el vapor de agua 5 a una temperatura considerablemente más baja con el fin de transformarlo de nuevo en agua 5 líquida, se utiliza un intercambiador 9 de calor. El agua condensada es bombeada por una bomba 3 de circuito transportador. El intercambiador 9 de calor está también conectado al circuito 11 de refrigeración con fluido 13 de refrigeración, a saber, agua 13 de refrigeración. El agua 13 de refrigeración se extrae de un río 27 y es bombeado por una bomba 23 del circuito de refrigeración al intercambiador 9 de calor. Antes de llegar al intercambiador 9 de calor, el agua 13 de refrigeración tiene aproximadamente la temperatura del río 27. Después de dejar el intercambiador 9 de calor, el agua 13 de refrigeración ha extraído una gran cantidad de calor del vapor 5 de agua en el circuito 1 transportador. Por lo tanto, es mucho más caliente que antes y también necesita ser enfriada para ser conducida nuevamente al río 27. Para ello se utiliza una torre 19 de enfriamiento húmedo. Aquí el agua 13 de refrigeración caliente del circuito 11 de refrigeración es pulverizada dentro de la torre mientras que el aire 17 es ventilado en la torre 19 de enfriamiento. Las nubes 21 de vapor resultan de este proceso mientras que el resto 25 del agua 13 de refrigeración es llevado nuevamente al río 27 a un nivel de temperatura considerablemente más bajo que antes de entrar en la torre 19 de refrigeración húmeda.

De acuerdo con este principio, una porción considerable de agua 13 de refrigeración que se usó para condensar el vapor 5 de agua en el intercambiador 9 de calor se evaporará en el aire en la torre 19 de enfriamiento húmedo. Esto proporciona una eficiencia de enfriamiento muy alta, ya que se producen temperaturas considerablemente más bajas del resto restante 25 del agua 13 de refrigeración. Como la eficiencia de la central 2 eléctrica depende directamente de la capacidad de este sistema de refrigeración para enfriar el fluido 5 transportador, este tipo de sistema de condensador proporciona una alta eficiencia en la central de energía en general. Sin embargo, las torres de refrigeración húmedas consumen grandes cantidades de agua. Dependiendo de las condiciones ambientales, el consumo alcanza valores superiores a los 500 kg/s de agua para una central de energía de 500 MW.

Por lo tanto, una alternativa a las torres de enfriamiento húmedas son las denominadas torres de enfriamiento secas, cuyo principio se describirá con referencia a la figura 2. Una torre 33 de refrigeración seca enfría directamente un fluido 5 transportador dentro de un circuito 1 transportador. El fluido 5 transportador proviene de una turbina 29 en

5 una central 2 eléctrica. La turbina 29 acciona un generador 31 que genera energía eléctrica a partir de la rotación de la turbina 29. Dentro de la torre 33 de refrigeración seca, el agua 5 es conducida a través de un sistema 37 de tubería que funciona como un intercambiador de calor de tubo de aleta. Con el fin de enfriar el sistema 37 de tuberías, un ventilador 35 proporciona aire fresco que es ventilado alrededor del sistema 37 de tubería de manera que una corriente constante de aire 17 se conduce alrededor del sistema 37 de tubería. El fluido 5 transportador se enfría así lentamente en el sistema 37 de tuberías y puede ser bombeado de nuevo a una unidad de calentamiento (no mostrada) por medio de una bomba 3 de circuito transportador. Dicha unidad de calentamiento puede comprender una cámara de calentamiento en la que las sustancias (aceite, carbón, residuos y otros materiales combustibles) se queman o pueden comprender un reactor nuclear o un campo solar-térmico.

10 Las torres 35 de enfriamiento en seco no requieren necesariamente suministro de agua, sin embargo, están limitadas en su efectividad por la temperatura ambiente. Una temperatura ambiente elevada dará lugar a un proceso termodinámico menos eficiente, ya que la temperatura del condensador en la torre 35 de refrigeración seca y por lo tanto la presión respectiva en la salida de la turbina 29 aumentará.

15 También es posible combinar una torre 19 de refrigeración húmeda y una torre 35 de enfriamiento seca dentro de una central de energía. Sin embargo, todavía existe un cierto dilema para el funcionamiento de todas las centrales eléctricas basadas en una o ambas tecnologías de enfriamiento. En algunas regiones el agua es escasa y/o el aire es muy caliente en las horas punta. Por lo general, estos dos efectos se pueden encontrar al mismo tiempo. Estos lugares áridos, tales como los desiertos, sin embargo, tienen la ventaja de que por lo general una gran cantidad de energía solar está disponible. Por lo tanto, resulta ser un problema importante proporcionar un sistema de enfriamiento eficaz, mientras que la energía de calentamiento suficiente estaría teóricamente disponible a costes muy bajos.

20 El objeto de la invención es optimizar adicionalmente los procesos de enfriamiento para la condensación central de energía. En particular, es el objeto de la invención preferiblemente reducir el consumo de agua o de cualquier otro fluido refrigerante durante dicho proceso para una central de energía solar.

25 Este objeto se satisface por un método de acuerdo con la reivindicación 1 y por una central de energía solar de acuerdo con la reivindicación 13.

30 De acuerdo con la invención, se proporciona un método para enfriar un fluido transportador de una central de energía solar. El fluido transportador se utiliza para impulsar una turbina de la central de energía solar. El fluido transportador comprende agua. Al menos una parte de un proceso de enfriamiento se realiza al conducir el fluido transportador subterráneo a una profundidad en la que el suelo es sustancialmente más frío que el aire ambiente. El método se caracteriza porque la profundidad se selecciona de tal manera que existe al menos una diferencia de temperatura de 10 °C entre el aire ambiente y una región subterránea en la que tiene lugar el enfriamiento.

35 En cuanto a la definición de "subterráneo", esencialmente cualquier región debajo de la superficie del suelo puede ser considerada como subterránea. Para el propósito de la invención es necesario enfriar el fluido transportador y opcionalmente también un fluido refrigerante de manera que la región subterránea debe ser sustancialmente más fría que el aire ambiente, es decir, el aire sobre el suelo. Esto significa que existe al menos una diferencia de temperatura de 10 °C, más preferiblemente 20 °C entre el aire ambiente y la región subterránea en la que tiene lugar el enfriamiento. Se prefiere además conducir el fluido transportador y opcionalmente también el fluido de enfriamiento de una región subterránea que es al menos 0,5 m, más preferiblemente al menos 1 m por debajo del nivel superficial del suelo. En esta región se conducen tubos para transportar el fluido a lo largo de una cierta longitud, de manera que la temperatura de la región subterránea absorba eficazmente parte de la temperatura más alta del fluido. Dicha longitud de tuberías es preferiblemente de al menos 10 m, más preferiblemente de al menos 20 m, pero las tuberías no necesariamente deben conducirse solamente en dirección, sino que pueden comprender vueltas y devanados, por ejemplo, en la forma de un intercambiador de calor típico. En cuanto al fluido transportador, así como al fluido refrigerante, pueden comprender un líquido y/o un gas tal como el aire. Pueden comprender el mismo material, pero también pueden comprender materiales diferentes, por ejemplo, agua como el fluido transportador y aceite como fluido refrigerante. El circuito de refrigeración en el que se transporta el fluido refrigerante también puede comprender varios subcircuitos de enfriamiento separados de manera que, por ejemplo, un primer fluido refrigerante es enfriado por un segundo fluido de refrigeración en un intercambiador de calor o similares.

40 En una realización preferida, el proceso de enfriamiento se realiza adicionalmente conduciendo un fluido refrigerante para enfriar el fluido transportador subterráneo del suelo hasta la profundidad. En otras palabras, se hace uso de una región subterránea donde se enfría el fluido transportador y opcionalmente también el fluido refrigerante. Se utiliza así la inercia térmica del suelo subterráneo. Incluso en los desiertos, el suelo subterráneo es relativamente frío en comparación con la temperatura ambiente diurna sobre el suelo que se debe principalmente a un fuerte efecto de enfriamiento en los tiempos nocturnos.

55 Dos principios pueden ser utilizados en el contexto de esta realización: El enfriamiento directo del fluido transportador se puede realizar encaminando el circuito transportador de este fluido transportador a través de la

región subterránea. El enfriamiento indirecto significa que un fluido de enfriamiento, tal como agua u otro fluido con una alta capacidad calorífica, se enruta a través de tuberías en el subsuelo. Este fluido refrigerante luego enfría el fluido transportador en un intercambiador de calor.

5 El método de acuerdo con la invención se puede realizar en lugar de usar técnicas de evaporación o ventilación como se ha descrito anteriormente o además de usar cualquiera de tales técnicas. Por lo tanto, una región subterránea por debajo del nivel superficial del suelo en la zona de la central de energía se usa como una región de enfriamiento en la que el fluido transportador y opcionalmente también el fluido refrigerante se enfría al menos parcialmente.

10 De acuerdo con una realización adicional de la invención, dicho efecto de enfriamiento también se puede lograr por medio de un método del tipo mencionado anteriormente, por lo que al menos parte de un proceso de enfriamiento se realiza suministrando al menos parte del fluido transportador y/o por lo menos algo de un fluido refrigerante usado para enfriar el fluido transportador, de un almacenamiento en frío que almacena el fluido a una temperatura significativamente inferior a la temperatura del fluido transportador en la turbina. Tal almacenamiento en frío, que se proporciona adicionalmente a la configuración de la invención como se define en las reivindicaciones independientes 15 1 y 13, puede estar situado bajo tierra tal como se ha descrito anteriormente, pero también puede estar por encima del nivel del suelo y preferiblemente comprender un recipiente térmicamente aislado. Este recipiente se alimenta preferentemente con un líquido o gas que ha sido enfriado por debajo del suelo. Sin embargo, también es posible tener un almacenamiento en frío que recibe fluido a un nivel de baja temperatura durante la noche y luego almacenado a temperatura fría durante el día. Por ejemplo, dicho almacenamiento en frío se puede realizar como un estanque grande que se abre durante la noche para que su contenido (es decir, el fluido) se enfríe y que esté cerrado y térmicamente aislado durante el día con el fin de mantener el nivel de baja temperatura durante el mayor tiempo posible. El almacenamiento en frío también puede alimentarse con un fluido que ha sido enfriado por un proceso de enfriamiento por encima de la tierra (por ejemplo, mediante intercambio de aire a líquido, lo que significa usar técnicas de enfriamiento en seco) y/o subterráneo (es decir, de acuerdo con la primera realización de la invención). Se proporciona el siguiente principio: se almacena a baja temperatura o se proporciona en un lugar determinado. En la primera realización, se almacena a baja temperatura en la región subterránea debido a las bajas temperaturas subterráneas que están disponibles de todos modos. En la segunda realización, la invención hace adicionalmente uso de un recipiente especialmente designado en el que la baja temperatura se conserva artificialmente. En ambas realizaciones de la invención no son necesarias técnicas de evaporación y se reduce considerablemente la pérdida de agua debida al enfriamiento y condensación. Una técnica de ventilación tampoco es esencial, aunque tal tecnología puede usarse además de la tecnología de enfriamiento de acuerdo con la invención.

De acuerdo con lo anterior, dependiendo del uso de cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente, una central de energía del tipo mencionado anteriormente se puede realizar de dos formas diferentes.

35 De acuerdo con la primera realización del método de acuerdo con la invención que comprende todas las características de la reivindicación 1 independiente, una central de energía solar del tipo mencionado anteriormente se puede mejorar por el hecho de que al menos parte del circuito transportador y opcionalmente también parte de al menos un circuito de enfriamiento con un fluido de enfriamiento usado para enfriar el fluido transportador es conducido subterráneamente a una profundidad que es sustancialmente más fría que el aire ambiente.

40 Para ello, la central de energía comprende preferentemente tubos subterráneos y/o tanques. La región subterránea sirve como un "disipador de calor" o como una especie de depósito de baja temperatura. Tales tubos o tanques están preferiblemente hechos de un material con un coeficiente de transferencia de calor elevado de manera que la transferencia de calor desde el fluido a la región subterránea fuera del tubo o tanque es lo más eficaz posible. Por lo tanto, el coeficiente de transferencia de calor de dicha tubería o tanque es preferiblemente superior a 15 W/mK, lo más preferiblemente superior a 100 W/mK, es decir al menos en el intervalo del coeficiente de transferencia de metales tales como acero inoxidable o superior. Por lo tanto, se prefiere utilizar tubos o tanques no aislados térmicamente. La transferencia de calor puede ser incluso mejorada por medios de mejora de transferencia de calor tales como tubos de aleta.

50 En segundo lugar, es decir, adicionalmente, una central de energía solar del tipo mencionado anteriormente puede ser mejorada por el hecho de que al menos parte del fluido transportador y/o al menos parte de un fluido refrigerante usado para enfriar el fluido transportador se almacena en un almacenamiento en frío a una temperatura significativamente inferior a la temperatura del fluido transportador en la turbina.

55 Dicho almacenamiento en frío se puede realizar como un recipiente o tanque por encima del suelo o por debajo del nivel del suelo. Puede ser incorporado en edificios de la central de energía para reducir la necesidad de aislamiento térmico, pero también puede estar situado fuera de dichos edificios para estar más alejado del proceso de calentamiento. Preferiblemente, dicho recipiente se aísla térmicamente de tal manera que se transfiera poco calor al interior del recipiente, lo que a su vez significa que la baja temperatura dentro del almacenamiento en frío se mantiene el mayor tiempo posible. Especialmente se prefiere que el almacenamiento en frío mantenga la temperatura de su contenido a un cierto nivel que no exceda de 20 °C por encima de su nivel más bajo durante el

transcurso de un día. Este es el valor preferido para el almacenamiento en frío en un estado en el que se llena con el fluido designado durante un día en el que no se insertan ni sacan fluidos del almacenamiento en frío.

5 Como se ha indicado anteriormente, ambas realizaciones de la central de energía de acuerdo con la invención siguen también el principio común que se ha descrito con referencia a las dos realizaciones de los métodos de acuerdo con la invención. En una combinación de estas realizaciones, el almacenamiento en frío se suministra bajo tierra bajo la superficie del suelo y, por lo tanto, no necesita necesariamente estar equipado con medios de aislamiento porque el aislamiento se realiza realmente por el suelo circundante en lugar de material aislante adicional.

10 Por último, se describe un sistema de refrigeración para una central de energía en la que al menos parte de un circuito transportador con un fluido transportador y opcionalmente también parte de al menos un circuito de refrigeración con un fluido refrigerante utilizado para enfriar el fluido transportador que se conduce bajo tierra a una profundidad que es sustancialmente más fría que el aire ambiente como se describe en las reivindicaciones independientes y en el que al menos parte del fluido transportador y/o al menos parte del fluido refrigerante se almacena opcionalmente adicionalmente en un sistema de refrigeración en un almacenamiento en frío a una temperatura significativamente inferior a la temperatura del fluido transportador en la turbina.

15 Con dicho sistema de enfriamiento, las centrales de energía pueden volver a equiparse para convertirse en una central de energía de acuerdo con la invención de cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente.

20 Las realizaciones y características particularmente ventajosas de la invención se dan por las reivindicaciones dependientes, tal como se revela en la siguiente descripción. De este modo, las características reveladas en el contexto de uno de los métodos también pueden realizarse en el contexto del otro método respectivo y / o en el contexto de cualquiera de las realizaciones de la central de energía eléctrica de acuerdo con la invención a menos que lo contrario esté explícitamente fijado.

25 Se prefiere particularmente que el enfriamiento se lleve a cabo en una central de energía en un entorno caliente. Este ambiente caluroso se da particularmente en ambientes desérticos o en ambientes análogamente áridos. Se pueden caracterizar por el hecho de que durante al menos 100 días del año se alcanza una temperatura máxima de 40°C. En tales circunstancias, el agua es particularmente escasa. Esto implica que el consumo de agua de centrales eléctricas compite directamente con las necesidades de agua para la producción de alimentos y la vida urbana, de modo que es probable que la vida local y la producción de alimentos tengan la más alta prioridad sobre la generación de energía. Por lo tanto, las centrales de energía en tales regiones sólo pueden funcionar con éxito si tienen una huella de pie de consumo de agua muy baja, es decir, como pocas pérdidas de agua en funcionamiento como sea posible. El uso de los métodos de acuerdo con la invención es particularmente útil para no desperdiciar agua valiosa para la generación de energía. Dicha agua ahora se puede ahorrar para otros propósitos, tales como la agricultura y el uso doméstico.

35 Al mismo tiempo, el impacto solar en estas regiones es particularmente alto. Por lo tanto, tales ambientes áridos ofrecen la posibilidad de operar centrales eléctricas solares, sin embargo, hasta ahora había el dilema referente al enfriamiento eficiente como se describe en los párrafos introductorios. Por lo tanto, se prefiere que el enfriamiento se realice para un fluido transportador en una central de energía solar, en particular en una central de energía solar concentrada. En primer lugar, tales centrales de energía solares están a menudo situadas en zonas áridas como se ha descrito anteriormente. En segundo lugar, tales centrales eléctricas, en particular las centrales eléctricas solares concentradas, producen fluidos transportadores con temperaturas muy altas. Las centrales eléctricas solares concentradas se caracterizan por el hecho de que los rayos de luz del sol se concentran en pequeñas manchas para que produzcan temperaturas muy altas en estos puntos. El resultado es que las temperaturas generadas por las centrales de energía solares concentradas son particularmente altas y suficientes para el ciclo eléctrico central. Sin embargo, la eficiencia del ciclo se determina por la temperatura más baja del extremo frío (condensación). Esta temperatura define la presión más baja alcanzable en la salida de la turbina. Cuanto menor sea la mayor eficiencia y por lo tanto la salida de potencia extraída de la central de energía. Esto puede mejorarse mediante los procedimientos de acuerdo con la invención.

40 Con el fin de enfriar aún más cualquiera de los fluidos, puede ser necesario un enfriamiento adicional aparte del enfriamiento realizado por el método de acuerdo con la invención. Una primera posibilidad es que el enfriamiento de acuerdo con la invención se realice para un fluido transportador en un aparato eléctrico central que comprende un condensador enfriado por aire o una torre de enfriamiento seco que lleva a cabo parte del enfriamiento. Como se ha mostrado anteriormente, las torres de refrigeración secas con ventiladores tienen la ventaja de que, de nuevo, esencialmente no se pierde fluido refrigerante en el aire. La combinación del método de enfriamiento de acuerdo con la invención con un método de enfriamiento que utiliza un condensador enfriado por aire hace posible un circuito de refrigeración cerrado o un circuito transportador cerrado en el que no se pierde fluido al entorno ambiental.

55 Una segunda posibilidad que incluye también un enfriamiento adicional es que el enfriamiento de acuerdo con la invención se realiza en un central de energía que comprende un sistema de refrigeración en húmedo que lleva a cabo parte del enfriamiento. La primera y la segunda posibilidad pueden combinarse de manera que, de hecho, tres

sistemas de refrigeración juntos proporcionan el efecto de enfriamiento global del fluido transportador, y opcionalmente también el fluido refrigerante. Sin embargo, el método de enfriamiento de acuerdo con la invención también puede combinarse con un sistema de enfriamiento húmedo solamente. Esto significa que una torre de enfriamiento húmedo toma parte de la refrigeración mientras que el resto del enfriamiento es realizado por el sistema de enfriamiento de acuerdo con la invención. Como se ha indicado anteriormente, el enfriamiento en húmedo proporciona el enfriamiento más eficaz en general, de manera que se consigue un sistema particularmente eficaz, por lo que los métodos de acuerdo con la invención ayudan a reducir el consumo de fluido. Ya sea que la torre de enfriamiento húmedo esté situada arriba o abajo, el sistema de refrigeración de acuerdo con la invención se puede elegir de acuerdo con las preferencias técnicas y según la disponibilidad de espacio, así como en dependencia de otras presuposiciones. En algunos casos especiales, sin embargo, se prefiere colocar en una torre de enfriamiento húmeda abajo del sistema de refrigeración de acuerdo con la invención. Este es particularmente el caso cuando las pérdidas de agua de la torre de enfriamiento en húmedo han de ser reducidas por el sistema de refrigeración, lo que puede ser mejorado mediante la disposición de los dos sistemas de refrigeración.

Para resumir, la combinación de tales sistemas de refrigeración diferentes con el método de acuerdo con la invención proporciona un sistema con mayor eficacia. También hace posible el uso temporal de cualquiera de los métodos de enfriamiento en diferentes momentos. Por ejemplo, un circuito de enfriamiento principal puede comprender un sistema de torre de enfriamiento seco, mientras que sólo en horas punta se hace funcionar un sistema de enfriamiento de acuerdo con la invención.

Mientras que de acuerdo con la invención está previsto simplemente conducir el fluido transportador y opcionalmente también el fluido de refrigeración a través de un sistema de tubería subterráneo, es también posible, en combinación con las características de las reivindicaciones independientes 1 y 13, también es posible que el fluido transportador y/o el fluido refrigerante se enfríe en un intercambiador de calor conectado a un circuito de refrigeración. Dicho circuito de enfriamiento contiene un fluido refrigerante. El fluido transportador puede ser enfriado directamente en el intercambiador de calor o el fluido refrigerante es enfriado en el intercambiador de calor por un segundo fluido refrigerante que circula en el circuito de refrigeración. Esto último significa que se utilizan en conjunto dos circuitos de refrigeración, ambos que contienen fluido refrigerante, por lo que los fluidos de refrigeración en los diferentes circuitos de refrigeración pueden ser diferentes en especie, pero no necesariamente.

En cuanto al método de acuerdo con la segunda realización de la invención (es decir, empleando adicionalmente un almacenamiento en frío), el almacenamiento en frío preferiblemente está situado bajo tierra a una profundidad que es sustancialmente más fría que el aire ambiente. De hecho, esto significa que ambas realizaciones de los métodos de acuerdo con la invención se combinan de manera que el enfriamiento se lleva a cabo bajo tierra en un almacenamiento frío subterráneo.

Se prefiere particularmente que dicho almacenamiento en frío se rellene con fluido durante la noche, que es entonces aplicado durante el día. Esto significa que el fluido transportador y/o el fluido de enfriamiento son enfriados por la noche y recogidos en almacenamiento en frío para que puedan ser suministrados durante el día, especialmente durante aquellas horas del día cuando el clima es particularmente caliente.

Adicionalmente, parte del fluido transportador y/o parte del fluido refrigerante se puede almacenar en una pluralidad de almacenes fríos. Por ejemplo, puede haber un almacenamiento en frío principal para lo que puede denominarse "operación normal" y un segundo almacenamiento en frío adicional para tiempos de operación bajo condiciones severas tales como tiempo muy caliente o tiempos de consumo máximo de energía. Sin embargo, también pueden usarse diferentes almacenes fríos a diferentes tiempos, por ejemplo, en días diferentes, de modo que el tiempo para recuperar la baja temperatura en cada uno de los almacenes fríos es más largo. Además, todos los almacenes fríos pueden usarse en paralelo en cualquier momento dado para proporcionar un efecto de enfriamiento combinado.

El método de enfriamiento de acuerdo con la invención es particularmente útil para aquellos tiempos en los que es particularmente necesario enfriar el fluido transportador. Por lo tanto, preferiblemente se aplica bajo condiciones extremas de calor y/o durante tiempos de consumo máximo de energía.

Para tales condiciones extremas, se prefiere además que el uso del método de enfriamiento sea iniciado por una unidad de accionamiento de acuerdo con datos de entrada variables relacionados con información de temperatura y/o información de consumo de energía. Dicha unidad de accionamiento recibe información sobre la temperatura ambiente y/o información sobre el consumo de energía actual dentro de la red de suministro de energía y de ella deriva órdenes para activar o desactivar aquellas partes de la central de energía que operarán el sistema de refrigeración de acuerdo con la invención. Por ejemplo, las válvulas dentro y/o fuera del sistema de refrigeración de acuerdo con la invención se pueden abrir y cerrar dependiendo de tales órdenes de la unidad de accionamiento. Esto significa que el sistema de enfriamiento puede ser abierto y cerrado según la necesidad actual.

Otros objetos y características de la presente invención resultarán evidentes a partir de las siguientes descripciones detalladas consideradas en conjunción con los dibujos adjuntos. Se debe entender, sin embargo, que los dibujos están diseñados únicamente con fines de ilustración y no como una definición de los límites de la invención.

La invención está definida únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

En los dibujos, los números de referencia similares se refieren a objetos similares en todas partes. Los objetos de los diagramas no están necesariamente dibujados a escala.

5 La figura 1 muestra una vista esquemática de una central de energía con un primer sistema de enfriamiento de acuerdo con el estado de la técnica,

La figura 2 muestra una vista esquemática de una central de energía con un segundo sistema de refrigeración de acuerdo con el estado de la técnica,

10 La figura 3 muestra una vista esquemática de una central de energía con un sistema de refrigeración de acuerdo con una primera realización que comprende características que complementan opcionalmente las características de la invención,

La figura 4 muestra una vista esquemática de una central de energía con un sistema de enfriamiento de acuerdo con una segunda realización que comprende características que complementan opcionalmente las características de la invención,

15 La figura 5 muestra una vista esquemática de una central de energía con un sistema de refrigeración de acuerdo con una tercera realización que comprende características que complementan opcionalmente las características de la invención,

La figura 6 muestra una vista detallada de una parte del sistema de refrigeración de la figura 5.

Las figuras 1 y 2 se han descrito anteriormente en el contexto de la descripción del estado de la técnica.

20 En la siguiente descripción de realizaciones que comprenden características que complementan opcionalmente las características de la invención, se debe entender que la invención comprende al menos todas las etapas del método o características de las reivindicaciones independientes 1 y 13 adjuntas.

25 La figura 3 muestra una central 2' de energía de acuerdo con una primera realización que comprende características que complementan opcionalmente las características de la invención. En esta y en las siguientes figuras, los otros componentes de la central 2' de energía, tales como la cámara de calentamiento, la turbina, el generador y el sistema de potencia, no se muestran por motivos de claridad.

30 En un circuito 11 de refrigeración, el fluido 13 de refrigeración, aquí el agua 13 de refrigeración, es bombeada a través de un sistema de tubos por una bomba 3 del circuito de enfriamiento. En primer lugar, pasa una torre 33 de enfriamiento seca del tipo que se ha descrito en el contexto de la figura 2. A continuación, el agua 13 de refrigeración se conduce más abajo del suelo hacia el interior de la tierra hasta una profundidad 41 subterránea. Parte del circuito 11 de refrigeración es por lo tanto un tubo 40 subterráneo, en el que el agua 13 de refrigeración puede enfriarse por las bajas temperaturas en la profundidad 41 subterránea. El tubo 40 subterráneo constituye así un sistema 4 de refrigeración. El agua 13 de refrigeración se conduce adicionalmente a una torre 19 de enfriamiento húmedo del tipo descrito en la figura 1. El vapor de agua sale de la torre 19 de refrigeración en húmedo en forma de nubes 21 de vapor. El resto del agua 13 de refrigeración se recoge y se bombea a un intercambiador de calor (no mostrado) para enfriar un fluido transportador de la central 2' de energía.

35 El tubo 40 subterráneo y por lo tanto el sistema 4 de refrigeración pueden alimentarse con agua 13 de refrigeración a través de una primera válvula 59, mientras que una conexión 60 directa que evita el tubo 40 subterráneo puede ser abierta y cerrada por una segunda válvula 61. Si el agua 13 de refrigeración ha de ser enfriada en el tubo 41 subterráneo, la primera válvula 59 se abre mientras que la segunda válvula 61 está preferiblemente cerrada. Por otra parte, si el enfriamiento por la torre 33 de refrigeración seca y la torre 19 de enfriamiento húmedo es suficiente en sí para enfriar el agua 13 de refrigeración a la baja temperatura deseada, la segunda válvula 61 puede ser abierta mientras que la primera válvula 59 puede ser cerrado para cortar la conexión en el tubo 40 subterráneo. Para ello, una unidad 63 de control da órdenes SB tanto a la primera válvula 59 como a la segunda válvula 61, mediante las cuales se accionan las dos válvulas. La unidad 63 de control comprende una interfaz 64 de entrada para información de datos de información ID, por ejemplo, información sobre la temperatura ambiente de la central 2' de energía y/o sobre el consumo de corriente de la red de energía que es alimentada por la central 2' de energía. Una unidad 57 de accionamiento deriva de estos datos de información ID las órdenes SB que cerrarán y abrirán la primera válvula 59 y la segunda válvula 61. Por lo tanto, la apertura y el cierre de las válvulas 59, 61 depende de que los datos de información ID suministrados a través de la interfaz sea 64. En otras palabras, el tubo 40 subterráneo puede ser cortado o dado acceso en dependencia de los datos de información ID. Por ejemplo, durante el día, bajo condiciones climáticas calientes, los datos de información ID contendrán información sobre altas temperaturas. Los datos de información también pueden comprender información de fecha y hora a partir de la cual se puede extraer en zonas áridas un cierto nivel de temperatura esperado. Por ejemplo, la información de que es mediodía será suficiente en los desiertos como una indicación de temperaturas ambiente muy caliente sin una medida adicional de las

temperaturas. A partir de los datos de información ID, la unidad 57 de accionamiento obtiene órdenes SB de abrir la primera válvula 59 y de cerrar la segunda válvula 61 de manera que se pone a disposición una refrigeración adicional en el tubo 40 subterráneo. Lo mismo puede ser el caso en tiempos de consumo de energía extremadamente alto en la red de suministro de energía.

- 5 Dicha unidad 63 de control se puede utilizar en cualquiera de las siguientes realizaciones como se describe con referencia a las figuras 4 y 5. Por lo tanto, no se muestra en las figuras siguientes.

10 La figura 4 muestra una central 2' de energía, de acuerdo con una segunda realización que comprende características que complementan opcionalmente las características de la invención. De nuevo, el agua 13 de refrigeración es bombeada a través de un circuito 11 de refrigeración por una bomba 3. Pasa por una torre 33 de refrigeración seca como se ha descrito antes de entrar en una profundidad 41 subterránea en la que está situado un intercambiador 45 de calor. En el intercambiador 45 de calor el agua 13 de refrigeración es enfriada y conducida adicionalmente a una torre 19 de enfriamiento húmeda como se describe con referencia a la figura 3. El intercambiador 45 de calor se suministra con un segundo líquido 46 de enfriamiento que es conducido a través de un segundo circuito 47 de enfriamiento por una segunda bomba 49 del circuito de refrigeración. Este segundo circuito 15 47 de refrigeración está en la profundidad 41 subterránea de modo que es enfriado por el suelo subterráneo. El segundo circuito 47 de refrigeración junto con el intercambiador 45 de calor y la segunda bomba 49 de circuito de refrigeración constituye por lo tanto un sistema 4 de refrigeración de acuerdo con una segunda realización de la invención.

20 La figura 5 muestra una central 2' de energía de acuerdo con una tercera realización que comprende características que complementan opcionalmente las características de la invención. Por razones de claridad, no se mencionan de nuevo las características comunes con las figuras 3 y 4. Después de salir de la torre 33 de enfriamiento seca, el agua 13 de refrigeración se conduce de nuevo a una profundidad 41 subterránea en la que se encuentra un almacenamiento 51 en frío. Se puede observar que dicho almacenamiento 51 en frío también puede estar situado por encima del suelo, en cuyo caso está preferiblemente térmicamente aislado desde el exterior.

25 El almacenamiento 51 en frío se muestra con más detalle en la figura 6. Se realiza como un estanque en el que el agua 13 de refrigeración se almacena en gran cantidad. Con el fin de enfriar el agua 13 de refrigeración, se conduce un sistema 53 de tuberías adicional con una bomba 55 subterránea, de manera que el agua 13 de refrigeración se enfría por debajo del suelo y se lleva de nuevo al depósito 51 de refrigeración. Desde el almacenamiento 51 en frío, el agua 13 de refrigeración vuelve al circuito 11 de refrigeración como se muestra en la figura 5.

30 Aunque se ha descrito la presente invención en forma de realizaciones preferentes y variaciones en la misma, se entenderá que se podrían hacer numerosas modificaciones y variaciones adicionales a la misma sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas. Como se ha mencionado anteriormente, el almacenamiento en frío también se puede colocar por encima del suelo y no es absolutamente necesario utilizar torres de enfriamiento en seco y/o torres de enfriamiento en húmedo además del sistema de refrigeración utilizado para realizar el método de acuerdo con la invención. 35

En aras de la claridad, se debe entender que el uso de "un" o "uno" a lo largo de esta solicitud no excluye una pluralidad, y "que comprende" no excluye otras etapas o elementos.

REIVINDICACIONES

1. Método para enfriar un fluido (5) transportador de una central de energía solar, en donde
- el fluido (5) transportador se utiliza para accionar una turbina (29) de la central (2') eléctrica solar;
 - el fluido transportador comprende agua; y
- 5 - al menos una parte de un proceso de enfriamiento se realiza al conducir el fluido (5) transportador subterráneamente un suelo a una profundidad (41) en la que el suelo es sustancialmente más frío que el aire ambiente;
- caracterizado porque
- 10 - la profundidad se selecciona de manera que haya al menos una diferencia de temperatura de 10°C entre el aire ambiente y una región subterránea en la que tenga lugar el enfriamiento, utilizando la inercia térmica del suelo subterráneo.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el proceso de enfriamiento se realiza adicionalmente conduciendo un fluido (13, 16) refrigerante para enfriar el fluido transportador (5) subterráneo del suelo a la profundidad.
- 15 3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que se utiliza una central de energía solar concentrada como una central de energía solar.
4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el enfriamiento se realiza para un fluido (5) transportador en una central (2') eléctrica solar que comprende un condensador (35) enfriado por aire que lleva a cabo parte del enfriamiento.
- 20 5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el enfriamiento se realiza en una central (2') eléctrica solar que comprende un sistema (19) de refrigeración en húmedo, que realiza parte del enfriamiento.
6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el fluido (5) transportador y/o el fluido (13) refrigerante se enfría en un intercambiador (45) de calor conectado a un circuito (47) de refrigeración.
- 25 7. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que se proporciona un proceso de enfriamiento que almacena (51) el fluido a una temperatura significativamente inferior a la temperatura del fluido (5) transportador en la turbina (29).
8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el almacenamiento (51) en frío está situado bajo tierra a una profundidad (41) que es sustancialmente más fría que el aire ambiente.
- 30 9. Método de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que el almacenamiento (51) en frío se rellena con fluido durante la noche, que es suministrado entonces durante el día.
10. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que parte del fluido (5) transportador y/o parte del fluido (13) refrigerante se almacena en una pluralidad de almacenamiento (51) en frío.
- 35 11. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el método de enfriamiento se aplica durante las horas punta de consumo de potencia.
12. Método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el uso del método de refrigeración es iniciado por una unidad (57) de accionamiento de acuerdo con datos (ID) de entrada variable pertenecientes a información de temperatura y/o información de consumo de potencia.
- 40 13. Central (2') de energía solar con un circuito (1) transportador con un fluido (5) transportador en el que el fluido (5) transportador acciona una turbina (29) de la central de energía, en la que
- el fluido transportador comprende agua y
 - al menos una parte del circuito (1) transportador se conduce subterráneamente a una profundidad (41) que es sustancialmente más fría que el aire ambiente;
- caracterizado porque

- la profundidad se selecciona de manera que haya al menos una diferencia de temperatura de 10°C entre el aire ambiente y la zona subterránea en la que tenga lugar el enfriamiento del fluido transportador, utilizando la inercia térmica del suelo subterráneo.

- 5 14. Central de energía solar de acuerdo con la reivindicación 13, en donde una parte de al menos un circuito de refrigeración con un fluido (13, 16) refrigerante utilizado para enfriar el fluido (5) transportador que es conducido subterráneamente a la profundidad (41).

FIG 1 Estado de la Técnica

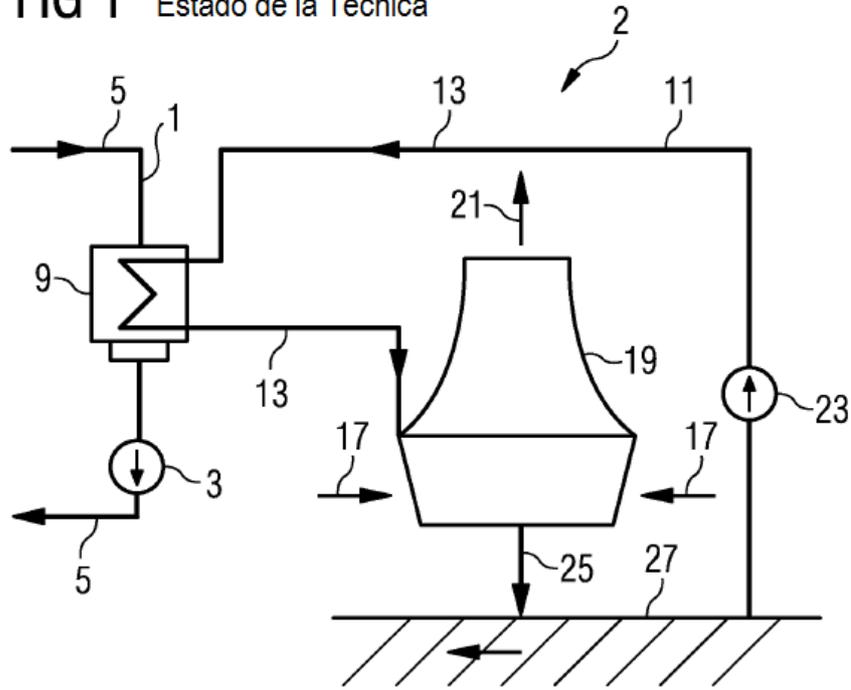


FIG 2 Estado de la Técnica

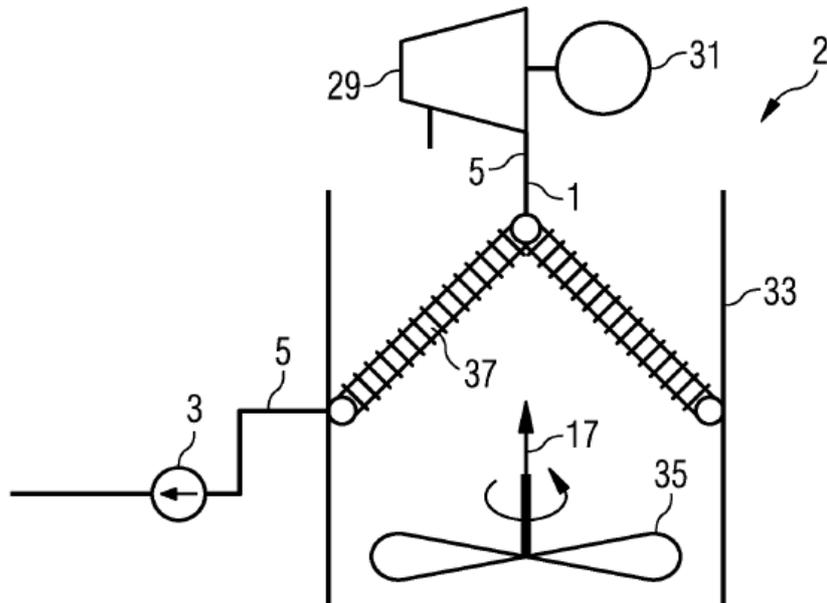


FIG 3

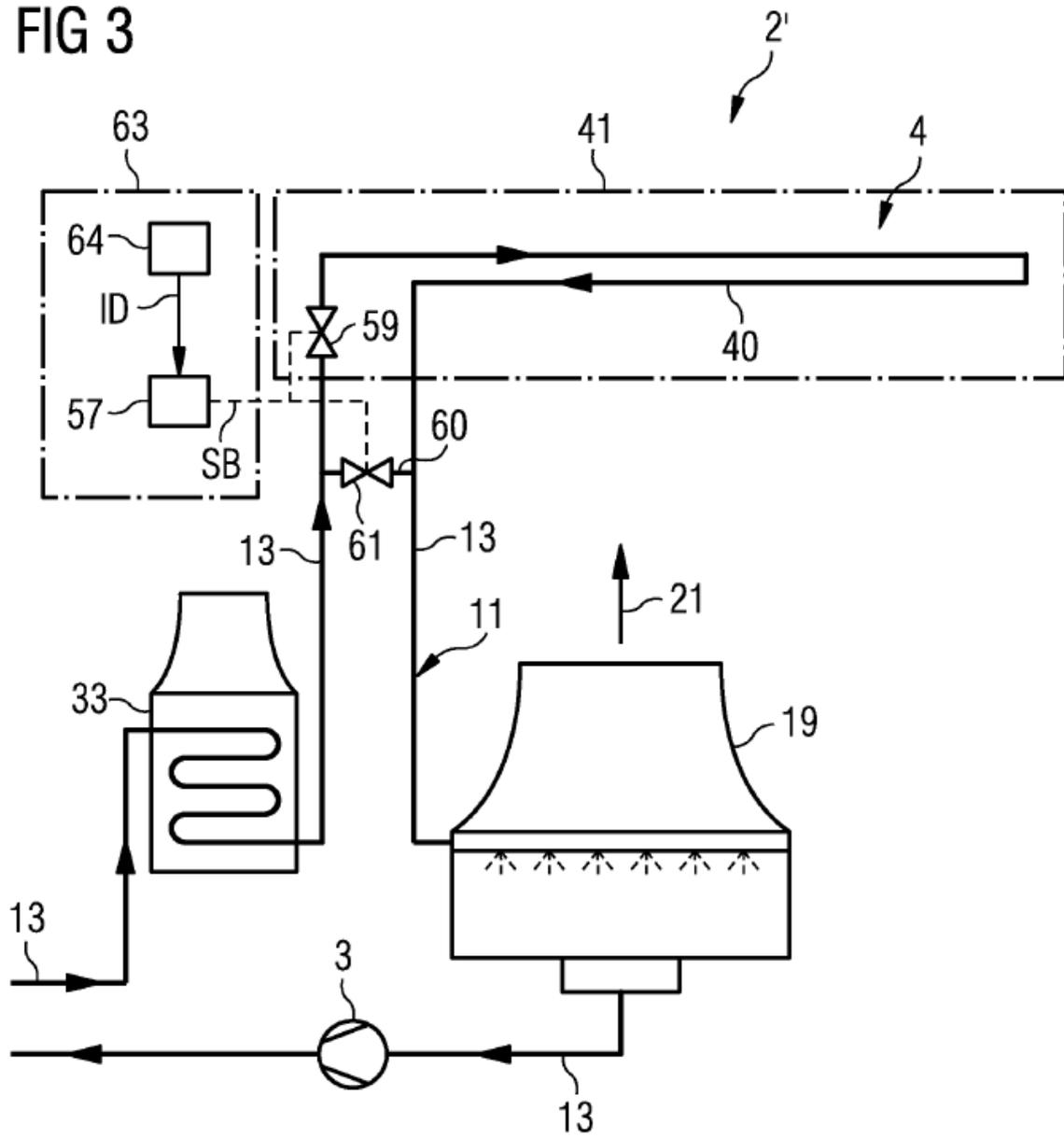


FIG 4

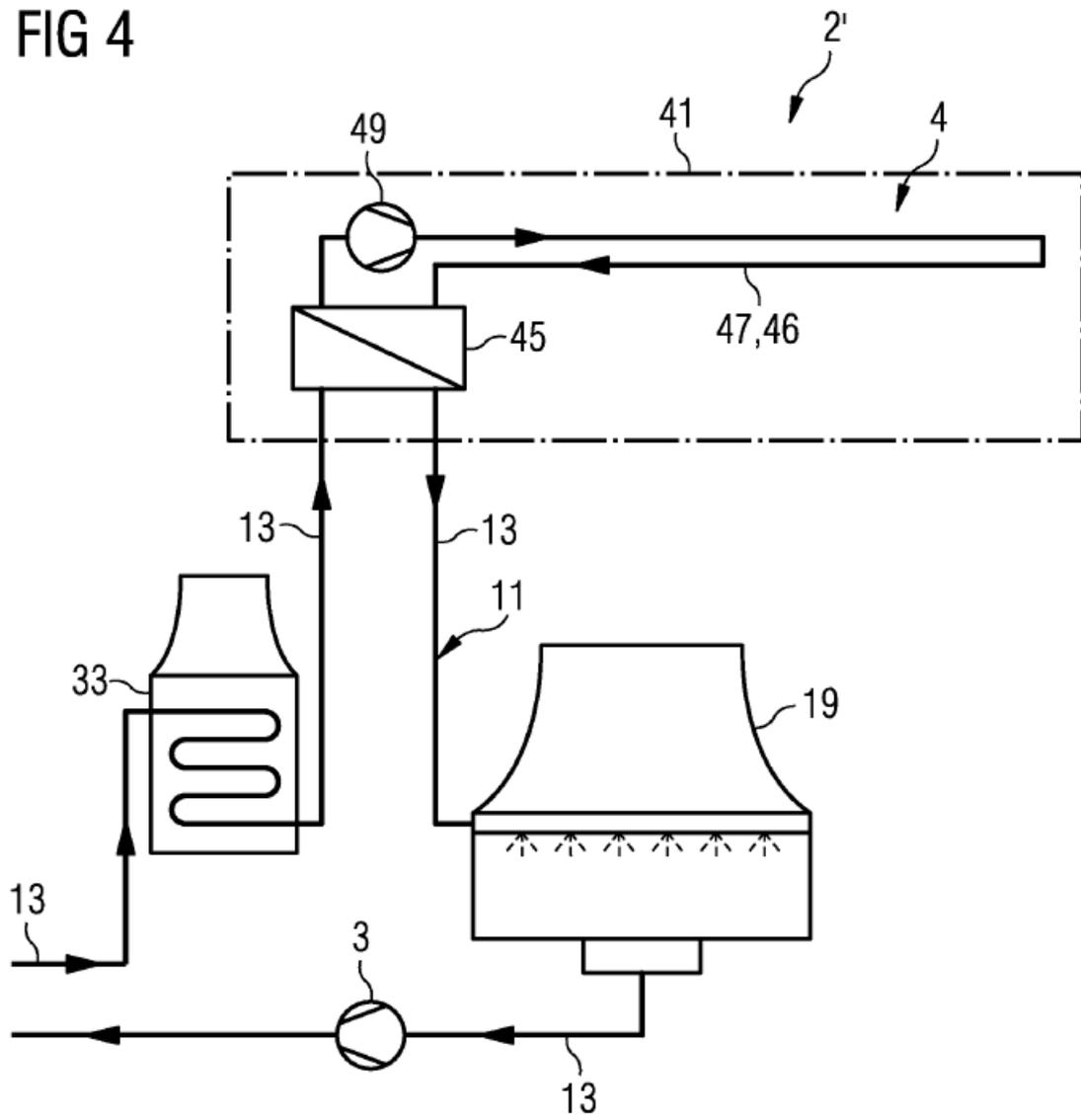


FIG 5

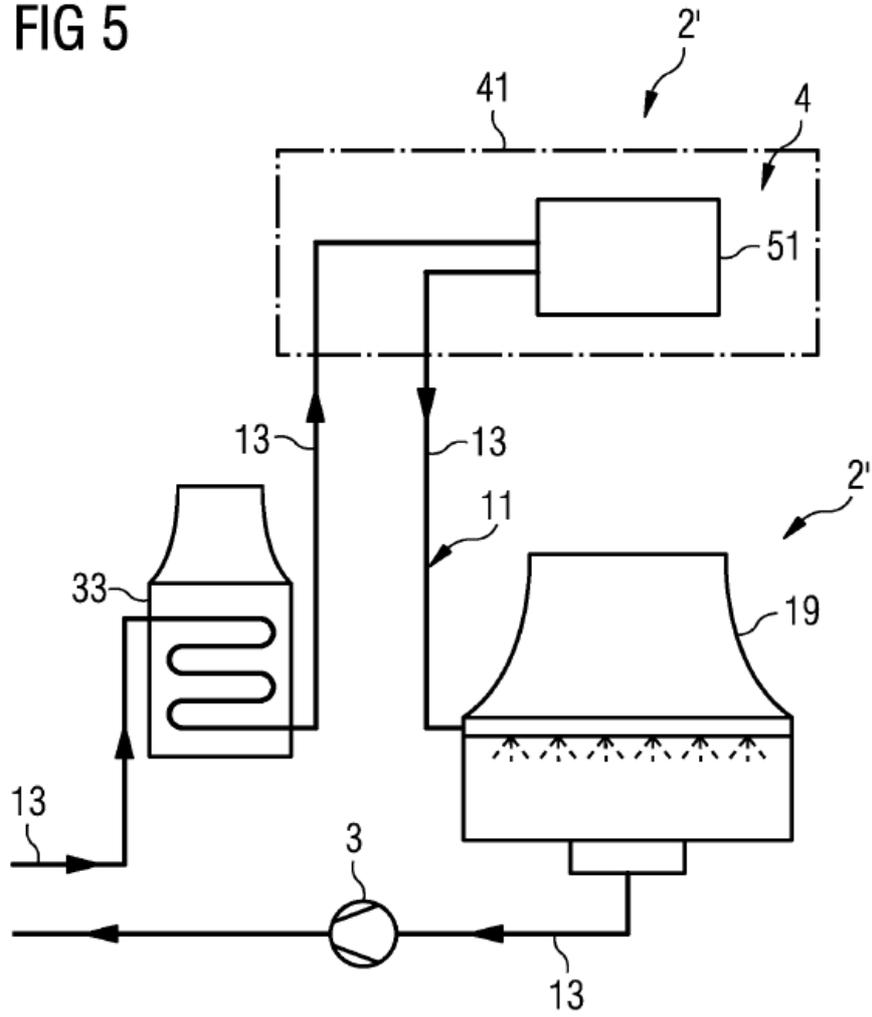


FIG 6

