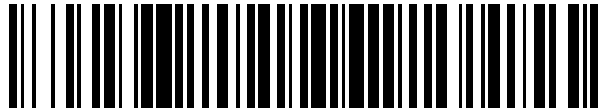


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 908**

51 Int. Cl.:

F22B 1/00	(2006.01)
F22B 35/10	(2006.01)
F22B 35/18	(2006.01)
F24J 2/14	(2006.01)
F24J 2/46	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.09.2012 PCT/EP2012/067987**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.03.2013 WO13037909**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.09.2012 E 12758859 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 2756227**

54 Título: **Procedimiento de control de una central termosolar con vaporización directa**

30 Prioridad:
14.09.2011 DE 102011082711

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.08.2017

73 Titular/es:
**SOLARLITE CSP TECHNOLOGY GMBH (100.0%)
Schloss Duckwitz
17179 Duckwitz, DE**

72 Inventor/es:
KRÜGER, JOACHIM

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 628 908 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

Procedimiento de control de una central termosolar con vaporización directa

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento de control de una central termosolar con vaporización directa.

Las centrales termosolares con vaporización directa aprovechan la energía solar para vaporizar un medio de trabajo que se utiliza para impulsar una turbina.

- 10 Así, al contrario que en las centrales termosolares tradicionales en las que se calienta el medio portador de energía calorífica y se hace pasar a través de un intercambiador de calor para vaporizarlo, por ejemplo, agua, el medio de trabajo se vaporiza y se sobrecalienta directamente en los concentradores solares parabólicos de la central termosolar. Las centrales termosolares con vaporización directa tienen para ello un primer conjunto de concentradores solares parabólicos que sirven como vaporizadores y un segundo conjunto de concentradores
- 15 solares parabólicos que se utilizan como sobrecalentadores. Cuando está funcionando la central el medio de trabajo se conduce a través de tubos colectores de los concentradores solares parabólicos del vaporizador y se vaporiza en ellos. Los concentradores solares parabólicos están dispuestos mayormente en paralelo de modo que el medio de trabajo vaporizado se evacúa por una conducción colectora común del vaporizador. En un separador de vapor se separa el vapor de la fase líquida del medio de trabajo y a continuación se conduce hacia el sobrecalentador. Desde
- 20 el sobrecalentador el vapor sobrecalentado del medio de trabajo se dirige hacia la máquina que realiza trabajo, por ejemplo, una turbina.

- Las centrales termosolares modernas se controlan mayormente utilizando un algoritmo astronómico. A partir de este, se determina la trayectoria del sol en base a las coordenadas de posición de la central termosolar de modo que los
- 25 concentradores solares parabólicos pueden seguir el movimiento del sol calculado. Puesto que la irradiación solar de todos los concentradores solares parabólicos se produce prácticamente en la misma dirección la radiación solar se focaliza, si la posición de los concentradores solares parabólicos es la misma, en el tubo colector. Por eso se controlan los concentradores solares parabólicos mediante una unidad de control centralizada de modo que todos los concentradores solares parabólicos se orientan simultáneamente en paralelo en función de la posición del sol.
- 30 Además, el control conocido tiene en cuenta una medición de viento y cuando se supera una cierta velocidad de viento se giran todos los concentradores solares parabólicos hasta una posición de seguridad para protegerlos; en esta posición la superficie de los espejos queda orientada hacia el suelo estando muy protegida de la acción del viento.

- 35 En el artículo de A. Thomas "Solar steam generating systems using parabolic trough concentrators" publicado en la revista Energy conversion and management de Elsevier Science Publishers, Oxford, GB, Vol. 37, nº 2, de 1 de febrero de 1996, páginas: 215-245, XP0004039833, ISSN: 0196-8904, Doi: 10.1016/0196-8904(95)00162-7, y en el documento US 2009/223510 A1 se divulga genéricamente que se puede girar un concentrador solar parabólico hasta una posición de seguridad.

- 40 En particular, en las centrales termosolares con vaporización directa el control conocido resulta problemático puesto que la regulación de la cantidad de vapor y la temperatura del mismo sólo se puede realizar controlando la cantidad suministrada de medio de trabajo y con inyección intermedia en su caso. Para una irradiación solar fuerte y un consumo de vapor bajo puede llegar a ocurrir que el medio de trabajo vaporizado pase por la turbina llegando hasta
- 45 un condensador sin que se aproveche. El control conocido tampoco resulta óptimo para funcionar en base a la velocidad del viento puesto que para velocidades de viento relativamente bajas, por ejemplo, 10 m/s ya todos los concentradores pasan a la posición de seguridad para evitar que algún concentrador solar parabólico sufra daños. En esta posición no se puede obtener ninguna energía de la radiación solar.

- 50 Por tanto, el objetivo de la presente invención es proporcionar un control mejorado de los concentradores solares parabólicos de las centrales termosolares.

El procedimiento según la invención está definido en la reivindicación 1.

- 55 Así, los motores de los concentradores solares parabólicos individuales, aparte del control en función de un algoritmo astronómico predeterminado se controlan adicionalmente en función de la temperatura del concentrador solar parabólico, del consumo de vapor y/o de las condiciones de viento y, si es necesario, se giran concentradores solares parabólicos concretos hasta una posición de seguridad de no focalización.

- 60 El procedimiento según la invención prevé por tanto que los motores de los concentradores solares parabólicos individuales se controlen separadamente y que no se controlen siempre a la vez todos los motores según los procedimientos de control tradicionales. Así, resulta posible un control particularmente flexible de la central termosolar. El control separado de los motores de los concentradores solares parabólicos individuales permite, por ejemplo, que para condiciones de viento determinadas se puedan girar solo los concentradores solares parabólicos
- 65 en riesgo hasta la posición de seguridad pudiendo mantenerse el resto de concentradores solares parabólicos en su posición de funcionamiento. Así se puede aumentar el número de horas de funcionamiento anuales de la central

- termosolar. El control de acuerdo con la invención permite también que se pueda adaptar la cantidad de vapor generado de forma adecuada al consumo de vapor puesto que hay una opción más de regulación. Para un consumo de vapor reducido, por ejemplo, cuando se reduce la carga de la turbina, se puede reducir, mediante el giro de concentradores solares parabólicos individuales hasta una posición de no focalización, la cantidad de vapor que se produce. El procedimiento según la invención permite una regulación de la temperatura de los concentradores solares parabólicos, en particular, de la temperatura de los tubos colectores, girándose, cuando aumenta la temperatura del concentrador solar parabólico, dicho concentrador respectivo hasta una posición de no focalización de modo que se previene el sobrecalentamiento.
- El control separado resulta ventajoso, en particular, al arrancar o parar la central termosolar. Los concentradores solares parabólicos pueden ponerse en posición de focalización, por ejemplo, durante el arranque, sistemáticamente uno tras otro pudiéndose conseguir una mejora de la producción de vapor inicial.
- La invención prevé de forma ventajosa que el control de todos los motores se haga adicionalmente en función de la temperatura de los concentradores solares parabólicos respectivos, del consumo de vapor y/o de la velocidad de viento, girándose, cuando sea necesario, los concentradores solares parabólicos concretos hasta una posición de seguridad o de no focalización. El procedimiento según la invención, por tanto, prevé que los motores de todos los concentradores solares parabólicos además se controlen separadamente y en caso de que sea necesario se giren hasta una posición de no focalización o de seguridad de modo que resulte posible un control particularmente flexible de la central termosolar.
- Gracias a los parámetros de control utilizados adicionalmente en el procedimiento según la invención pueden generarse órdenes de control para los motores de los concentradores solares parabólicos que sean prioritarias con respecto a las órdenes de control generadas por el algoritmo astronómico.
- Puede preverse que si se supera una temperatura del concentrador solar parabólico predeterminada, en particular, una temperatura prefijada del tubo colector de dicho concentrador, este se gire hasta una posición de no focalización. Así puede protegerse al concentrador solar parabólico respectivo del sobrecalentamiento de modo que se eviten los daños. El resto de concentradores solares parabólicos pueden seguir en su posición de funcionamiento de modo que el funcionamiento conjunto de la central termosolar sólo se vea poco afectado.
- Además, puede preverse que si se supera una primera velocidad de viento durante un intervalo de tiempo prefijado, se giren hasta la posición de seguridad los concentradores solares parabólicos que según la dirección del viento sean los exteriores, y si se supera una segunda velocidad de viento durante un intervalo de tiempo prefijado se giren todos los concentradores solares parabólicos hasta una posición de seguridad. El procedimiento según la invención, por tanto, prevé que se distinga entre condiciones de viento diferentes. Mientras que la velocidad del viento sea inferior a una primera velocidad de viento predeterminada la central termosolar seguirá funcionando normalmente. Si se supera la primera velocidad del viento durante un intervalo de tiempo prefijado los concentradores solares parabólicos que se encuentran en la dirección del viento se giran hasta la posición de seguridad. Estos concentradores solares parabólicos son sobre todo los concentradores solares parabólicos de la hilera exterior del parque de concentradores según la dirección del viento. En la medida en que los concentradores solares parabólicos se dispongan en bucle es evidente que las dos hileras exteriores de concentradores solares parabólicos que constituyen un bucle se pueden girar hasta la posición de seguridad de modo que se pare todo el bucle.
- Si se supera una segunda velocidad de viento durante un intervalo de tiempo predeterminado se giran entonces todos los concentradores solares parabólicos hasta la posición de seguridad y la central termosolar en su conjunto se para.
- Para determinar la velocidad de viento se puede utilizar un anemómetro tradicional. El control correspondiente de los motores se hace sólo si la velocidad del viento se mantiene durante un intervalo de tiempo predeterminado para evitar que las ráfagas de alta velocidad activen el control de los concentradores solares parabólicos.
- Puede estar previsto que el concentrador solar parabólico en su posición de seguridad tenga la superficie del espejo orientada hacia el suelo y hacia el concentrador solar parabólico adyacente. En otras palabras, un concentrador solar parabólico tiene un borde apuntando en dirección al suelo y el borde opuesto hacia el concentrador solar parabólico adyacente. Dicha posición tiene, en particular, la ventaja de que solo estén girados los concentradores solares parabólicos exteriores hasta la posición de seguridad puesto que los concentradores solares parabólicos girados hasta la posición de seguridad sirven de protección contra el viento para el resto de concentradores solares parabólicos; el viento se desvía por la cara trasera del concentrador solar parabólico girado hasta la posición de seguridad que funciona como un deflector.
- También puede estar previsto que un concentrador solar parabólico en su posición de seguridad tenga la superficie del espejo apuntando en dirección hacia el viento. Por tanto, el viento se desvía por la superficie del espejo pasando por encima de los concentradores adyacentes. La posición de seguridad que resulte ventajosa depende de la dirección y la velocidad del viento.

En un ejemplo de realización del procedimiento según la invención puede estar previsto que si el consumo de vapor es inferior al consumo de vapor predeterminado se giren algunos concentradores solares parabólicos hasta una posición de no focalización. De esta manera se puede reducir la cantidad de vapor producido. En particular, puede estar previsto que los concentradores solares parabólicos girados hasta una posición de no focalización sean de los colocados en la zona del vaporizador.

La invención también puede prever que el control de los motores se haga adicionalmente en función de la irradiación solar directa medida. Así, puede comprobarse adicionalmente si la radiación solar directa es suficiente para focalizarla en los tubos colectores y generar así vapor.

Seguidamente se explicará la invención más en detalle haciendo referencia a las figuras siguientes. Muestran:

- la figura 1: una vista en planta esquemática de una central termosolar y
- la figura 2: una vista lateral esquemática de un concentrador solar parabólico

La figura 1 muestra esquemáticamente en planta una central termosolar 1 con vaporización directa. La central termosolar 1 consta de una zona de vaporización 2 y una zona de sobrecalentamiento 3.

La zona de vaporización 2 consta de varios concentradores solares parabólicos colocados en bucles 5. Cada bucle está formado por seis concentradores solares parabólicos 5, estando colocados los concentradores solares parabólicos 5 en dos hileras de tres concentradores 5 cada una.

La zona de sobrecalentamiento 3 consta de una pluralidad de concentradores solares parabólicos 5 colocados en bucle, constando cada bucle de dos concentradores solares parabólicos en paralelo.

Cada concentrador solar parabólico 5 consta de varios segmentos. En la zona de vaporización 2 cada concentrador solar parabólico 5 está constituido por diez segmentos 7, por el contrario, los concentradores solares parabólicos 5 de la zona de sobrecalentamiento 3 constan de nueve segmentos 7.

Cada concentrador solar parabólico 5 se gira mediante un motor 9, por ejemplo, un motor hidráulico pudiendo seguir la posición solar a lo largo del día, recibiendo siempre la irradiación solar óptima. Así, la luz del sol puede focalizarse en los tubos colectores 11 de los concentradores solares parabólicos 5. El motor 9 puede estar colocado en un extremo del concentrador solar parabólico o en el centro, entre dos segmentos 7 de concentradores solares parabólicos.

Las posiciones de los concentradores solares parabólicos se controlan a través de los motores mediante una unidad de control común, el llamado controlador maestro. La unidad de control tiene un algoritmo astronómico que calcula la posición solar a lo largo del día. Para ello el algoritmo tiene almacenadas las coordenadas de posición de la central termosolar 1.

Gracias al algoritmo astronómico los concentradores solares parabólicos 5 se pueden colocar automáticamente en su posición inicial cuando sale el sol y girarse hasta la posición de seguridad cuando se pone el sol.

Adicionalmente, el procedimiento según la invención para controlar la central termosolar 1 prevé que la irradiación solar, por ejemplo, la mida una estación meteorológica y sólo cuando haya energía solar suficiente entre o siga en funcionamiento la central termosolar. Así, hay energía termosolar suficiente si la irradiación solar cumple que: $DNI \times \cos(\theta) \geq 200 \text{ W/m}^2$.

Los motores 9 tienen además unidades de control locales que durante el modo de funcionamiento normal interaccionan con la unidad de control central y con las que, sin embargo, también resulta posible un control separado de los motores 9 individuales de los concentradores solares parabólicos 5.

En la central termosolar 1 se introduce un medio de trabajo en la zona de vaporización 2 y se conduce por los tubos colectores 11. Por efecto de la irradiación solar focalizada en los tubos colectores se vaporiza parcialmente el fluido de trabajo. Después de atravesar la zona de vaporización 2 el medio de trabajo vaporizado parcialmente se hace pasar por un separador de vapor no representado y la parte vaporizada por la zona de sobrecalentamiento. Cuando pasa por los tubos colectores 11 de la zona de sobrecalentamiento 3 se sobrecalienta el vapor. El medio de trabajo vaporizado, a continuación de la zona de sobrecalentamiento 3, se hace pasar por una turbina no representada para producir energía eléctrica, por ejemplo.

El procedimiento según la invención prevé que los motores 9 de los concentradores solares parabólicos 5 se controlen adicionalmente en función de la temperatura del concentrador solar parabólico 5 concreto, del consumo de vapor en la turbina y/o en función de la velocidad del viento. Si es necesario se pueden girar concentradores solares parabólicos concretos hasta una posición de no focalización o una posición de seguridad. Así, por ejemplo, si hay una temperatura elevada en un concentrador solar parabólico 5 concreto este se puede girar hasta una posición de

no focalización. El control, en este caso, se produce al recibir la unidad de control local del motor 9 del concentrador solar parabólico 5 correspondiente la orden de girarlo. Esta orden resulta de mayor prioridad que las órdenes de control centrales que se dan en función del algoritmo astronómico.

5 Así se pueden impedir los daños por sobrecalentamiento de concentradores solares parabólicos 5 concretos. En la medida en la que el bucle en el que esté el concentrador solar parabólico 5 de temperatura alta no pueda suministrar la suficiente energía para que se produzca la vaporización, por ejemplo, evidentemente los concentradores solares parabólicos 5 del bucle en su conjunto pueden ponerse en la posición de no focalización. Evidentemente entonces es necesario cortar la alimentación de medio de trabajo al bucle correspondiente.

10 Si, por ejemplo el consumo de vapor de la turbina es reducido se pueden girar bucles de concentradores solares parabólicos 5 concretos hasta la posición de no focalización e interrumpir el suministro de medio de trabajo a los correspondientes concentradores solares parabólicos 5. Así se produce menos vapor en total. Además, con el anemómetro se puede medir la velocidad del viento. Si, por ejemplo, durante un intervalo de tiempo predeterminado el viento tiene una velocidad que supera una primera velocidad de viento predeterminada se pueden girar los concentradores solares parabólicos 5 exteriores según la dirección del viento hasta la posición de seguridad. La dirección del viento está indicada esquemáticamente en la figura 1 con una flecha. Los concentradores solares parabólicos 5 del bucle 13 que está en la dirección del viento se giran entonces hasta la posición de seguridad. Es necesario, también que los concentradores solares parabólicos 4 interiores del bucle 13 también se giren al menos hasta la posición de no focalización. Entonces el suministro de medio de trabajo al bucle 13 exterior se tiene que interrumpir puesto que por girar los concentradores solares parabólicos 5 hasta la posición de seguridad ya no existe disponible suficiente energía solar en el bucle exterior 13 para vaporizar el medio de trabajo. Evidentemente también es posible girar los concentradores solares parabólicos 5 interiores del bucle exterior 13 hasta la posición de seguridad.

25 En la figura 2 se muestra un concentrador solar parabólico 5 girado hasta la posición de seguridad. La dirección del viento se muestra en la figura 2 de nuevo mediante una flecha. En la posición de seguridad el concentrador solar parabólico 5 está colocado de modo que la cara trasera 15 apunte en la dirección del viento y la superficie del espejo 17 apunte en la dirección del concentrador solar parabólico adyacente o en dirección al suelo. Así la cara interna del espejo 17 y el tubo colector 11 quedan protegidos de la acción del viento. En la posición de seguridad el concentrador solar parabólico 5 puede estar colocado de modo que las normales a las superficies de los espejos 17 que pasan por el tubo colector 11 formen un ángulo con respecto a la horizontal α , que puede ser de entre 35° y 45° preferiblemente 30° .

35 En la posición de seguridad el concentrador solar parabólico 5 actúa además de deflector de viento de modo que el viento se desvía por la cara trasera del concentrador solar parabólico 15 no afectando así a los concentradores solares parabólicos adyacentes.

40 Cuando el viento supera durante un intervalo de tiempo predeterminado una segunda velocidad de viento puede estar previsto que todos los concentradores solares parabólicos se giren hasta la posición de seguridad. En este estado la central termosolar 1 está parada.

45 La primera velocidad de viento puede ser, por ejemplo, de 7 m/s. La segunda velocidad de viento puede ser, por ejemplo, de 15 m/s. Así, para una velocidad de viento inferior a 7 m/s todos los concentradores solares parabólicos están funcionando mientras que para una velocidad de viento mayor que 7 m/s y menor que 15 m/s los concentradores solares parabólicos exteriores 5 según la dirección del viento están girados hasta la posición de seguridad. Si la velocidad del viento es mayor que 15 m/s todos los concentradores solares parabólicos quedan girados hasta la posición de seguridad.

50 El procedimiento según la invención permite, por tanto, un control particularmente ventajoso de la central termosolar 1 evitándose los daños, por ejemplo, por sobrecalentamiento de algún concentrador solar parabólico. Además la cantidad de vapor producida se puede adaptar al consumo de vapor.

55 El procedimiento según la invención también permite que la central termosolar 1 pueda seguir funcionando aunque la velocidad de viento sea relativamente alta, una velocidad para la que las centrales termosolares tradicionales ya habría que pararlas.

Mediante el procedimiento según la invención se aumentan mucho las horas de funcionamiento de la central termosolar y además se puede hacer funcionar la central termosolar 1 de una forma particularmente eficiente.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control de una central termosolar (1) con vaporización directa, teniendo la central termosolar (1) varios concentradores solares parabólicos (5) y cada uno de ellos un motor (9) aparte, controlándose los motores (9) en función de un algoritmo astronómico predeterminado y controlándose los motores (9) de los concentradores solares parabólicos (5) individuales adicionalmente en función de la temperatura del concentrador solar parabólico respectivo y/o de las condiciones de viento, por separado, girándose concentradores solares parabólicos (5) concretos, si es necesario para regular la temperatura del concentrador solar parabólico o para adaptarse al consumo de vapor, hasta una posición de no focalización o, para condiciones de viento predeterminadas, hasta una posición de seguridad.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el control de todos los motores (9) de los concentradores solares parabólicos (5) se hace adicionalmente en función de la temperatura de cada concentrador solar parabólico, del consumo de vapor y/o de la velocidad del viento, girándose los concentradores solares parabólicos (5) concretos, si es necesario, hasta la posición de no focalización o la posición de seguridad.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque, si se supera una temperatura predeterminada en algún concentrador solar parabólico, este se gira hasta la posición de no focalización.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-3, caracterizado porque, si se supera una primera velocidad de viento durante un intervalo de tiempo predeterminado, se giran los concentradores solares parabólicos (5) exteriores según la dirección del viento hasta la posición de seguridad y, si se supera una segunda velocidad de viento durante un intervalo de tiempo predeterminado, se giran todos los concentradores solares parabólicos (5) hasta la posición de seguridad.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-4, caracterizado porque la superficie del espejo (17) de los concentradores solares parabólicos (5) queda orientada, en su posición de seguridad, hacia el suelo y hacia un concentrador solar parabólico (5) adyacente.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-5, caracterizado porque, si no se alcanza un consumo de vapor predeterminado, algún o algunos concentradores solares parabólicos (5) se giran hasta una posición de no focalización.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-6, caracterizado porque el control de los motores (9) de los concentradores solares parabólicos (5) se hace adicionalmente en función de la irradiación solar directa medida.

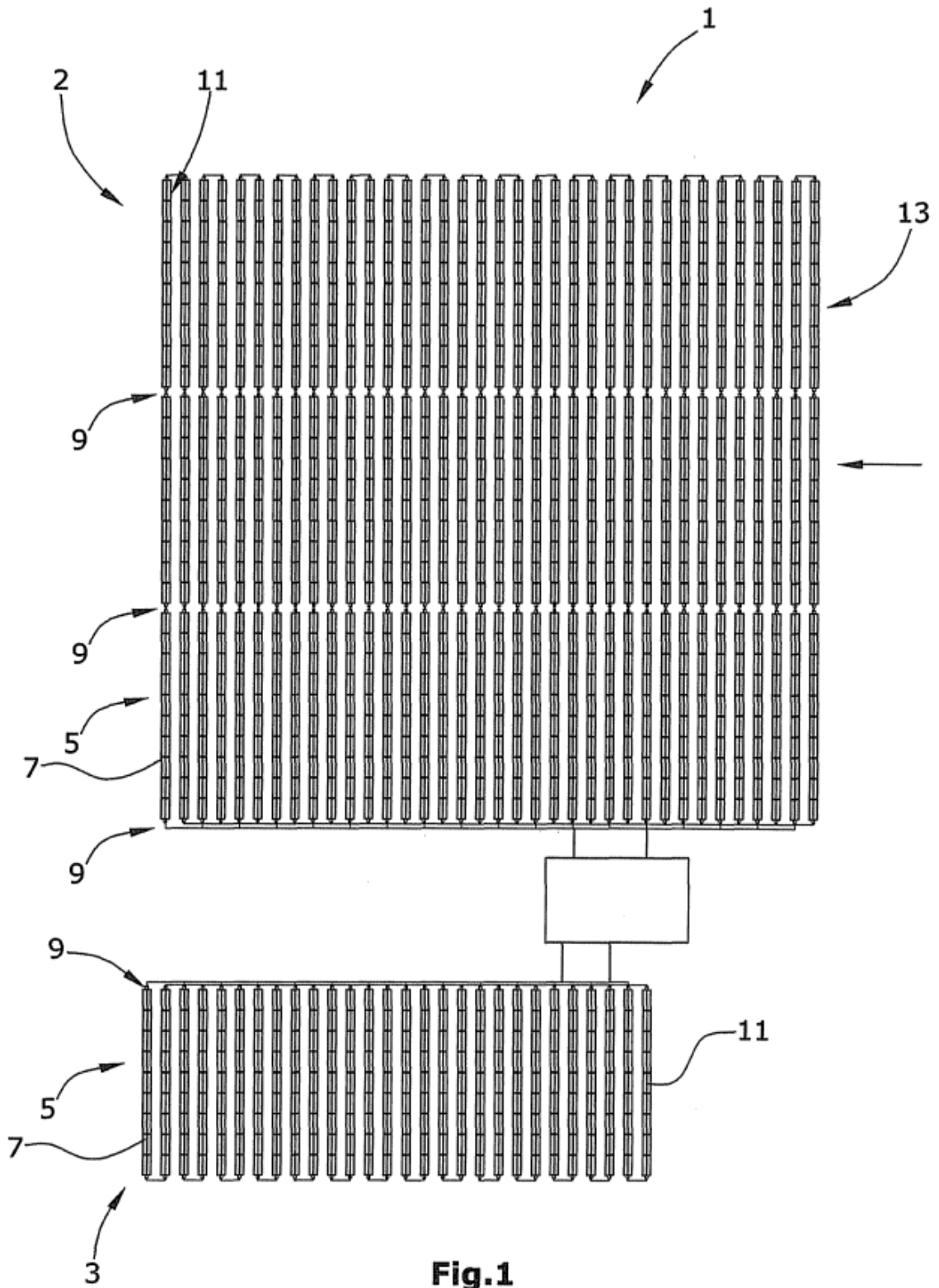


Fig.1

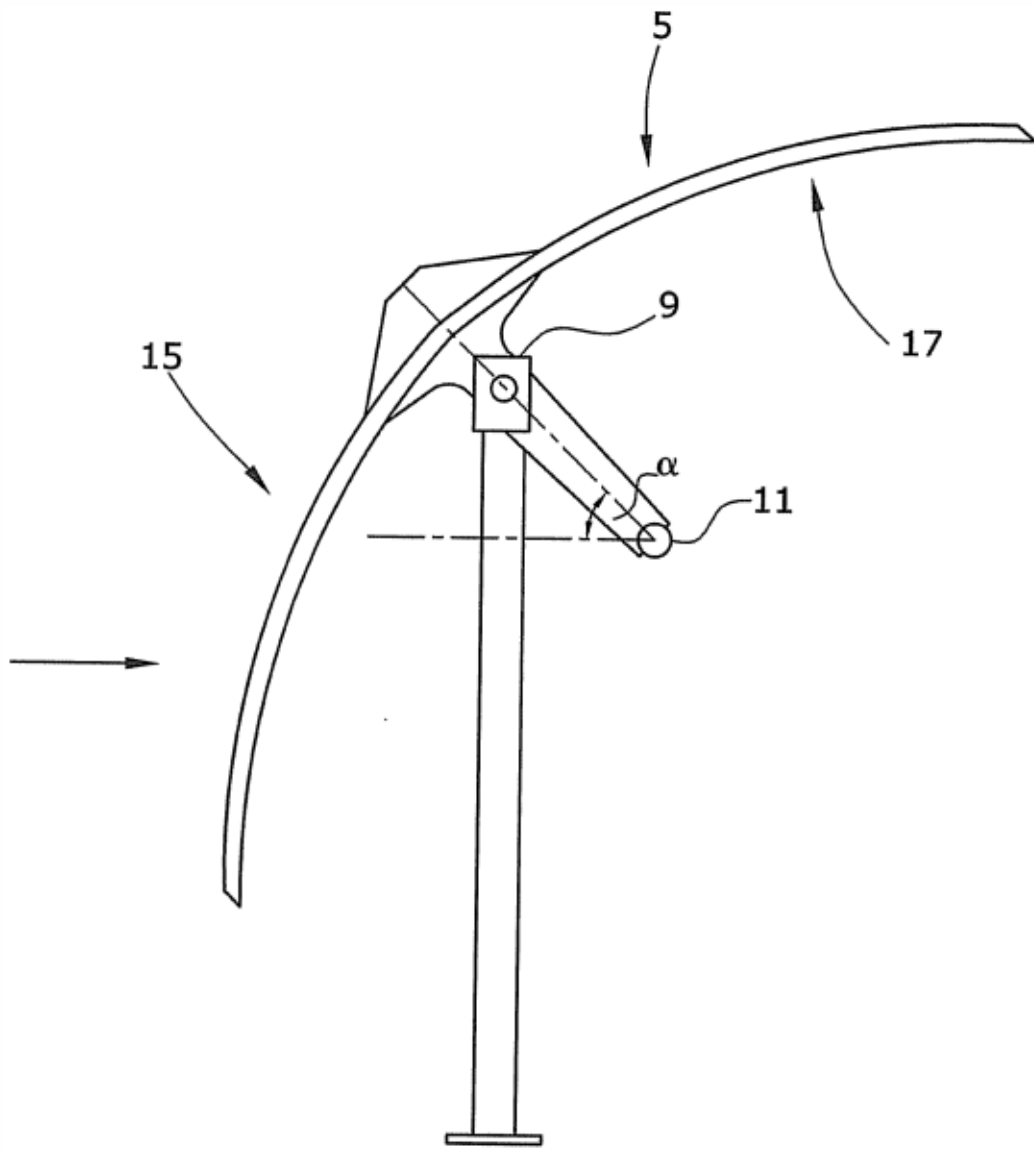


Fig.2