

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

11	NUMERO	465.978	10	A1
21	FECHA DE PRESENTACION	13-1-78		

5 DIC. 1978
PATENTE DE INVENCIÓN

30 PRIORIDADES:		
31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
761,048	21-1-77	ESTADOS UNIDOS
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	F28C	
54 TITULO DE LA INVENCIÓN		
CAMBIADOR TERMICO DE ALMACENADO POR CONTACTO DIRECTO.		
71 SOLICITANTE (S)		
WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
Westinghouse Building, Gateway Center- Pittsburgh, Pennsylvania 15222.- ESTADOS UNIDOS.		
72 INVENTOR (ES)		
Bill Lee Pierce, de nacionalidad estadounidense.		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE		
D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU		

El presente invento se refiere de manera general a cambiadores térmicos y más particularmente, a cambiadores térmicos del tipo de contacto directo.

Desde hace mucho tiempo se ha observado que el carácter discontinuo de ciertas formas de energía, por ejemplo la energía de radiación solar, es una de las dificultades que han de ser superadas para poner en práctica estas formas de energía. Se admite que el almacenado de la energía bajo forma térmica es un procedimiento para solucionar este problema, el cual, sin embargo ha demostrado ser dificultoso desde el punto de vista del rendimiento y del coste. Se han producido problemas suplementarios a la hora de integrar el aparato de almacenado en un sistema completo de utilización de energía tal como los sistemas que producen energía eléctrica por medio de un turbogenerador. Estos sistemas necesitan de manera típica, una presión de fluido de utilización, por ejemplo una presión de vapor a la entrada de la turbina relativamente constante, lo que es difícil de obtener a partir de una fuente de calor discontinua.

Por consiguiente, teniendo en cuenta las necesidades actuales y futuras de utilización de fuentes discontinuas o que varían notablemente, es conveniente disponer de un aparato de almacenado térmico eficaz y económico y de sistemas de utilización que incorporan estos aparatos.

El objeto principal del invento consiste en proporcionar un cambiador térmico por contacto directo en el cual el cambio de calor pueda ser modulado fácilmente.

En términos generales el invento consiste en un cambiador térmico de almacenado por contacto directo que incluye un recipiente a presión aislado térmicamente que tiene por lo

5 menos un orificio inferior para dar paso al líquido y por lo
menos un orificio superior para dar paso al líquido en forma
de vapor; un material de almacenado de elevada capacidad tér-
mica situado en el recipiente; estando el material de almace-
nado térmico constituido por gránulos envasados; y un disposi-
tivo de control de nivel de líquido destinado a producir se-
lectivamente un cambio de estado líquido-vapor en el interior
de dicho recipiente.

10 Se describirá ahora, solamente a título de ejemplo,
un modo de realización del invento, haciendo referencia a los
dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es una vista en sección, en alzado, de
un cambiador térmico de almacenado térmico por contacto direc-
to de acuerdo con el invento;

15 la figura 2 es un esquema de circulación de un sis-
tema de generación de energía que incluye un cambiador térmi-
co de almacenado según el invento;

20 la figura 3 es una representación gráfica que ilus-
tra la variación de la temperatura del fluido de salida con
los cambios de nivel de líquido en un cambiador térmico de al-
macenado;

la figura 4 es una representación gráfica del nivel
y de la distribución de la energía térmica procedente del sis-
tema de la figura 2; y

25 las figuras 5 a 9 son esquemas de circulación, simi-
lares al de la figura 2, de variantes de sistemas de genera-
ción de energía que incluyen un cambiador térmico de almace-
nado según el invento.

30 Haciendo referencia ahora a la figura 1, se represen-
ta en ésta un cambiador térmico de almacenado por contacto di-

recto o del tipo de de capa de gránulos, 10, que utiliza un cambio de fase líquido vapor de un fluido de trabajo en el interior del cambiador térmico. El cambiador térmico incluye un recipiente a presión 12 que puede ser construido de varias ma
5 neras, con acero u hormigón pretensado, aunque se haya representado un recipiente de hierro fundido pretensado. Este recipiente incluye una pluralidad de segmentos de hierro fundido 14 unidos por unos cables axiales 16 y circunferenciales 18 pretensados. Para incrementar el rendimiento y la capacidad de almacenado del cambiador térmico 10, este último está
10 provisto de un medio de aislamiento tal como el aislamiento 20 soportado por unas placas de aislamiento 22 dotadas de recubrimientos metálicos internos 24 y externos 26. Con el objeto de sostener el contenido del cambiador térmico 10, el aislamiento del fondo puede incluir unos ladrillos de cerámica
15 (no representados) o placas de acero 30 superpuestas. Una placa de soporte 31 puede también ser utilizada encima de los ladrillos o de las placas de aislamiento del fondo.

En la estructura descrita más arriba se halla una
20 capa 32 constituida por una pluralidad de gránulos 34, cuya composición se describirá más adelante. La forma y el tamaño de los gránulos 34 pueden variar, aunque es preferible emplear generalmente una configuración esférica para obtener una amplia superficie de transferencia de calor, y un espacio "vacío"
25 suficiente entre los gránulos para dar paso al fluido de trabajo. El tamaño y el grado de aglomeración de los gránulos pueden variar de acuerdo con las características térmicas deseadas. Sin embargo, los gránulos 34 deben estar aglomerados suficientemente para evitar cualquier movimiento significativo
30 en el interior de la capa 32 debido a la circulación del flui-

do o a la dilatación y a la contracción de los gránulos 34, así como del recubrimiento interno 24 y del aislamiento que los rodean.

5 El cambiador térmico 10 está igualmente provisto de uno o varios orificios superiores 36 a través de los cuales pasa el fluido en fase vapor para entrar o salir de la capa de gránulos 32. Igualmente, incluye uno o varios orificios inferiores 38 a través de los cuales pasa el fluido de trabajo en fase líquida para penetrar o salir de la capa 32. Los orificios 10 36, 38 están provistos de medios, tales como por ejemplo una tela metálica 40, para retener los gránulos 34 en el interior del cambiador térmico 10.

15 Se entenderá que en esta memoria y en las reivindicaciones adjuntas, los términos tales como "cambio de fase líquido-vapor" y "cambio de fase sólido-líquido" se refieren respectivamente a un cambio de fase líquida a fase vapor y fase vapor a fase líquida y a un cambio de fase sólida a fase líquida y fase líquida a fase sólida.

20 El sistema de almacenado térmico se controla principalmente haciendo variar el nivel del líquido 42 del fluido de trabajo en el interior del cambiador térmico. Cuando se desea introducir y almacenar energía térmica en el cambiador térmico 10, se hace pasar vapor recalentado procedente de una fuente de calor por la unidad 10 a través del orificio superior 36. 25 Mientras el vapor recalentado está en contacto con los gránulos 34 se enfría a la temperatura de saturación, se condensa y se sub-enfría, transfiriendo energía térmica a los gránulos 34. Inicialmente, una parte del volumen situado en el interior del cambiador térmico 10 alrededor de los gránulos 34 se llena con 30 líquido a una temperatura inferior a la temperatura de satura-

ción del fluido de trabajo a la presión de funcionamiento en el interior del cambiador térmico 10. Cuando se añade energía térmica a los gránulos superiores 34 por medio del vapor, el nivel 42 del líquido baja descubriendo una cantidad suplementaria de gránulos inferiores 34 que absorben la energía de recalentamiento y de calor latente del fluido de trabajo. El calor sensible contenido en el líquido condensado es absorbido por los gránulos situados debajo del nivel del líquido en el interior de la capa. El líquido que sale a través del orificio inferior 38 puede ser almacenado en un depósito de almacenamiento de líquido 44 (figura 2) o puede ser devuelto al sistema de generación. El depósito de almacenamiento 44 puede someterse a una presión, preferentemente con un gas inerte al fluido de trabajo, o puede emplearse un dispositivo de bombeo para asegurar la transferencia de fluido. Preferentemente, se aislarán el depósito 44, las tuberías de conexión y otros componentes del sistema para elevar el rendimiento.

El nivel 42 del líquido se supervisa y se controla por medios de dispositivos de control de nivel 46. Los dispositivos de control de nivel son bien conocidos en la técnica de control de nivel. Pueden utilizarse igualmente aparatos suplementarios tales como transductores de temperatura 48 y transductores de presión 50. El control de la presión es particularmente crítico en los sistemas de generación en los cuales el vapor del fluido de trabajo fluye directamente hasta la turbina 52, la cual necesita una presión de vapor relativamente constante en la válvula de control de entrada 54. La energía del vapor puede ser utilizada para accionar numerosos otros tipos de motores primarios, tales como turbinas de gas y motores diesel, o puede ser utilizada directamente como calor de

tratamiento.

Cuando se desea descargar la energía térmica del cambiador térmico 10 en forma de vapor, típicamente en forma de vapor recalentado, el nivel 42 del líquido contenido en la capa de gránulos 32 se eleva o se incrementa añadiendo líquido procedente del depósito de almacenado o de otra fuente de agua de alimentación. En este caso, el líquido contenido en la capa 32 cerca de la capa de separación entre líquido y vapor entra en contacto directo con los gránulos 34 a temperaturas superiores a la temperatura de saturación del fluido de trabajo a la presión de funcionamiento. Por tanto el fluido se vaporiza y es recalentado mientras sigue subiendo a través de la capa 32. A continuación sale por el orificio superior 36.

Con el objeto de aprovechar eficazmente la capacidad de almacenado térmico del cambiador térmico 10, evitando sin embargo la posibilidad de llenarlo completamente con vapor o con líquido, es preferible utilizar de 80 a 90% de la altura de la capa para la variación del nivel del líquido.

El fluido de trabajo puede estar constituido por agua, particularmente en los sistemas de generación que emplean también el fluido de trabajo para accionar turbinas, como se representa en la figura 2. En los sistemas que utilizan un sistema de recirculación en la turbina separado del sistema de fuente de calor (figura 5) pueden emplearse ventajosamente fluidos y compuestos orgánicos en el circuito de almacenado. Ciertos circuitos orgánicos tienen presiones de trabajo no superiores a $1,75 \text{ Kg/cm}^2$ (25 libras/pulgada²). Unas presiones de trabajo inferiores pueden reducir notablemente la presión de diseño y el coste del recipiente a presión 12. Sin embargo, es preciso tener en cuenta el rendimiento y el coste total de la fuente de

calor y del sistema de de generación, así como el efecto de una presión más reducida, a la hora de definir los parámetros del sistema completo. Un fluido de trabajo orgánico que puede indicarse a título de ejemplo es el monoisopropilbifenilo (MIPB). El MIPB tiene un punto de ebullición de 295°C (563°F) en las condiciones normales de temperatura y presión, y por tanto el MIPB circulando en circuito cerrado entre una fuente de calor 56 o receptor solar y un cambiador térmico de almacenado 10 puede funcionar a un valor de presión próximo al valor de la presión atmosférica.

La utilización de gránulos 34 constituidos por materiales específicos en el cambiador térmico de almacenado 10 puede demostrar ser muy ventajosa. La amplia superficie por unidad de volumen y el circuito sinuoso que debe seguir el fluido de trabajo a través de la capa 32 aseguran un rápido cambio térmico.

La conducción del calor a través de la capa de gránulos 32 propiamente dicha, estando aproximadamente de la tercera parte a la mitad de su volumen ocupado por vapor o líquido entre los gránulos 34, es reducida, porque los gránulos están en contacto mutuo solamente en zonas limitadas del punto de contacto, particularmente si se utilizan gránulos esféricos, y los gránulos reducen la convección térmica del vapor o líquido contenido. De este modo se reduce mucho la pérdida de calor a través de las paredes del cambiador térmico 10 y el aislamiento la reduce todavía más. La composición de los gránulos puede incluir esferas sólidas u otras formas geométricas que emplean el almacenado del calor sensible, o puede incluir un material encapsulado en un gránulo y que está sometido a un cambio de fase sólida-líquida y por tanto utiliza tan

to el almacenado del calor latente de fusión, como el almacenado del calor sensible. Aunque ninguna composición particular de materiales ha sido identificada como siendo idealmente adecuada para ser utilizada en los gránulos del cambiador térmico

5 10, la tabla I es una compilación de los materiales candidatos que presentan una posibilidad de aplicación como materiales de almacenado de calor de fusión para gránulos encapsulados. Estos materiales incluyen sales inorgánicas, composiciones eutécticas de sales, y algunos elementos puros. Aunque los calores

10 de fusión aproximados se indican por peso unitario en la tabla I, la clasificación es aproximadamente la misma, basándose en el volumen de las sales inorgánicas, ya que casi todos estos materiales tienen densidades incluidas entre 2,0 y 2,5 g/cm³. En el caso de composiciones eutécticas de sales, se ha comprobado invariablemente que el calor de fusión de una composición

15 eutéctica dada es inferior al calor más elevado de fusión de sus elementos constitutivos puros, y a menudo es inferior al más bajo. Por tanto, los valores indicados en el caso de composiciones eutécticas, son los valores límites.

20

TABLA I
MATERIALES CANDIDATOS PARA ALMACENADO DE
ENERGIA TERMICA DE CALOR DE FUSION

<u>Material</u>	<u>Punto de fusión °C</u>	<u>Calor de fusión* (calorías/g)</u>
25 <u>Sales Inorgánicas:</u>		
BiCl ₃	232	18,0
SnCl ₂	247	22,8
LiNO ₃	254	87,8
ZnCl ₂	283	40,6
30 NaNO ₂	310	44,2

TABLA I (continuación)

	$K_2Mo_2O_7$	484	--
	CuBr	488	16,0
	PbCl ₂	498	20,3
5	PbO.B ₂ O ₃	500	--
<u>Composiciones Eutécticas de</u>			
<u>Sales Inorgánicas:</u> ^未			
	50 NaCl - 50 BeCl ₂	215	(123,5 - 30,0) ^未
	73 NaOH - 27 LiOH	218	(50,0 - 208,8)
10	22 NaBr - 78 NaOH	260	(59,7 - 50,0)
	40,5 NaCl - 59,5 ZnCl ₂	262	(123,5 - 40,6)
	55 LiBr - 45 LiOH	275	(48,6 - 208,8)
	90 NaOH - 10 Na ₂ CO ₃	286	(50,0 - 66,0)
	37 LiCl - 63 LiOH	290	(112,3 - 208,8)
15	44 LiCl - 56 BeCl ₂	300	(112,3 - 30,0)
	75 LiBr - 25BaBr ₂	483	(48,6 - 21,9)
	71 LiCl - 29 LiF	485	(112,3 - 249,4)
	38 K ₂ CO ₃ - 62 Li ₂ CO ₃	488	(56,4 - 144,8)
	52 LiF - 48 KF	492	(249,4 - 116,2)
20	62 LiCl - 38 CaCl ₂	496	(112,3 - 61,1)
	57,3 K ₂ CO ₃ - 42,7 Li ₂ CO ₃	498	(56,4 - 144,8)
	48 NaCl - 52 CaCl ₂	500	(123,5 - 61,1)
	61 LiCl - 39 Li ₂ CO ₃	507	(112,3 - 144,8)
	78 Li ₂ SO ₄ - 8,5 K ₂ SO ₄ - 13,5 Na ₂ SO ₄	512	(27,6 - 52,0 - 41,0)
25	80 Li ₂ SO ₄ - 20 K ₂ SO ₄	535	(57,6 - 52,0)
<u>Elementos Puros:</u>			
	Se	217	15,4
	Sn	232	14,4
	Bi	271	12,0
30	Tl	303	5,0

* Cuando existen valores de referencia muy conflictivos, se indica el valor más elevado.

** Se indican composiciones molares.

*** Calores de fusión de sales separadas originales.

5 Todas las sales enumeradas reaccionan con y/o se disuelven en agua en cierto grado, con las resultantes complicaciones tal como un importante incremento de la reactividad química. Por tanto es imperativo que cuando se utiliza una sal, esta última esté debidamente aislada para impedir su contacto
10 con humedad o vapor de agua, o con otros fluidos de trabajo. Teniendo en cuenta las interacciones químicas entre sales y materiales de gránulo, es preferible emplear grafito como capa externa del gránulo porque es probablemente inerte a todas las sales candidatas. Otros materiales no metálicos candidatos incluyen silice fundida, cuarzo y alumina de alta pureza. En el
15 caso de gránulos metálicos, la compatibilidad química es más compleja. Para la mayoría de los hidróxidos, son compatibles el níquel con reducido contenido de carbono y ciertas aleaciones a base de níquel tales como el Monel 400 (International Nickel Company, Inc.). El níquel puro es igualmente compatible
20 con ciertas composiciones eutécticas de fluoruro-hidróxido. Además, se ha utilizado con éxito el Hastelloy N (Union Carbide Company) en contacto con un cierto número de mezclas de fluoruros en el "Molten-Salt Reactor Program".
25 Algunos carbonatos son tan reactivos que actualmente no han podido ser identificados ningún metal o aleación compatible, salvo los costosos metales preciosos y metales refractarios tales como el molibdeno y el tungsteno. La mayoría de las sales presentan importantes cambios de volumen durante su
30 fusión y su solidificación, y en numerosos casos estos valores

son extremadamente elevados, haciéndolos menos adecuados como candidatos para almacenado de calor de fusión en la aplicación en cuestión. Por ejemplo, entre las sales enumeradas en la tabla I, el LiNO_3 se dilata en un 21,4% durante su fusión, el NaNO_3 se dilata en un 10,7% y el ZnCl_2 se dilata en un 11,6%. Es preciso tener exactamente en cuenta estos importantes cambios de volumen durante el diseño de la capa de gránulos para evitar la formación de fuerzas elevadas y de desperfectos mecánicos en la capa externa de los gránulos durante su fusión. Igualmente, la contracción importante que se produce durante la solidificación puede reducir mucho la superficie de contacto entre la sal y la capa externa del elemento, produciendo así una reducción del rendimiento de transferencia de calor durante la fusión siguiente.

Por tanto, las mezclas eutécticas que contienen cantidades importantes de LiOH pueden ser utilizadas ventajosamente, ha que el LiOH se contrae solamente en un 3,4% cuando se funde y por tanto tiende a reducir mucho el cambio total de volumen en las mezclas que contienen LiOH .

La integración del cambiador térmico de almacenado de calor en un sistema de generación puede realizarse fácilmente de diversas maneras. La figura 2 representa un ciclo directo del tipo Rankine en el cual el fluido de trabajo, por ejemplo agua, se utiliza igualmente para accionar la turbina y el generador eléctrico asociado. El agua puede ser recalentada y pasa desde la fuente de calor, constituida por ejemplo por un receptor solar, a través de la turbina y del condensador, y es conducida de nuevo por la bomba de agua de alimentación a la fuente de calor en su modo más directo de funcionamiento. Cuando se desea utilizar el cambiador

térmico 10 para almacenar o para descargar energía térmica, se dispone de otros circuitos de circulación. En las figuras 2 y 5 a 9, las flechas negras representan los circuitos de circulación disponibles durante el almacenado de la energía térmica en el cambiador térmico 10, mientras que las flechas no oscuras representan los circuitos de circulación disponibles durante la descarga de energía térmica a partir del cambiador térmico 10.

Las operaciones de almacenado o de descarga de energía pueden constituir operaciones separadas, o, en variante, pueden combinarse con el suministro de energía a partir de la fuente de calor 56 a la turbina 52. Durante el almacenado, la totalidad o una parte del fluido de trabajo procedente de la fuente de calor 56 (figura 2) atraviesa el conducto 62 llegando al cambiador térmico 10, y atraviesa el conducto 64 y la válvula 66 para llegar al depósito de almacenado de líquido 44, o bien atraviesa el conducto 68 y la bomba 70 para volver a la fuente de calor.

Durante la descarga, el fluido de trabajo pasa bien a partir del depósito de almacenado de líquido 44 a través del conducto 72, de la bomba 74, y de la válvula 76 hasta el conducto 64 y penetra en el cambiador térmico 10, o bien a partir de la bomba de agua de alimentación 62, a través de la válvula 78 hasta el conducto 64 y el cambiador de calor 10.

Cuando la fuente de calor 56 puede suministrar una cantidad de energía suficiente tanto a la turbina 52 como al dispositivo de almacenado 10, la temperatura del fluido de trabajo que sale de la fuente de calor puede ser controlado principalmente haciendo variar el caudal a través de la bomba 70. La presión en la tubería del lado de vapor de la fuente de calor,

conducto 80, puede ser controlada ajustando el nivel del líquido en el cambiador térmico 10. Cuando el nivel de la presión es superior a un valor predeterminado más alto, el nivel del líquido en el cambiador térmico se reduce. Inversamente, cuando el nivel de presión es inferior a un valor inferior predeterminado, el nivel del líquido se aumenta en el cambiador térmico. Esto produce unas condiciones de temperatura y presión esencialmente constantes en la válvula de regulación de entrada de turbina 54.

10 Cuando la fuente de calor 56 no puede suministrar energía "sobrante" para su almacenado, la bomba 70 debe ser parada y la circulación de agua de alimentación procedente de la bomba 62 se dividirá, haciendo pasar una cantidad controlada hasta la entrada de la fuente de calor a través de la válvula 82 y del conducto 84 de acuerdo con las condiciones térmicas tales como la temperatura, o el vapor que sale de la fuente de calor 56; el resto de la circulación de agua de alimentación se conducirá al circuito del cambiador térmico a través de la válvula 78. Por tanto, el nivel de la presión en el conducto 80 puede controlarse igualmente haciendo variar el nivel del líquido en el cambiador térmico 10.

15 Cuando la fuente de calor constituida, por ejemplo por un reflector solar, está cerrada y separada del sistema, por ejemplo durante la noche, es posible seguir controlando la presión del vapor en el conducto 80 haciendo variar el nivel del líquido en el cambiador térmico de almacenado, asegurando el cambiador térmico una circulación de vapor suficiente para accionar la turbina 52. Sin embargo, después de un periodo de tiempo prolongado se producirá una reducción progresiva de la temperatura del vapor en la válvula 54 de la turbi-

na en este modo de funcionamiento. Esta variación de la temperatura se representa en la figura 3 en la cual la abscisa representa el nivel del líquido en el cambiador térmico, bajo la forma de una fracción, y la ordenada representa la variación de temperatura a la salida del cambiador térmico, bajo la forma de la fracción $\frac{T-T_F}{T_S-T_F}$, en la cual T es la temperatura de salida, T_S es la temperatura inicial de la capa, y T_F es la temperatura del líquido de alimentación.

Una característica de seguridad ventajosa de este sistema de almacenado térmico y de generación es su respuesta a una brusca desconexión de la turbina o a una brusca desaparición de la turbina. Si se produce bruscamente una parada de la turbina no prevista, el sistema de cambiador térmico puede absorber la totalidad de la potencia generada por la fuente de calor gracias a una redundancia adecuada de las dimensiones y de la capacidad de control de la bomba 70. Por tanto, no se necesitará una brusca interrupción de la fuente de calor ni tampoco será preciso utilizar una carga ficticia para absorber el vapor.

La figura 4 representa el nivel típico de potencia térmica (ordenada) y la distribución durante el periodo de tiempo de un día (abscisa) en el caso de un sistema de generación y almacenado utilizando una fuente de calor sola. En esta figura se ha supuesto una variación simplificada de la demanda eléctrica aplicada al sistema que aumenta hasta un nivel superior estático durante el día de "trabajo", y que disminuye hasta un nivel inferior estático hacia la "tarde", y una demanda insignificante durante las horas "tempranas" de la mañana. Durante el periodo de tiempo "A" la potencia de salida térmica del receptor solar se conduce solamente al dispositivo

de almacenado; durante los periodos "B" y "D" la salida térmica se dirige solamente a la turbina; durante el periodo de tiempo "C" la salida se dirige tanto al dispositivo de almacenado como a la turbina; y durante el periodo "E" la turbina está accionada solamente por la energía procedente del dispositivo de almacenado.

Las figuras 5 a 9 ilustran esquemáticamente unas variantes de sistemas de generación utilizando ventajosamente el cambiador térmico de almacenado térmico 10 descrito más arriba. El sistema de la figura 5 utiliza un circuito de circulación de turbogenerador separado, o aislado. El circuito de almacenado o de calor puede emplear aquí un fluido separado del fluido del circuito de la turbina, y los circuitos pueden funcionar a presiones notablemente diferentes. En el circuito de almacenado, puede circular un fluido orgánico y este circuito puede funcionar aproximadamente a la presión atmosférica, lo que disminuye considerablemente el coste de numerosos componentes del circuito. Esta configuración exige un cambiador térmico suplementario 86 constituido, por ejemplo por un generador de vapor del tipo de haces de tubos para transferir la energía térmica entre los circuitos. El cambiador térmico 86 reduce el rendimiento total del sistema cuando la turbina es accionada, bien por la fuente de calor 56 o bien por el cambiador térmico de almacenado 10.

La figura 6 representa un sistema muy similar al de la figura 5. Sin embargo, en este caso, el circuito de cambiador térmico de almacenado está aislado del circuito de la turbina 52 e igualmente de la fuente de calor 56. Con esta configuración, el rendimiento del sistema no está afectado cuando la turbina está accionada directamente a partir de la fuente

de calor 56. El rendimiento disminuye solamente cuando se acciona la turbina con la energía procedente del circuito de almacenado. En el circuito de almacenado de calor aislado, es posible hacer circular, de manera ventajosa, un fluido orgánico.

5

Según la caída de temperatura a través de la turbina 52, el fluido que sale de la turbina puede ser utilizado en un sistema separado 88 de utilización de energía térmica en relación de cambio térmico con el condensador 60, según se representa en la figura 7. Esta disposición puede incluir una derivación de turbina a través del conducto 90 directamente hasta el condensador.

10

De manera similar, la figura 8 representa otro sistema separado de utilización de energía 90 accionado directamente por el vapor de la fuente sin pasar a través del condensador.

15

La figura 9 representa una disposición más compleja que utiliza ambos sistemas de utilización de energía térmica a temperatura elevada 92 y a temperatura reducida 94, además de la generación de electricidad a partir de la turbina 52. Utiliza igualmente dos cambiadores térmicos de almacenado de calor, uno para el almacenado a alta temperatura 10a, y otro para almacenado a baja temperatura 10b.

20

Por tanto, se ha descrito un cambiador térmico de almacenado de calor por contacto directo, útil en sistemas de generación de energía, que emplea un cambio de fase líquida-vapor de un fluido de trabajo y que puede también utilizar un cambio de fase sólida-líquida de un medio de almacenado de calor que presenta una capacidad térmica relativamente elevada. El rendimiento general del almacenado de calor se-

25

30

gún el invento puede ser extremadamente elevado. Además, utilizando de 80 a 90% de la altura de la capa de gránulos en el interior del cambiador térmico, el rendimiento de una turbina eléctrica conectada puede verse afectada solamente de manera insignificante (figura 3). En este tipo de sistema de generación de electricidad mediante almacenamiento de calor, la energía de bombeo necesaria para el control del nivel del líquido representa aproximadamente 1% de la energía almacenada; las pérdidas de calor a partir del cambiador térmico y del depósito de almacenamiento de líquido pueden no ser superiores a 1-2% de la energía almacenada cuando ambas unidades están adecuadamente aisladas; la degradación de la energía almacenada, debida a la conducción axial a través de la capa de gránulos, es aproximadamente de 1%, y la energía necesaria para asegurar la presurización en el depósito de almacenamiento es aproximadamente de 1%. Por tanto, el cambiador térmico descrito tiene la capacidad de asegurar un rendimiento térmico promediado de 90 a 95%. Además, es posible obtener una elevada fiabilidad de los componentes y del sistema, ya que el cambiador térmico y el depósito de almacenamiento son componentes estáticos, y las bombas y válvulas necesarias funcionan esencialmente para suministrar agua de alimentación y están sometidas a presiones diferenciales relativamente reducidas.

Se observará que a la vista de lo que antecede pueden introducirse numerosas modificaciones y adiciones. Por tanto, se entenderá que sin salir del alcance de las reivindicaciones adjuntas, el invento puede llevarse a la práctica de manera distinta de la que se describe aquí de un modo específico.

En resumen, la presente patente de invención que se

solicita, deberá recaer en las siguientes:

REIVINDICACIONES

1. - Cambiador térmico de almacenado por contacto directo que incluye:

5 un recipiente a presión aislado térmicamente dotado de por lo menos un orificio inferior para dar paso al líquido y por lo menos un orificio superior para dar paso al líquido en forma de vapor;

10 un material de almacenado con elevada capacidad térmica situado en el recipiente, estando el material de almacenado de calor constituido por gránulos envasados; y

un dispositivo de control de nivel de líquido situado para producir selectivamente un cambio de estado líquido-vapor en el interior de dicho recipiente.

15 2. - Cambiador según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo de control incluye un detector de nivel de líquido conectado para que el dispositivo de control pueda mantener el nivel de líquido en una gama deseada de modo que se añada energía a dichos gránulos reduciendo el nivel de líquido, y de modo que se transfiera energía a partir de
20 dichos gránulos hasta dicho líquido, elevando dicho nivel de líquido.

25 3. - Cambiador según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque dichos gránulos tienen una configuración generalmente esferoidal.

4. - Cambiador según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque dichos gránulos están constituidos por un material elegido en el grupo que consiste en los materiales enumerados en la tabla I.

30 5. - Cambiador según una cualquiera de las anteriores

res reivindicaciones, caracterizado porque cada uno de dichos gránulos está constituido por una capa exterior herméticamente cerrada que rodea un núcleo de material fusible.

5 6.- Cambiador según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque incluye una fuente de calor conectada con el recipiente; y un motor primario conectado con el recipiente.

10 7. cambiador según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque el líquido está constituido por un líquido orgánico.

8. Un cambiador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque incluye un aparato de presión para mantener una presión sobre el fluido en el recipiente.

15 9. Se reivindica por último y como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita por: CAMBIADOR TERMICO DE ALMACENADO POR CONTACTO DIRECTO.

20 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la Presente Memoria descriptiva que consta de veinte páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 13 de Enero 1.978

BERNARDO UNGRIA

P.P.


25

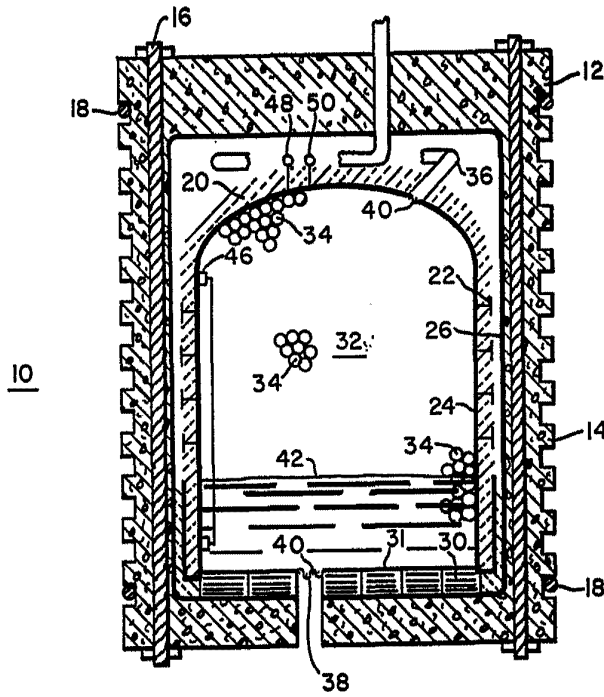


FIG. 1

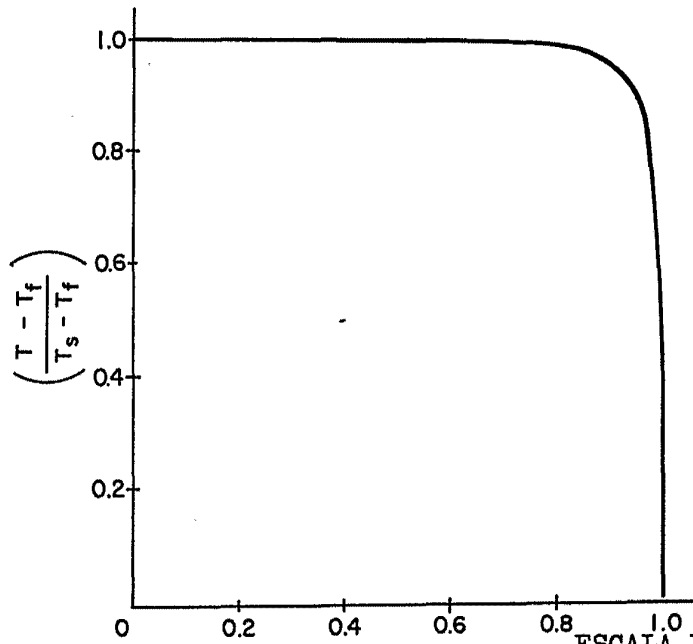


FIG. 3

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 13 de Enero 1978
 BERNARDO UNGRIA
 P.P.

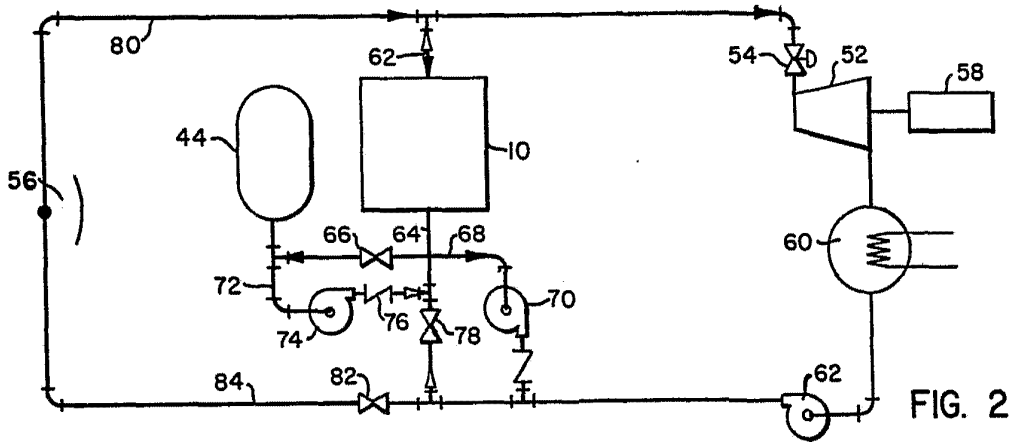


FIG. 2

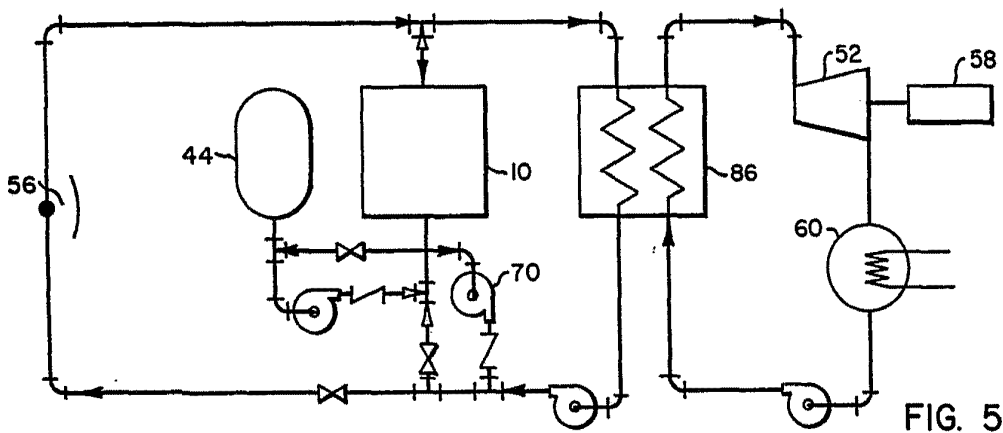


FIG. 5

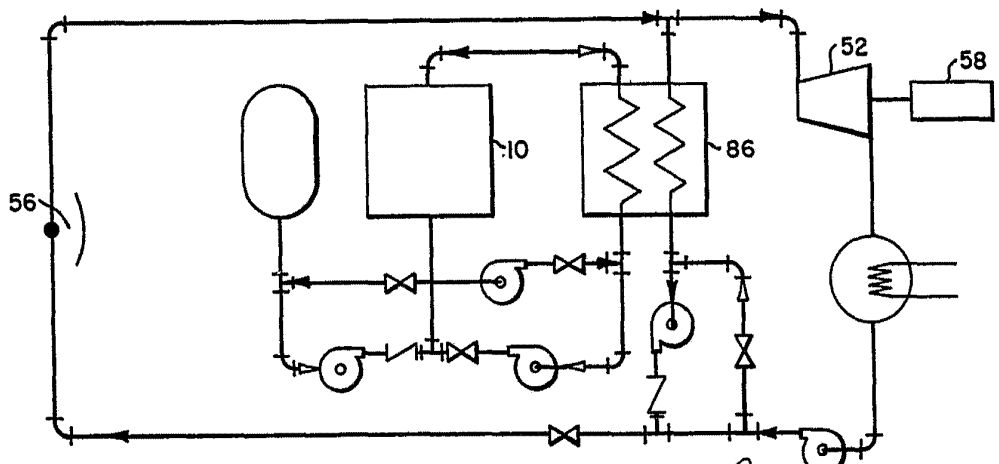


FIG. 6

ESCALA VARIABLE
Madrid, 13 de Enero 1978
BERNARDO UNGUETA
P.P.

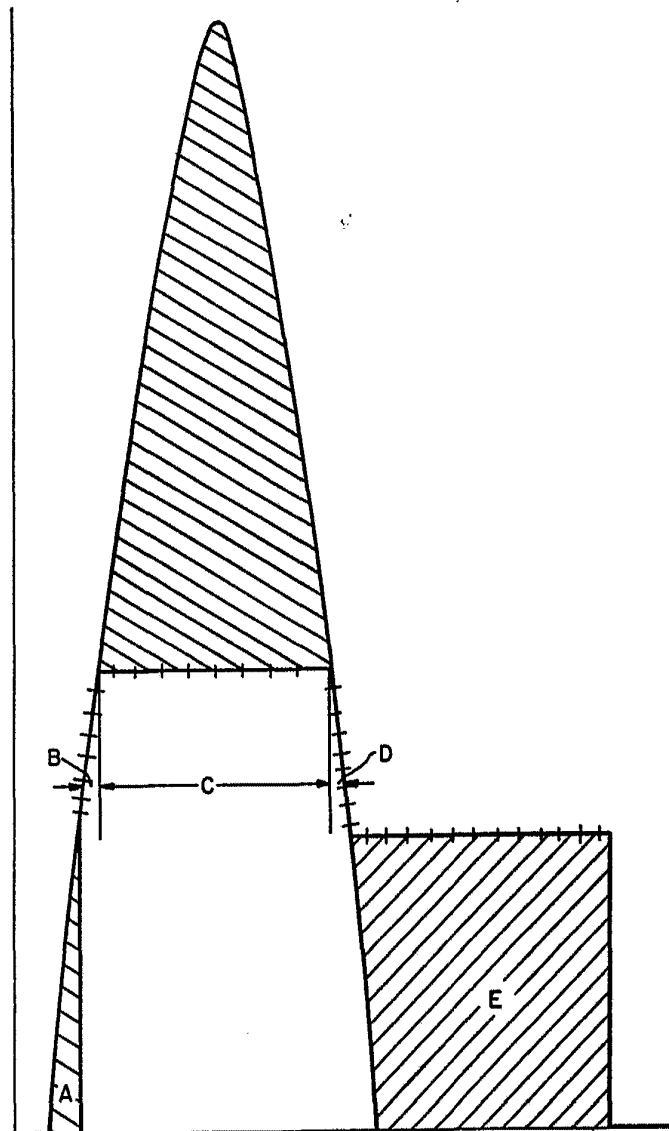


FIG. 4

ESCALA VARIABLE
Madrid, 13 de Enero de 1978
BERNARDO UNGRIA
P.P.

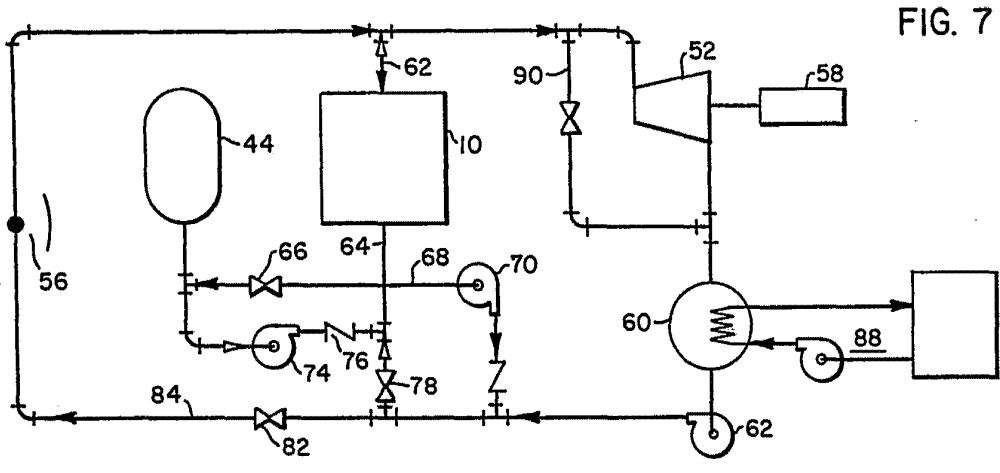


FIG. 7

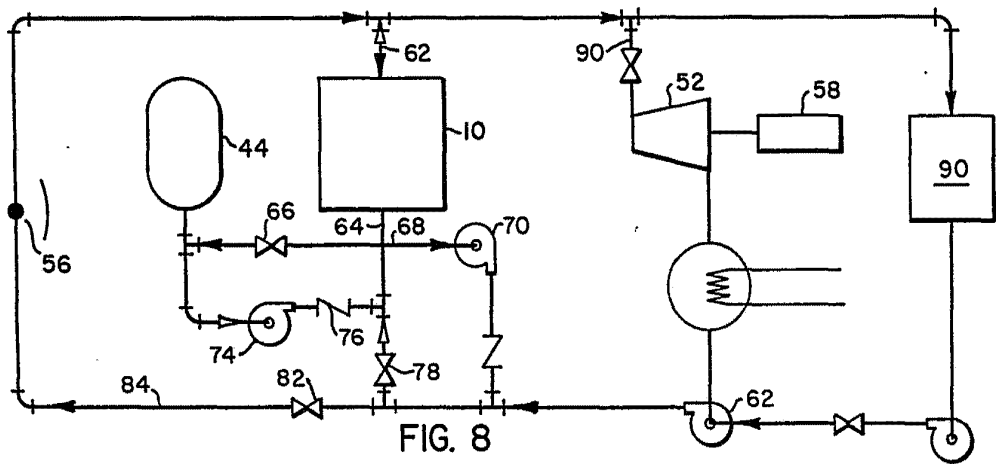


FIG. 8

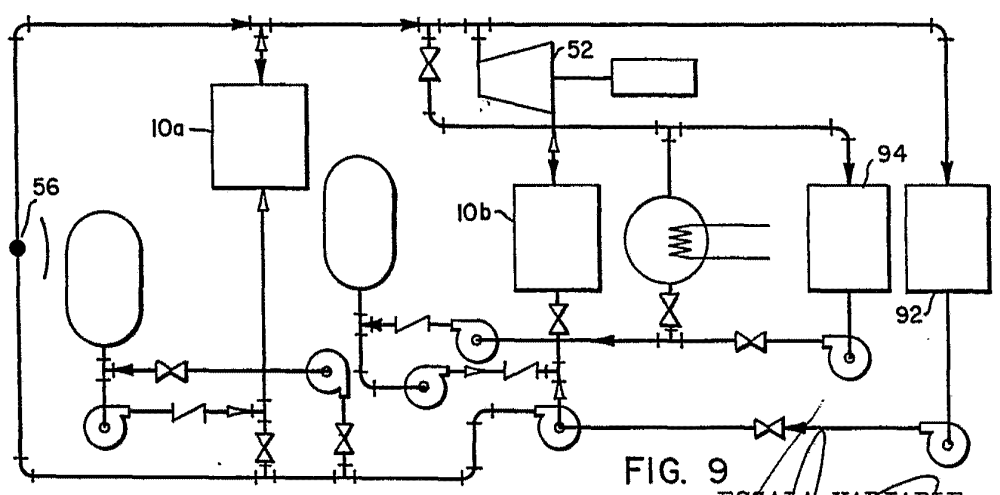


FIG. 9

ESCALA VARIABLE
Madrid, 13 de Enero 1978
BERNARDO UNGRÍA
P.P.