

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 872 006**

51 Int. Cl.:

H01M 10/6557 (2014.01)

H01M 10/613 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2018** **PCT/EP2018/058146**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.10.2018** **WO18185001**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2018** **E 18726914 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.03.2021** **EP 3607611**

54 Título: **Sistema y método de enfriamiento**

30 Prioridad:

05.04.2017 GB 201705521

05.04.2017 GB 201705523

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.11.2021

73 Titular/es:

SIEMENS ENERGY AS (100.0%)

Oestre Aker Vei 88

0596 Oslo, NO

72 Inventor/es:

BØRSHEIM, EIRIK y

BERGE, TORE

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 872 006 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

Sistema y método de enfriamiento

Esta invención se refiere a un sistema y a un método de enfriamiento para un módulo de almacenamiento de energía, en particular para un módulo de almacenamiento de energía que comprende una celda electroquímica, o batería, que proporciona energía eléctrica a un usuario final.

Los módulos de energía eléctrica almacenada o unidades de potencia de diversos tipos son cada vez más comunes en muchas aplicaciones, en particular, para su uso cuando existen problemas medioambientales relacionados con las emisiones en entornos sensibles o problemas de salud pública. Las unidades de potencia de energía eléctrica almacenada se utilizan habitualmente para proporcionar energía eléctrica para hacer funcionar equipos, para evitar emisiones en el punto de uso, aunque esa energía almacenada se puede haber generado de muchas maneras diferentes. La energía eléctrica almacenada también se puede utilizar para reducir los picos en sistemas que, de otro modo, se suministran desde la red o desde diversos tipos de sistemas de generación de energía, incluidos los generadores diésel, las turbinas de gas o las fuentes de energía renovables. Las aeronaves, los vehículos, las embarcaciones, las plataformas en alta mar, o las plataformas y otros equipos alimentados en ubicaciones remotas son ejemplos de usuarios de energía eléctrica almacenada a gran escala. Los conductores de vehículos pueden utilizar la unidad de potencia de energía almacenada en el centro de las ciudades y cargarla desde un motor de combustión interna en las carreteras principales, para reducir las emisiones nocivas en los pueblos y ciudades, o se pueden recargar desde un suministro eléctrico. Los transbordadores que llevan a cabo la mayor parte de su viaje relativamente cerca de áreas habitadas o en entornos sensibles se están diseñando con sistemas de propulsión híbridos o totalmente eléctricos. Los transbordadores pueden funcionar con energía almacenada para alimentar la embarcación cuando se encuentra cerca de la costa, utilizando generadores diésel en alta mar para recargar las baterías. En algunos países, la disponibilidad de electricidad procedente de fuentes de energía renovables para utilizar en la carga de la unidad de energía almacenada significa que se puede utilizar una embarcación totalmente eléctrica, siempre que las unidades de energía almacenada sean suficientemente fiables para las distancias recorridas, sin utilizar ni diésel ni otra fuente de energía no renovable en absoluto. Ya sea híbrida o completamente eléctrica, las unidades de energía almacenada se pueden cargar desde un suministro de costa cuando está atracada. El desarrollo de tecnología para lograr unidades de energía almacenada que sean lo suficientemente fiables para un uso prolongado como fuente de energía principal debe abordar determinados problemas técnicos.

El documento US2013177791 describe un sistema para enfriar un aparato de almacenamiento de energía, que tiene dos métodos de enfriamiento bastante separados, que utiliza enfriamiento por gas o líquido. Los pasos de suministro de refrigerante tienen unas válvulas controladas por solenoide, de modo que los módulos de batería individuales se puedan enfriar o no enfriar, de acuerdo con las necesidades, para optimizar la vida útil de la batería.

El documento US2016204483 describe un sistema de enfriamiento de batería que utiliza unas aletas de enfriamiento con unas aberturas de bloqueo de material fundible en las aletas, fundiéndose tal material por encima de una determinada temperatura para proporcionar refrigerante líquido a una sección de batería adyacente a la abertura.

De conformidad con la presente invención, un sistema de enfriamiento de módulo de almacenamiento de energía para un sistema de suministro de energía que comprende uno o más módulos de almacenamiento de energía dispuestos en paralelo; comprendiendo el sistema de enfriamiento una unidad de enfriamiento que comprende un depósito de fluido de enfriamiento, una tubería de entrada de fluido de enfriamiento común y una tubería de salida de fluido de enfriamiento común; en donde cada módulo de almacenamiento de energía comprende uno o más dispositivos de almacenamiento de energía; y, para cada dispositivo de almacenamiento de energía, un enfriador en contacto con el dispositivo de almacenamiento de energía; en donde el enfriador comprende uno o más canales de fluido de enfriamiento para hacer circular el fluido de enfriamiento, estando los canales en contacto directo con una superficie del dispositivo de almacenamiento de energía, estando cada canal de fluido de enfriamiento adaptado para recibir fluido de enfriamiento, extraer calor del dispositivo de almacenamiento de energía y devolver el fluido de enfriamiento a la unidad de enfriamiento; y en donde la tubería de entrada de fluido de enfriamiento común y la tubería de salida de fluido común comprenden unas conexiones de tubería entre cada enfriador de dispositivo de almacenamiento de energía; en donde las conexiones de tubería de la tubería de salida de fluido de enfriamiento común tienen un punto de fusión más bajo que las conexiones de tubería de la tubería de entrada de fluido de enfriamiento común.

Durante el funcionamiento normal, el contacto directo de los canales de enfriamiento con la celda mantiene las celdas a su temperatura de funcionamiento correcta y, si un evento térmico hace que una conexión de tubería de salida exceda su punto de fusión y falle, entonces el fluido de enfriamiento fluye a una velocidad mucho mayor en el enfriador en el que la conexión de tubería se ha fundido para proporcionar un enfriamiento adicional a esa celda que se está sobrecalentando.

El punto de fusión de las conexiones de tubería de la tubería de entrada de fluido de enfriamiento común se puede elegir para que sea superior a 400 °C.

La conexión de tubería de salida se puede elegir para que tenga un punto de fusión un poco por encima de la temperatura de funcionamiento segura, que, para iones de litio, es de aproximadamente 60 °C, aunque, preferentemente el punto de fusión de las conexiones de tubería de la tubería de salida de fluido de enfriamiento común se encuentra en el intervalo de 130 °C a 180 °C.

- 5 En una realización, el enfriador actúa como un soporte o portador, proporcionando soporte para el dispositivo de almacenamiento de energía. De manera alternativa, el sistema de enfriamiento puede estar provisto de un soporte o portador separado, en el que cada dispositivo de almacenamiento de energía y su enfriador están soportados en el módulo.

El enfriador puede estar formado mediante laminación, técnicas de fabricación aditiva o soldadura.

- 10 Los canales de fluido de enfriamiento pueden comprender unas tuberías que tengan una sección transversal circular o cuadrada.

Los canales de fluido de enfriamiento pueden comprender un material polimérico.

- 15 Habitualmente, los canales de fluido de enfriamiento tienen un grosor de pared de 1 mm a 5 mm para un material polimérico, aunque, preferentemente, los canales de fluido de enfriamiento tienen un grosor de pared de no más de 3 mm.

Al menos un 30 % de una superficie del dispositivo de almacenamiento de energía puede estar en contacto directo con los canales de fluido de enfriamiento del enfriador.

Al menos un 75 % de una superficie del dispositivo de almacenamiento de energía puede estar en contacto directo con los canales de fluido de enfriamiento del enfriador.

- 20 Los canales de fluido de enfriamiento pueden comprender, además, una o más secciones de ruptura que tienen un punto de fusión más bajo que el punto de fusión de los canales de fluido de enfriamiento, por lo que se proporciona fluido de enfriamiento directamente a un dispositivo de almacenamiento de energía en el caso de que la temperatura supere el punto de fusión más bajo.

- 25 El dispositivo de almacenamiento de energía puede comprender una celda electroquímica, una celda de batería, una celda de combustible, un condensador, un ultracondensador o un supercondensador.

El dispositivo de almacenamiento de energía puede comprender una batería de iones de litio, una batería de NiMh o una batería alcalina.

El fluido de enfriamiento puede comprender agua o agua glicol.

- 30 De conformidad con la presente invención, un método de suministro de enfriamiento adicional a un módulo de almacenamiento de energía de un sistema de enfriamiento de acuerdo con el primer aspecto comprende proporcionar unas conexiones de tubería de la tubería de salida de fluido de enfriamiento común que tengan un punto de fusión más bajo que las conexiones de tubería de la tubería de entrada de fluido de enfriamiento común; de tal manera que, durante el uso, si las conexiones de tubería se someten a temperaturas elevadas o a fuego, las conexiones de tubería de la tubería de salida de fluido común fallan antes que las conexiones de tubería de la tubería de entrada de fluido común, provocando una caída de presión mediante la cual la velocidad de flujo de fluido a través del enfriador del módulo de almacenamiento de energía en el que ha fallado la conexión de tubería aumenta sustancialmente.

El método puede comprender, además, detectar, en la unidad de enfriamiento, una caída de presión en el sistema cerrado y cambiar del depósito de fluido de enfriamiento a una fuente de fluido de enfriamiento adicional para mantener el suministro de fluido de enfriamiento durante un período más largo.

- 40 La fuente de fluido de enfriamiento adicional se puede apagar después de un período de tiempo predeterminado.

A continuación, se describirá un ejemplo de un sistema y de un método de enfriamiento de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 45 la figura 1 es un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema de enfriamiento de acuerdo con la presente invención para un sistema modular de energía almacenada;
las figuras 2a y 2b ilustran más detalles de un enfriador para dispositivos de almacenamiento de energía que utiliza el sistema de enfriamiento de acuerdo con la figura 1;
las figuras 3a y 3b muestran más detalles de los enfriadores de los ejemplos de las figuras 1 y 2;

la figura 4 ilustra cómo se pueden apilar entre sí múltiples enfriadores de dispositivo de almacenamiento de energía en el sistema de enfriamiento de la presente invención; y,
 la figura 5 proporciona otra vista que ilustra el apilamiento de múltiples dispositivos de almacenamiento de energía;
 la figura 6 muestra más detalles de parte de la pila de las figuras 4 y 5; y,
 la figura 7 muestra una sección transversal a través de un ejemplo de un enfriador de la pila de las figuras 4 o 5.

Las primeras baterías a gran escala eran de plomo-ácido, aunque, más recientemente, se han desarrollado baterías de iones de litio para el almacenamiento de energía eléctrica para aplicaciones a gran escala. Las baterías de iones de litio habitualmente están presurizadas y el electrolito es inflamable, de modo que requieren cuidado durante el uso y el almacenamiento. Un problema que se puede producir con las baterías de iones de litio es la fuga térmica que puede ser provocada por un cortocircuito interno en una celda de batería, creada durante la fabricación. Otras causas, tales como daños mecánicos, sobrecarga o una corriente incontrolada, también pueden provocar una fuga térmica, pero el diseño de sistema de batería habitualmente está adaptado para evitarlos. Los problemas de fabricación con las celdas no se pueden descartar por completo, por lo que se requieren precauciones para minimizar el efecto en caso de que se produzca una fuga térmica. En un sistema de batería de iones de litio a gran escala, la cantidad de energía que se libera durante una fuga térmica es un desafío que se necesita contener. Un evento térmico puede aumentar las temperaturas en una única celda desde una temperatura de funcionamiento estándar en el intervalo de 20 °C a 26 °C hasta tanto como 700 °C a 1000 °C. Las temperaturas de funcionamiento seguras se encuentran por debajo de 60 °C, por lo que este es un problema importante.

Existen normativas estrictas en las industrias marítima y en alta mar con respecto al riesgo para la embarcación o plataforma, siendo uno de los requisitos que no debería haber transferencia de exceso de temperatura de una celda a otra. Si se produce un sobrecalentamiento, entonces este se debería contener en una única celda y no se debería permitir que se propague. Adicionalmente, para aplicaciones marinas y en alta mar, el peso y el volumen de cualquier equipo está severamente restringido, lo cual conduce a que sean preferentes los sistemas compactos y ligeros. Es un desafío producir un sistema compacto y ligero que logre el aislamiento térmico requerido y enfríe la celda en la que se produce el exceso de calentamiento, de manera rápida y eficaz. Otro problema es que en, un evento térmico, también puede existir una liberación de una gran cantidad de gases inflamables, los cuales pueden autoinflamarse a temperaturas elevadas.

El problema se puede resolver permitiendo que módulos completos entren en fuga térmica y sencillamente controlando las llamas y el fuego resultantes con un sistema de extinción de incendios externo. En este caso, hay llamas abiertas en el espacio de batería y el control de las llamas y el fuego resultantes no garantiza un transporte y almacenamiento seguros. De manera alternativa, se puede utilizar un material de aislamiento potencialmente caro para aislar térmicamente las celdas entre sí, pero esto compromete el rendimiento del sistema de enfriamiento y agrega volumen. Un enfoque convencional es utilizar aletas de aluminio gruesas entre cada celda para proporcionar el enfriamiento, pero esto agrega peso y volumen y aún no garantiza un transporte y almacenamiento seguros porque el calor se conduce extremadamente bien a través del aluminio (>300 W/mK) y calentará las celdas vecinas rápidamente, si no se enfría. Durante el transporte y el almacenamiento, el enfriamiento puede no estar disponible. El problema de la liberación de gas inflamable se puede resolver proporcionando una válvula de presión en la carcasa de módulo, que libere el gas a una determinada presión, ya sea hacia el interior del espacio de batería o hacia el interior de un sistema de escape separado. Sin embargo, las válvulas de liberación de presión convencionales están diseñadas para reventar bajo presión, lo que conduce a otros problemas. Adicionalmente, se puede proporcionar enfriamiento activo en el escape fuera del módulo para evitar la autoignición.

En un sistema de batería de iones de litio, es muy importante que la temperatura de las celdas de batería no supere la temperatura de funcionamiento prescrita y que la temperatura de celda en la totalidad del sistema sea uniforme. El funcionamiento sostenido fuera de la ventana de temperatura de funcionamiento prescrita puede afectar gravemente la vida útil de las celdas de batería y aumenta el riesgo de que se produzca una fuga térmica.

Para aplicaciones marinas, existe un enfoque particular en el uso de módulos de almacenamiento de energía electroquímicos, tales como baterías, a su velocidad máxima de carga o descarga debido al coste de instalación y al peso y espacio que ocupan los módulos cuando se encuentran en una embarcación o en una plataforma en alta mar. Así mismo, el mantenimiento y la reparación o la sustitución son complicados y costosos en comparación con los usos terrestres de los sistemas de energía almacenada, por lo que es particularmente importante extender la vida útil de los módulos de energía almacenada. Para el ejemplo de las baterías de iones de litio, estas son sensibles a las altas temperaturas, por lo que es importante garantizar que la temperatura ambiente y de funcionamiento estén controladas para todas las celdas de un sistema de batería de iones de litio para garantizar que se cumpla la vida útil del diseño. Las variaciones locales o los puntos calientes en una única celda también pueden comprometer la vida útil total alcanzable.

Un enfoque común para sistemas de energía almacenada, marinos o en alta mar, a gran escala, es utilizar enfriamiento por aire, con aire fluyendo entre las celdas de un sistema de batería. Otra opción es utilizar enfriamiento por agua en combinación con aletas de enfriamiento de aluminio. El enfriamiento por agua se realiza fluyendo sobre intercambiadores de calor y bloques de enfriador, y las aletas de enfriamiento de aluminio se encuentran entre cada

celda del sistema de batería. Sin embargo, este sistema no es particularmente eficiente para eliminar el calor y también agrega un peso sustancial al sistema de almacenamiento de energía. El aluminio se elige por su conductividad térmica y su coste relativamente bajo, en lugar de su ligereza. El calor de las baterías debe pasar a las aletas de enfriamiento de aluminio y esas aletas se enfrían entonces con el líquido que pierde su calor en el intercambiador de calor y se recircula.

Estos sistemas pueden ser aceptables para un funcionamiento normal, pero no pueden responder a aumentos repentinos de temperatura, tal como puede suceder durante una fuga térmica.

El documento US20100136391 describe un sistema de enfriamiento para aplicaciones automovilísticas en el que un conducto de fluido de enfriamiento en las proximidades de las celdas de un paquete de batería está provisto de puntos de fractura, que se fracturan a una temperatura más baja que el resto del conducto para permitir que el fluido de enfriamiento se descargue directamente en una celda para mitigar la fuga térmica.

El documento JP2008251263 describe un sistema para proporcionar un agente extintor de incendios o refrigerante a baterías que se están sobrecalentando. En una fuente de energía provista de una pluralidad de baterías, las baterías están apiladas con un hueco entre ellas en el que las tuberías pueden dirigir el agente extintor de incendios o el refrigerante porque las partes de la tubería que se funden por calor se funden en los puntos donde la temperatura excede una temperatura prescrita, de modo que el agente extintor de incendios o el refrigerante salga preferentemente de las tuberías hacia los huecos entre las baterías a través de las partes que se funden por calor.

Sin embargo, en ambos casos, el efecto de enfriamiento es limitado y no está particularmente dirigido a la parte específica de la batería donde comienza el evento térmico. La presente invención aborda esto formando cada celda con una capa laminada de una unidad de enfriamiento que proporciona unos canales de enfriamiento en toda la superficie de la celda, en lugar de simplemente suministrar refrigerante desde arriba de la celda en caso de un evento térmico y luego hacer funcionar el sistema de enfriamiento de tal manera que se proporcione un aumento significativo en el efecto de enfriamiento a la celda donde se está produciendo un evento térmico. La combinación de enfriamiento distribuido por toda la superficie para todas las celdas de la batería y el rápido aumento de la velocidad de enfriamiento permite que se tomen medidas rápida y fácilmente de manera específica.

La figura 1 ilustra un ejemplo de un sistema de enfriamiento de módulo de energía almacenada para enfriar módulos de almacenamiento de energía de acuerdo con la invención. Un módulo de almacenamiento de energía 4 comprende habitualmente un dispositivo de almacenamiento de energía (en este ejemplo, una celda de batería (que no se muestra)) soportada en un enfriador, ya sea integral con o separada de un portador o soporte y conectados eléctricamente entre sí en serie con un dispositivo de almacenamiento de energía vecino en el siguiente enfriador o en el siguiente portador. Un módulo comprende habitualmente entre 10 y 30 dispositivos de almacenamiento de energía, aunque son posibles más o menos celdas por módulo. El módulo puede comprender, además, un recinto sustancialmente hermético a los gases, una parte del cual comprende un material no magnético. Las celdas son preferentemente celdas prismáticas o de tipo bolsa para obtener una buena densidad de empaquetamiento. Habitualmente, una única celda tiene una capacidad de entre 20 Ah y 100 Ah, siendo 60 Ah a 80 Ah los más comunes, pero no se excluyen capacidades de únicamente unos pocos Ah o por encima de 100 Ah. Una pluralidad de módulos de almacenamiento de energía se pueden conectar eléctricamente entre sí en serie o en paralelo, en una unidad de almacenamiento de energía 2 o cubículo. Una unidad de enfriamiento 1 proporciona un fluido de enfriamiento a los módulos 4 de la unidad de almacenamiento de energía 2 por medio de unas tuberías de entrada 3. En este ejemplo, la unidad de almacenamiento de energía comprende una pluralidad de módulos 4, suministrándose cada módulo en paralelo con fluido de enfriamiento a través de los tubos de entrada 5. Habitualmente, la unidad comprende entre 9 y 21 módulos, aunque esto depende de la aplicación y pueden ser hasta 30 o 40, o hasta 50 módulos por cubículo en algunos casos. El fluido de enfriamiento calentado se extrae a través de los tubos de salida 6 y se devuelve a la unidad de enfriamiento 1 por medio de las tuberías de salida 7. Habitualmente, el fluido calentado se enfría de nuevo en la unidad de enfriamiento y se recircula en un sistema cerrado.

Las figuras 2a y 2b muestran más detalles de un ejemplo de los módulos 4. Cada módulo puede comprender un enfriador 20 en el que está soportado un dispositivo de almacenamiento de energía (que no se muestra). El enfriador puede ser integral con, o separado de, un portador o carcasa, en el que un dispositivo de almacenamiento de energía (que no se muestra), tal como una celda de batería, se ajusta. Un módulo de almacenamiento de energía 10 comprende habitualmente una pila de uno o más dispositivos de almacenamiento de energía (que no se muestran), por ejemplo, celdas de batería, cada uno soportado en un enfriador 20, que también actúa como soporte o portador para las celdas, que se muestran con más detalle en las figuras 4, 5 y 6 y conectados eléctricamente entre sí en serie con un dispositivo de almacenamiento de energía vecino en el siguiente enfriador. En los ejemplos, el enfriador es una parte integral del soporte, pero una alternativa sería tener un bastidor de soporte separado en el que se soporte el enfriador, estando el dispositivo de almacenamiento de energía soportado sobre la superficie del enfriador.

El enfriador, o portador, está hecho habitualmente de un material plástico polimérico para un peso ligero y de bajo coste. Como se muestra en la figura 2b, que es una vista en despiece de la figura 2a, los canales 22 del enfriador 20 pueden formarse proporcionando una sección elevada y laminando, o soldando, una placa 21 a la serie de secciones

elevadas 23. Las secciones elevadas pueden formarse moldeando otra pieza del mismo material plástico polimérico y la placa 21 cierra las secciones elevadas para formar canales de enfriamiento 23, o conductos, a través de los cuales puede fluir el fluido de enfriamiento de un extremo a otro. De manera alternativa, los canales de enfriamiento 22 pueden formarse como una parte integral de la carcasa de enfriador mediante una técnica de fabricación aditiva, u otra, por ejemplo, como se puede observar en la sección transversal a través de un módulo 4, en la figura 7. Puede instalarse una celda de batería en cada enfriador 20, o sobre una superficie exterior 27 del enfriador. La superficie exterior 27 de los canales de enfriamiento 22 del enfriador 20 puede estar en contacto directo con una superficie de la celda de batería para proporcionar un enfriamiento efectivo en una gran área de superficie, sin ningún contacto directo del fluido de enfriamiento con el dispositivo de almacenamiento de energía o la celda.

El fluido de enfriamiento fluye desde la tubería de entrada 3 a través de los canales 22, o conductos del enfriador 20, enfriando la celda por transferencia térmica desde la superficie de la celda a través del tubo delgado 23 hasta el fluido de enfriamiento. Los canales o tubos de fluido de enfriamiento tienen un grosor general habitual en el intervalo de 5 mm a 20 mm, con un grosor de pared en el intervalo de 1 mm a 5 mm y, preferentemente, no más de 3 mm para un material plástico polimérico. El fluido de enfriamiento es portado a la tubería de salida 7 y devuelto a la unidad de enfriamiento 1 para ser enfriado nuevamente. El tubo 23 formado debajo de la placa 21 cubre una parte sustancial de la superficie de celda en el lado con el que está en contacto, entre un 30 % y un 75 % del área de superficie de celda en ese lado de la celda.

El diseño general tiene un peso y un coste total de material significativamente reducido al utilizar las tuberías de líquido de enfriamiento para hacer fluir el fluido de enfriamiento directamente adyacente a la superficie de celda, en lugar de los diseños de bloque de enfriador convencional o intercambiador de calor. Adicionalmente, este enfriamiento se proporciona para un funcionamiento normal, para mantener la celda dentro de un intervalo de temperatura que sea beneficioso para el rendimiento y la vida útil, en lugar de uno solo, únicamente en el caso de un evento térmico. Los canales de fluido de enfriamiento 22 se pueden formar en cualquier forma adecuada, conectados entre las tuberías de entrada y de salida 3, 7 por medio de los tubos 5, 6. Preferentemente, la sección transversal de los canales es cuadrada para maximizar el contacto y minimizar la cantidad de material plástico entre el fluido de enfriamiento y el dispositivo de almacenamiento de energía. Sin embargo, se podrían utilizar otras secciones transversales, tales como tubos de sección transversal circular. El tubo 23 puede tener la forma de un serpentín continuo 11 conectado entre los tubos de entrada y de salida 5, 6, como se muestra en la figura 3a y el ejemplo de la figura 2b, o puede haber múltiples filas paralelas 12 de tubería alimentada por un suministro común desde la tubería de entrada 3 conectada al tubo de entrada 5 y saliendo a través del tubo de salida 6, como se muestra en la figura 3b, a la tubería de salida 7.

El tubo 23 puede ser de metal, pero, más habitualmente, es un material sintético, tal como plásticos poliméricos, por ejemplo, polietileno, poliamida, tal como plásticos PA66, o termoplásticos, tal como TCE2, TCE5, u otros materiales adecuados, que puede moldearse o extruirse a la forma requerida y es capaz de soportar temperaturas de funcionamiento normales de los módulos de almacenamiento de energía. La celda se enfría directamente haciendo fluir fluido de enfriamiento a través de los canales de fluido de enfriamiento 22 en contacto con una parte sustancial de la superficie de celda, con muy poca resistencia térmica. Las disposiciones de enfriamiento convencionales han sufrido puntos calientes en áreas de la celda que estaban lejos del bloque de enfriador o del intercambiador de calor, pero este módulo de celda y enfriador laminado evita este problema. Esto tiene el efecto de ralentizar el proceso de envejecimiento de la celda, aumentando de este modo su vida útil.

Los módulos de almacenamiento de energía 4 están formados por múltiples celdas apiladas entre sí en sus enfriadores, o en sus portadores 20, cada enfriador provisto de unos canales de enfriamiento integrales 22, como se muestra en las figuras 4 y 5. El fluido de enfriamiento entra en los tubos de cada enfriador desde una abertura 70 en la tubería de entrada común 3 que discurre a lo largo de la pila y sale a través de una abertura 71 en la tubería de salida común 7 que discurre a lo largo de la pila. En un sistema cerrado, el fluido de enfriamiento se presuriza y circula alrededor de la pila de celdas en el módulo por medio de las tuberías comunes 3, 7 y enfriadores individuales 22 de cada celda del módulo 4.

La tubería de entrada común 3 y la tubería de salida común 7 de la pila están formadas con conexiones de tubería, ilustradas como arandelas 30, 31, entre cada portador adyacente de la pila. Las arandelas 29, 30 de la tubería de entrada 3 comprenden un material ignífugo, que se puede elegir para que sea eficaz hasta al menos 400 °C durante al menos 10 s, preferentemente hasta 500 °C, por lo que, en caso de fuga térmica e ignición de una celda, las arandelas permanecen intactas, garantizando que el agua de enfriamiento siga siendo suministrada desde la unidad de enfriamiento 1, a lo largo de la tubería de entrada. Sin embargo, las arandelas 28, 31 de la tubería de salida 7 en el lado de salida pueden estar hechas de un material que se funde a una temperatura relativamente baja cuando se somete a calor o llamas, estando la temperatura por encima de la temperatura de funcionamiento segura de las celdas, es decir, por encima de 60 °C, aunque habitualmente en el intervalo de 130 °C a 180 °C y, preferentemente, por debajo de 150 °C. Durante el funcionamiento normal, las conexiones de tubería 30, 31 en el lado de entrada y de salida están ambas intactas, por lo que el fluido de enfriamiento fluye en paralelo a través de todos los enfriadores de todas las celdas a un caudal igual o un volumen igual. Puede haber una diferencia de presión entre los puntos 30 y 31 debido al flujo a través de los canales de enfriamiento. En este ejemplo, la presión del sistema cerrado se establece para que esté por encima de la presión ambiente.

Sin embargo, si falla la conexión de tubería 31 en una de las salidas, por ejemplo, cuando la conexión de tubería se funde debido a que se produce una fuga térmica, entonces la presión ahora mucho más baja donde esa conexión ha fallado hace que la trayectoria de menor resistencia y todo el flujo de agua intente ir hacia esa abertura, en lugar de ser compartida entre todos los enfriadores de todas las celdas. La consecuencia de esto es que, durante un corto tiempo, hasta que el sistema ya no cerrado se quede sin agua, se proporciona un volumen muy sustancial de agua a través del enfriador de esa celda en un tiempo relativamente corto, eliminando más calor más rápidamente que en el funcionamiento estándar. A diferencia de los sistemas de la técnica anterior mencionados anteriormente, la presente invención conserva el beneficio de enfriar la superficie de celda mediante el contacto estrecho de los canales de enfriamiento con la superficie de celda, incluso cuando falla una conexión de tubería. De este modo, el aumento sustancial de la eliminación de calor se aplica a toda la superficie de celda, en lugar de a partes limitadas cerca del suministro. Así mismo, una conexión de tubería entre los portadores de celda puede ser sustituida una vez que se haya controlado el fuego, permitiendo que la pila de baterías se vuelva a poner en funcionamiento más rápidamente. Generalmente, es más eficiente extraer el módulo para mantenimiento y sustituirlo por uno completamente nuevo inicialmente, incluso si las conexiones de tubería se sustituyen posteriormente en el módulo extraído.

La invención mantiene la ventaja de que el enfriador 22 para cada celda del módulo transfiere el calor desarrollado directamente al líquido de enfriamiento a través de toda la superficie de la celda, en al menos un lado de la celda, al tiempo que permite un aumento a corto plazo, aunque sustancial, del enfriamiento si es necesario. El calor desarrollado se transfiere directamente al líquido de enfriamiento a través de toda la superficie de la celda, lo que proporciona un enfriamiento muy eficaz, reduciendo la diferencia de temperatura entre la celda y el refrigerante. La invención garantiza el flujo de agua en los enfriadores en caso de que se abra un punto dado del sistema, ya que existe una determinada presión en el módulo.

Otra característica que se puede agregar a un enfriador de acuerdo con la presente invención es la provisión de secciones de ruptura dentro de los propios canales de enfriador, que se rompen si se someten a una temperatura superior a una temperatura predeterminada, durante un período de tiempo establecido, con el fin de proporcionar fluido de enfriamiento directamente a la superficie de celda en el punto de ruptura. Las secciones de ruptura se eligen para que tengan un punto de fusión más bajo que el resto de los canales de fluido de enfriamiento, de modo que se proporcione fluido de enfriamiento directamente a un dispositivo de almacenamiento de energía en el caso de que la temperatura supere el punto de fusión más bajo. Esto proporciona una protección adicional contra la transferencia de calor de una celda que sufre un evento térmico a las celdas vecinas, aunque, una vez que el evento ha sido controlado, sería necesario extraer el módulo para su reparación.

En la figura 6, se muestran más detalles de la pila de portadores y dispositivos de almacenamiento de energía que forman el módulo. Un dispositivo de almacenamiento de energía 40, en este ejemplo, una celda de batería, está soportado en dicha superficie 27 del enfriador 20, estando una superficie de la celda 40 en contacto con la superficie exterior de los canales de enfriamiento 22 del enfriador 20. La otra superficie puede estar provista de una lámina flexible 32 entre esa superficie de la celda de batería 40 y una superficie de un enfriador adyacente 20a en una pila del tipo mostrado en las figuras 4 o 5. Esta lámina flexible 32 permite que la celda se hinche con el tiempo, pero todavía permite que el portador, o el enfriador 20, mantenga la compresión en la celda soportada dentro o sobre este. La lámina de material flexible aumenta el contacto térmico entre la celda y la superficie 27 de su enfriador 20, cuando se ubica entre la celda y el enfriador en un lado. Tal material aplica una presión baja, habitualmente por debajo de 0,2 bares, en la pared de celda para aumentar el rendimiento y la vida útil y acepta el hinchamiento debido al funcionamiento normal y la degradación durante la vida completa de la celda. Los enfriadores 20 están soportados unos sobre otros y se fijan entre sí por medio de accesorios, tales como pernos en los accesorios 24, 25. Entre cada sección de entrada 3 y sección de salida 7 de agua en cada enfriador 20, puede estar provisto un espaciador o arandela 29, 28.

El sistema de enfriamiento se puede hacer funcionar de tal manera que el tiempo durante el cual se proporciona el enfriamiento adicional, al enfriador en el que la conexión de tubería de salida ha fallado, se incrementa con respecto a la disponible sencillamente en el depósito de fluido de enfriamiento del sistema de circuito cerrado. Durante el funcionamiento normal, el fluido de enfriamiento circula por medio de las tuberías de entrada y de salida 3, 7 a los canales de enfriamiento 22 de los enfriadores 20 de cada celda del módulo de almacenamiento de energía 4. En el caso de que una conexión de tubería de salida 31 se funda y un controlador de la unidad de enfriamiento 1 detecte una caída de presión consiguiente y si la unidad de enfriamiento de circuito cerrado tiene acceso a una fuente alternativa de fluido de enfriamiento, tal como un suministro de agua de red o una boca de incendios, entonces el controlador en la unidad de enfriamiento puede responder a la caída de presión detectada en el sistema. Por ejemplo, después de un tiempo predeterminado, durante el cual se vacía el depósito de fluido de enfriamiento, la unidad de enfriamiento puede conectar el depósito, o la unidad de enfriamiento, al fluido de enfriamiento alternativo. El controlador se puede configurar para conectarse únicamente al suministro alternativo durante un período de tiempo limitado para evitar que todas las unidades de almacenamiento de energía se inunden con el fluido de enfriamiento que sale a través del conector de tubería que ha fallado.

El contacto directo del enfriador y la celda en los módulos hace que el enfriamiento sea más efectivo que el enfriamiento por aire o las aletas conductoras con enfriamiento por agua, reduciendo de este modo la diferencia de temperatura

entre la celda y el refrigerante durante un funcionamiento normal. Este método de enfriamiento funciona con enfriamiento asimétrico, lo cual significa que únicamente se enfría un lado y se puede utilizar un aislamiento térmico para evitar la propagación del calor hacia el otro lado, de modo que el otro lado esté completamente aislado térmicamente en caso de una fuga térmica. El método también funciona apilando las celdas integrales y los enfriadores como se muestra en las figuras 4 y 5, sin aislamiento térmico en un lado, permitiendo que la superficie opuesta de la celda sea enfriada por el enfriador de la celda vecina en la pila. En este caso, se puede utilizar un enfriador adicional o una única capa de aislamiento térmico en un extremo para atender las celdas sin dos vecinas. La baja diferencia de temperatura entre la superficie de celda y el fluido de enfriamiento se debe a la baja resistencia térmica entre el fluido de enfriamiento y la celda. La única resistencia se encuentra sobre el material plástico, que, habitualmente, comprende un termoplástico con una conductividad térmica de hasta 1 W/mK. La disposición de apilamiento que utiliza un enfriador para enfriar dos celdas adyacentes ayuda a reducir el peso y el coste de material.

Otro beneficio del contacto directo sobre la superficie de la celda es que esto permite aumentar la temperatura de funcionamiento del líquido de enfriamiento, reduciendo, por lo tanto, la probabilidad de que se produzca condensación dentro del sistema. El uso de materiales plásticos poliméricos para el enfriador, en lugar de metal, permite reducir el peso y el coste a una fracción de las soluciones convencionales. Adicionalmente, los módulos ya no requieren un bloque de enfriador o intercambiador de calor, como se requiere en los sistemas convencionales enfriados por aire o agua, por lo que se puede reducir la huella volumétrica. Esto resulta particularmente útil para aplicaciones marinas y en alta mar, donde el espacio es un bien escaso. La transferencia de calor directa desde la celda al fluido de enfriamiento es posible mediante la construcción de canales de enfriamiento a partir de tubos de un material polimérico, teniendo los tubos una pared lo suficientemente delgada como para que la conductividad térmica del material no sea una consideración significativa. Esto permite utilizar una variedad mucho más amplia de materiales, de modo que también se pueda abordar la reducción de peso y de costes.

Si bien los ejemplos detallados se han descrito con respecto a las celdas electroquímicas, tales como baterías, por ejemplo, baterías de iones de litio, alcalinas, de NiMh u otras, la invención también se aplica a otros tipos de unidades de energía almacenada, en particular, a condensadores no cilíndricos, ultracondensadores o supercondensadores, celdas de combustible u otros tipos de almacenamiento de energía que tienen una superficie que puede ser enfriada por un enfriador y que también puede sufrir si la temperatura de los módulos de las unidades de energía almacenada regularmente sale de un intervalo de funcionamiento preferente, reduciendo la vida útil general y aumentando los costes de mantenimiento. Para una embarcación, o sistema, que confía en la energía almacenada como su principal o única fuente de energía, la fiabilidad es particularmente importante y es deseable optimizar las condiciones de funcionamiento.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de enfriamiento de módulo de almacenamiento de energía para un sistema de suministro de energía que comprende uno o más módulos de almacenamiento de energía (4) dispuestos en paralelo; comprendiendo el sistema de enfriamiento una unidad de enfriamiento que comprende un depósito de fluido de enfriamiento, una tubería de entrada de fluido de enfriamiento común (3) y una tubería de salida de fluido de enfriamiento común (7); en donde cada módulo de almacenamiento de energía comprende uno o más dispositivos de almacenamiento de energía (40); y, para cada dispositivo de almacenamiento de energía, un enfriador (20) en contacto con el dispositivo de almacenamiento de energía; en donde el enfriador comprende uno o más canales de fluido de enfriamiento (22) para hacer circular el fluido de enfriamiento, estando los canales en contacto con una superficie del dispositivo de almacenamiento de energía, estando cada canal de fluido de enfriamiento adaptado para recibir fluido de enfriamiento, extraer calor del dispositivo de almacenamiento de energía y devolver el fluido de enfriamiento a la unidad de enfriamiento; y en donde la tubería de entrada de fluido de enfriamiento común (3) y la tubería de salida de fluido común (7) comprenden unas conexiones de tubería (30, 31) entre cada enfriador de dispositivo de almacenamiento de energía (20); en donde las conexiones de tubería (31) de la tubería de salida de fluido de enfriamiento común tienen un punto de fusión más bajo que las conexiones de tubería (30) de la tubería de entrada de fluido de enfriamiento común.
2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el punto de fusión de las conexiones de tubería (30) de la tubería de entrada de fluido de enfriamiento común (3) es superior a 400 °C
3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el punto de fusión de las conexiones de tubería (31) de la tubería de salida de fluido de enfriamiento común (7) está en el intervalo de 130 °C a 180 °C.
4. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el enfriador (20) está formado por laminación o soldadura.
5. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde los canales de fluido de enfriamiento (22) comprenden una sección transversal circular o cuadrada.
6. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde los canales de fluido de enfriamiento (22) comprenden un material polimérico.
7. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde los canales de fluido de enfriamiento (22) tienen un grosor de pared de no más de 3 mm.
8. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde al menos un 30 % de una superficie del dispositivo de almacenamiento de energía (40) está en contacto directo con los canales de fluido de enfriamiento (22) del enfriador.
9. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde al menos un 75 % de una superficie del dispositivo de almacenamiento de energía (40) está en contacto directo con los canales de fluido de enfriamiento (22) del enfriador.
10. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde los canales de fluido de enfriamiento (22) comprenden, además, una o más secciones de ruptura, teniendo las secciones de ruptura un punto de fusión más bajo que el punto de fusión de los canales de fluido de enfriamiento (22), por lo que se proporciona fluido de enfriamiento directamente a un dispositivo de almacenamiento de energía (40) en el caso de que la temperatura supere el punto de fusión más bajo.
11. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el dispositivo de almacenamiento de energía (40) comprende una celda electroquímica, una celda de batería, una celda de combustible, un condensador, un ultracondensador o un supercondensador.
12. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el dispositivo de almacenamiento de energía (40) comprende una batería de iones de litio.
13. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el fluido de enfriamiento comprende agua o agua glicol.
14. Un método de suministro de enfriamiento adicional a un módulo de almacenamiento de energía (4) de un sistema de enfriamiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, comprendiendo el método proporcionar las conexiones de tubería (31) de la tubería de salida de fluido de enfriamiento común (7) que tienen un punto de fusión más bajo que las conexiones de tubería (30) de la tubería de entrada de fluido de enfriamiento común (30); de tal

manera que, durante el uso, si las conexiones de tubería (30, 31) se someten a temperaturas elevadas o a fuego, las conexiones de tubería (31) de la tubería de salida de fluido común (7) fallan antes que las conexiones de tubería (30) de la tubería de entrada de fluido común (4), provocando una caída de presión mediante la cual la velocidad de flujo de fluido a través del enfriador del módulo de almacenamiento de energía (4) en el que ha fallado la conexión de tubería aumenta sustancialmente.

5

15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el método comprende, además, detectar, en la unidad de enfriamiento (20), una caída de presión en el sistema cerrado y cambiar del depósito de fluido de enfriamiento a una fuente de fluido de enfriamiento adicional para mantener el suministro de fluido de enfriamiento durante un período más largo.

10

16. Un método de acuerdo con la reivindicación 15, en donde la fuente de fluido de enfriamiento adicional se apaga después de un período de tiempo predeterminado.

FIG 1

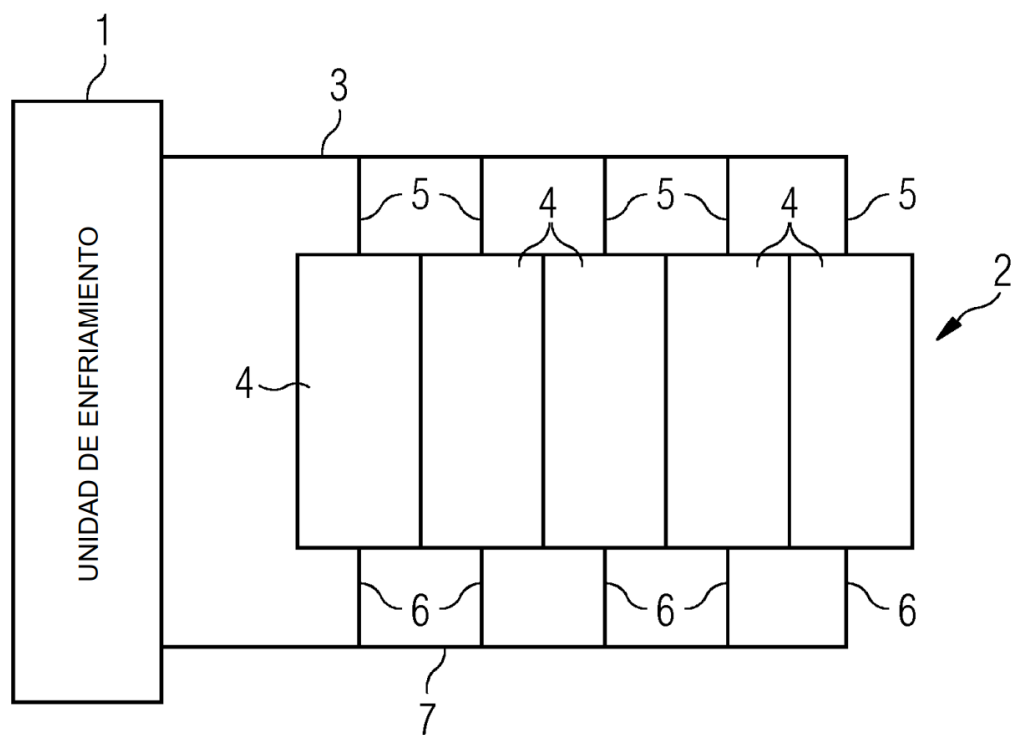


FIG 2A

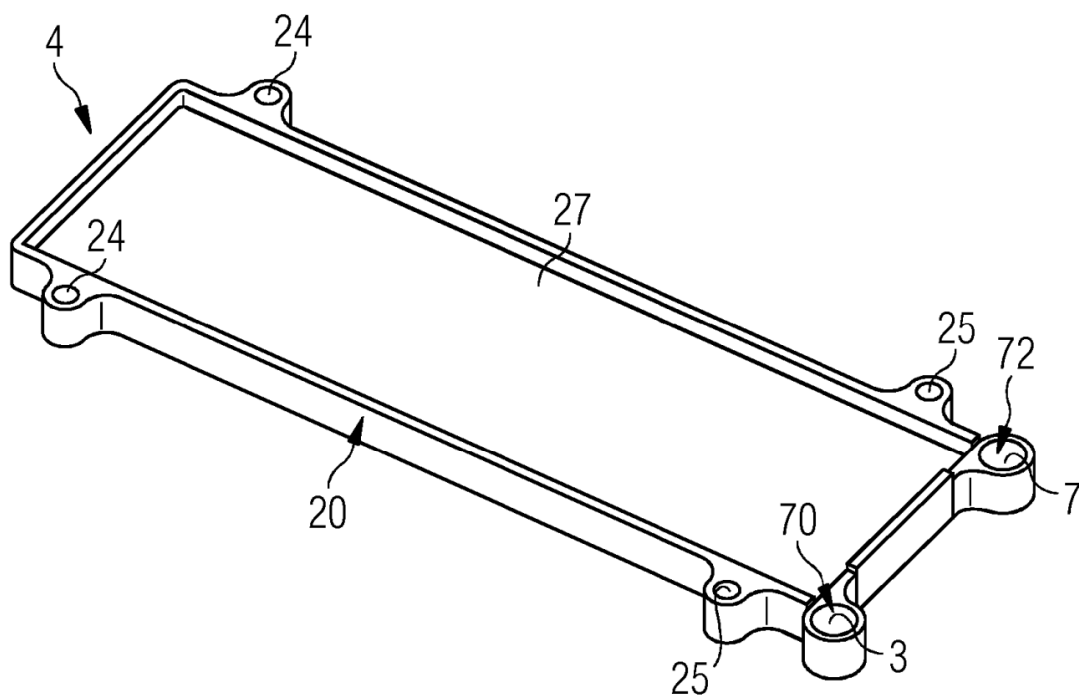


FIG 2B

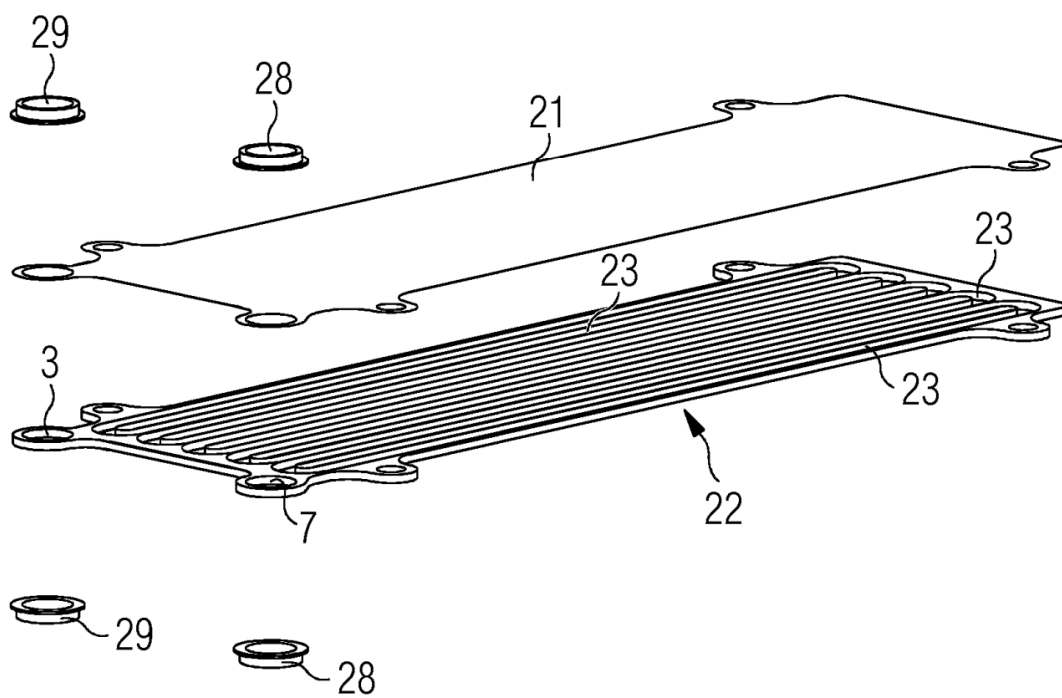


FIG 3A

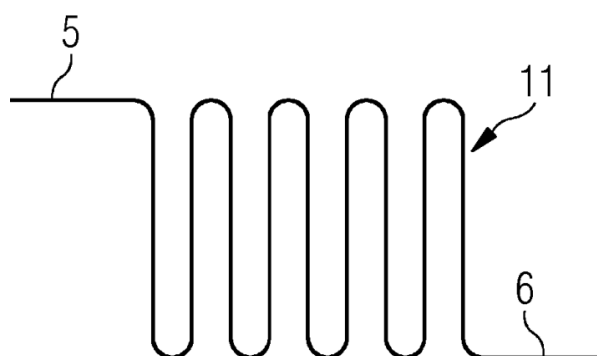


FIG 3B

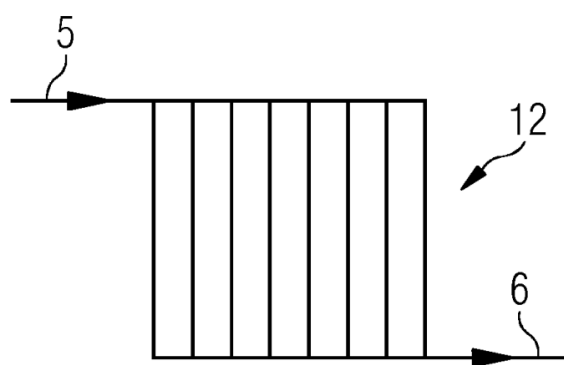


FIG 4

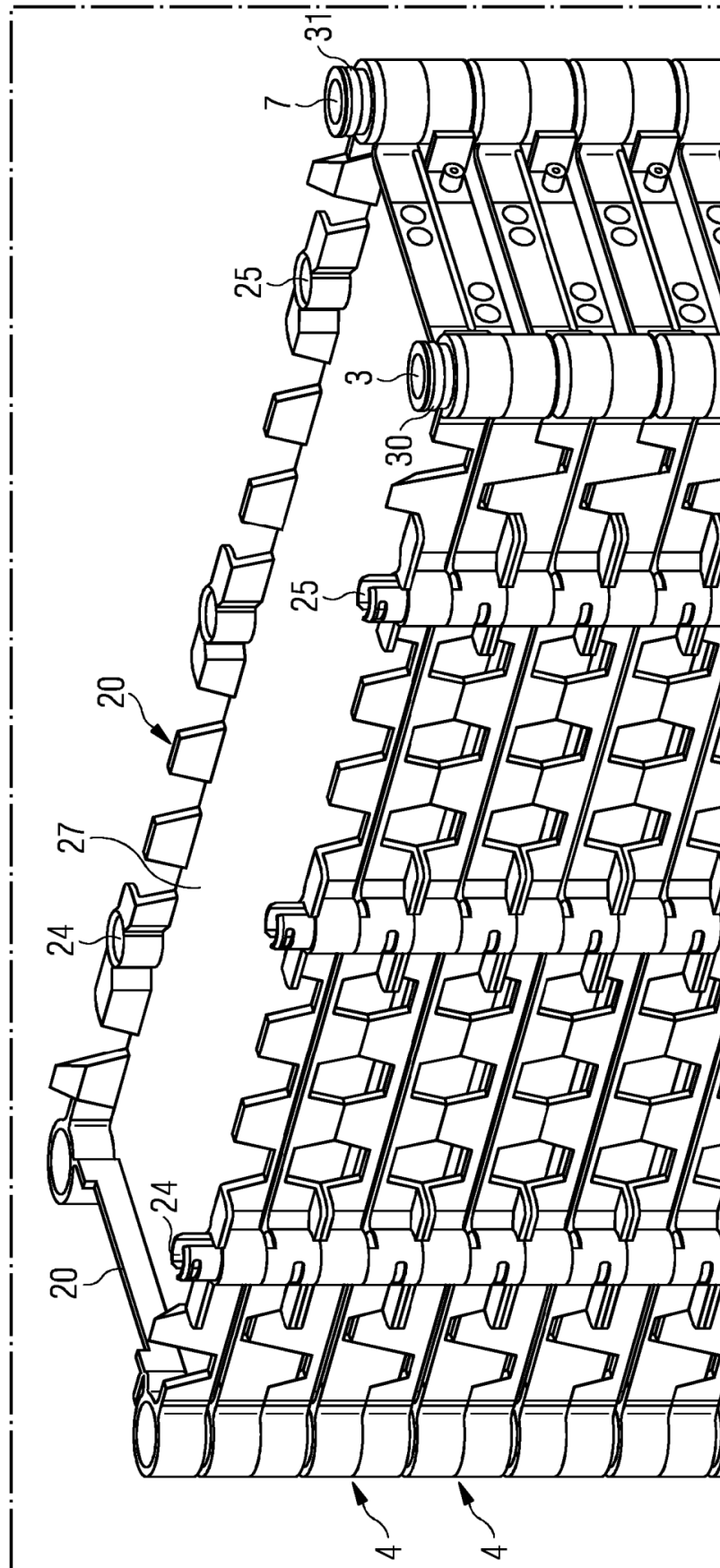


FIG 5

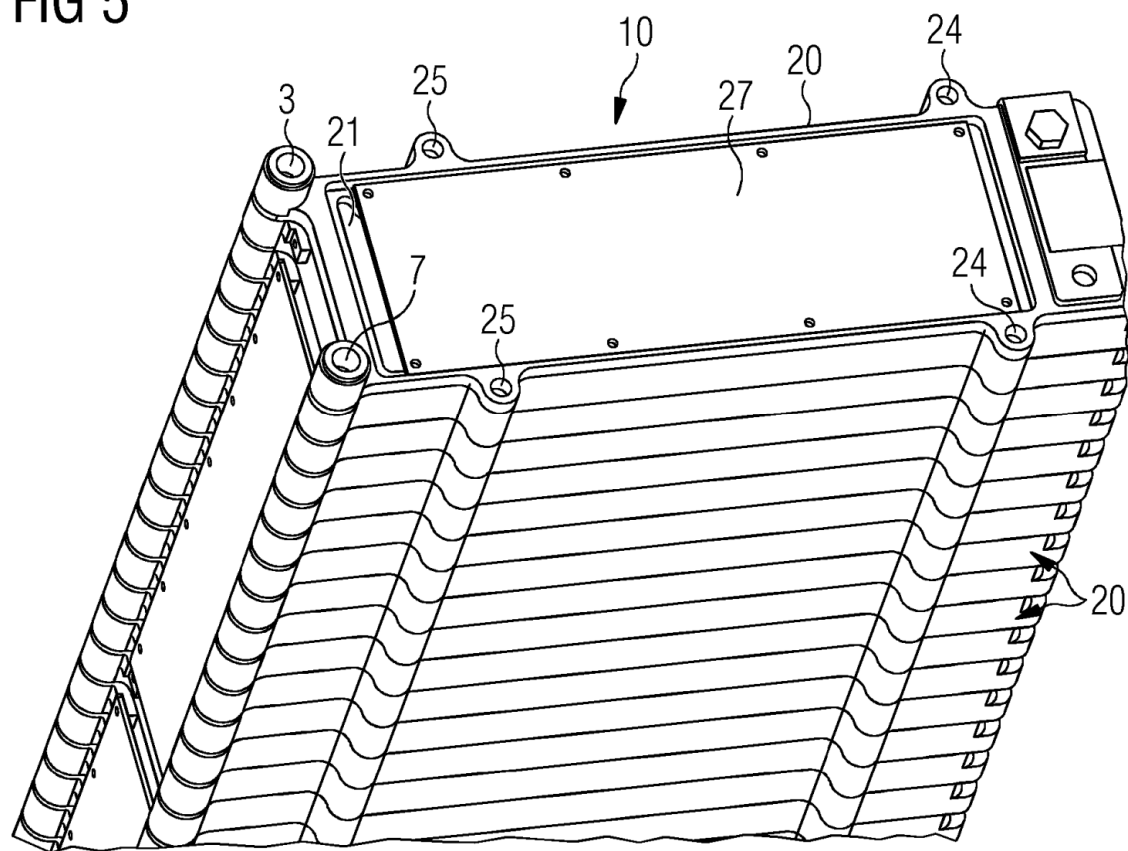


FIG 6

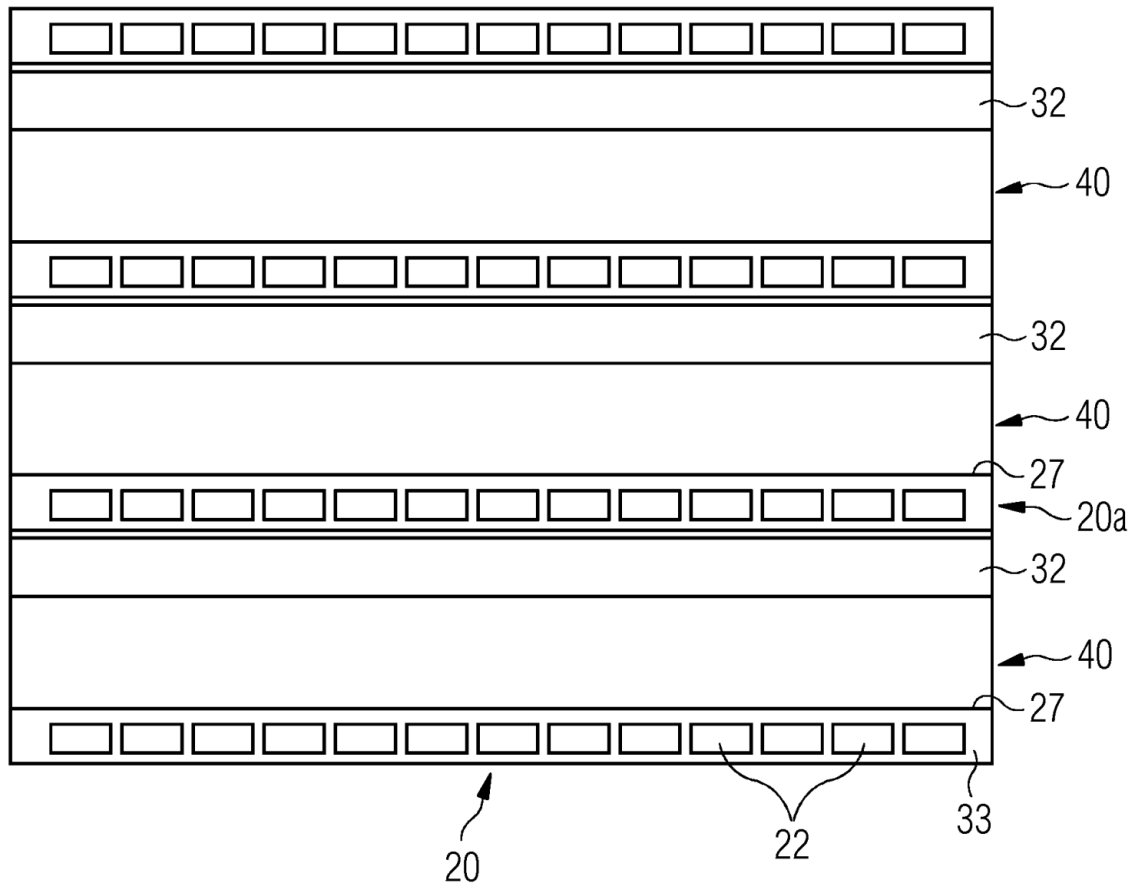


FIG 7

