

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 961 668**

51 Int. Cl.:

H01M 8/18

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.09.2020** **PCT/EP2020/074812**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.03.2021** **WO21052782**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2020** **E 20771234 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2023** **EP 4032135**

54 Título: **Acumulador en caverna híbrido**

30 Prioridad:

19.09.2019 DE 102019125240

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

13.03.2024

73 Titular/es:

**RWE GAS STORAGE WEST GMBH (100.0%)
Hollestr. 7A
45127 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**NEUHAUS, GUIDO;
RITTINGHAUS, KAI y
SCHMIDT, SIMON**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 961 668 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

Acumulador en caverna híbrido

5 El objeto se refiere a un acumulador de batería para una batería de flujo redox con al menos una cavidad y a un método para el funcionamiento de una batería de flujo redox con un acumulador de batería.

Una batería de flujo redox, también conocida como batería de flujo, es un acumulador de energía electroquímico. La estructura clásica de una batería de flujo redox presenta una celda galvánica y dos circuitos de electrolitos separados. La celda galvánica está dividida en dos medias celdas por una membrana. Cada una de las medias celdas es alimentada por un circuito de electrolito separado. El electrolito respectivo se almacena en tanques y se suministra a través de bombas a la respectiva media celda.

15 Un anolito fluye a través de una primera media celda y un catolito fluye a través de una segunda media celda. Se produce un intercambio de carga entre los electrolitos en la membrana. Durante la carga y descarga, el anolito y el catolito se reducen u oxidan para convertir la energía eléctrica en energía química o viceversa.

A partir del documento DE 10 2016 212 390 A1 se conoce cómo aumentar la capacidad de almacenamiento de anolito y/o catolito utilizando una caverna de gas en desuso.

20 Dado que el número de cavernas de gas disponibles es limitado, el uso de baterías de flujo redox que utilizan cavernas de gas en desuso como almacenamiento de electrolitos también está muy limitado.

Por lo tanto, el objeto se centró en el objetivo de aumentar los posibles usos de las baterías de flujo redox.

25 Este objetivo se resuelve utilizando una caverna de gas operativa para almacenar el electrolito. Una caverna de este tipo puede denominarse acumulador en caverna. De hecho, se propone que el electrolito reemplace al menos parcialmente el gas colchón que normalmente se requiere en las cavernas de gas. Por lo tanto, se propone que en la región del techo de la caverna se almacene un gas útil y que esté en comunicación fluida con una infraestructura de gas aérea y que el electrolito se almacene en el suelo de la caverna. El electrolito está en comunicación fluida con una celda de batería del acumulador de batería, en particular con una media celda. Al menos una, preferentemente ambas medias celdas de una batería son alimentadas, respectivamente, por un acumulador en caverna. También se pueden conectar varias medias celdas en serie de fluido o en paralelo desde un acumulador en caverna común.

35 La caverna puede ser en particular una caverna de sal, pero también son posibles otras cavernas. Para almacenar gas en tales cavernas, normalmente es necesario disponer de un llamado gas colchón, que ocupa un volumen de almacenamiento inutilizable y debe permanecer siempre en la caverna. El gas colchón se utiliza especialmente para garantizar la estabilidad geomecánica de la caverna.

40 Ahora se propone sustituir este gas colchón por el electrolito. Esto significa que en lugar de al menos una parte del gas colchón, el electrolito utiliza el volumen de almacenamiento previsto para ello. Por lo tanto, el volumen de almacenamiento disponible en la caverna se utiliza esencialmente en su totalidad para el almacenamiento de energía. Las cantidades existentes de gas colchón se pueden utilizar de forma económica para otros fines.

45 El almacenamiento de gas en cavernas subterráneas está sujeto a restricciones mecánicas de la roca, tales como la presión mínima y máxima, el tiempo que el gas permanece bajo una determinada presión, etc. La roca que rodea la caverna, por ejemplo, la sal, es un medio electroplástico que puede dañarse por cambios de presión. Para prevenir este daño o permitir que se repare, se deben cumplir estas restricciones. Para ello, en las cavernas de gas puro se han establecido procedimientos de funcionamiento obligatorios que determinan durante cuánto tiempo y cuánto gas se puede almacenar y extraer, así como qué períodos de descanso deben observarse entre los procesos de almacenamiento y extracción. Mediante el almacenamiento de electrolito se pueden modificar estos modos de funcionamiento forzados en términos de cantidades y tiempos, en particular se puede modificar la cantidad y/o la velocidad de los procesos de almacenamiento y recuperación en el sentido de un mayor intercambio de cantidades. Por lo tanto, una caverna híbrida en cuestión puede tener un volumen de rendimiento mayor que las cavernas de gas puro convencionales.

50 Una infraestructura de gas de superficie puede incluir en particular una conexión a una red de distribución de gas, un acumulador intermedio aéreo, una o más bombas, una o más válvulas y similares. Se introduce gas útil, en particular gas natural, en la caverna y se descarga desde la caverna a través de la infraestructura de gas de superficie. Por lo tanto, el acumulador en caverna en cuestión sirve, por un lado, como depósito de gas y, por otro lado, como depósito de electrolitos.

Si hablamos de una caverna, esta puede ser una cavidad subterránea creada de forma controlada artificialmente, por ejemplo, una cavidad situada a varios cientos de metros bajo la superficie de la tierra.

Un electrolito que se utiliza para el acumulador de batería en cuestión puede ser, en particular, un catolito o un anolito para una batería de flujo redox.

El electrolito puede presentar, por ejemplo, una capacidad de almacenamiento y/o una densidad energética de 25 Wh/l.

Una caverna en cuestión puede ser en particular una caverna de cúpula de sal. Estas cavernas con cúpulas de sal son conocidas en sí mismas y pueden crearse mediante lavado o fregado de una capa de sal bajo tierra. Sin embargo, la caverna también puede estar delimitada total o parcialmente por roca, en particular granito.

Como ya se explicó al principio, se propone que el electrolito reemplace al menos parcialmente un volumen de gas colchón del gas útil.

Como gas útil puede tratarse en particular de gas natural, por ejemplo, gas L, gas H, hidrógeno o similares. Un gas útil es en particular un gas que se puede distribuir a través de una red de distribución de gas distribuida espacialmente. Este gas útil se almacena en la caverna en la región del techo de la caverna.

En lugar de al menos parte del volumen de gas colchón, que debe permanecer en la caverna para la estabilidad mecánica de la roca en los acumuladores en caverna convencionales, el electrolito se almacena en el suelo de la caverna.

Para introducir el electrolito en la caverna y también para extraer el electrolito de la caverna, se propone hundir uno o más primeros tramos de tubería para la extracción de electrolito y uno o más segundos tramos de tubería para el suministro de electrolito en la región del suelo de la caverna. Dado que, a diferencia de lo conocido en el estado de la técnica, no se utiliza toda la caverna para el electrolito, sino que la caverna proporciona un almacenamiento híbrido tanto de gas útil como de electrolito, el electrolito debe introducirse en el suelo de la caverna. Por este motivo, los dos tramos de tubería están hundidos en el suelo de la caverna.

Según un modo de realización, se propone que el volumen del electrolito sea constante y circule a través de la batería de flujo redox. En un circuito, el electrolito se retira de la caverna, se hace pasar a través de la media celda de la batería de flujo redox y, después de que se haya producido el intercambio de carga en la membrana de la celda de batería, se vuelve a almacenar en la caverna.

Es especialmente ventajoso utilizar dos cavernas separadas fluidamente entre sí, en las que en una primera caverna almacena el anolito y una segunda caverna el catolito. Cada una de estas cavernas puede equiparse según los modos de realización aquí descritos.

Según un ejemplo de modo de realización se propone llenar la caverna con el electrolito hasta un nivel de llenado comprendido entre el 15 % y el 95 %, en particular entre el 25 % y el 50 %. El volumen restante se puede llenar con el gas útil, almacenándose preferentemente el gas útil hasta una presión mínima que corresponde, según la profundidad, de 10 a 100 veces la presión atmosférica ambiental.

Como ya se mencionó al principio, las restricciones mecánicas de la roca requieren que se respeten cantidades mínimas, presiones mínimas, cantidades máximas, presiones máximas y/o tiempos determinados. Antes de la evacuación se debe asegurar que la caverna esté llena con una cantidad mínima de gas útil y que éste haya cumplido un tiempo mínimo de residencia en la caverna antes de la evacuación. El uso real del electrolito en lugar del gas colchón permite reducir el nivel de llenado mínimo requerido, es decir, la cantidad mínima de gas útil, en la caverna en comparación con una caverna de gas puro antes de la alimentación. Esto significa que la evacuación es posible incluso con una cantidad mínima más baja y/o un tiempo de permanencia más corto. Esto aumenta considerablemente la flexibilidad de uso de la caverna de gas, ya que puede reaccionar más rápidamente a las necesidades externas.

Durante el llenado también es necesario que exista previamente el nivel de llenado requerido y que el llenado se realice durante un período de tiempo determinado. Si se llena demasiado rápido, pueden aparecer grietas en la roca. En comparación con las cavernas de gas puro anteriores, la presente solución hace posible que se reduzca un nivel de llenado mínimo requerido, es decir, una cantidad mínima de gas útil y/o un período de tiempo para llenar la caverna con gas útil, en comparación con una caverna de gas puro antes de llenarla con gas útil.

La caverna de gas en cuestión también contiene gas residual como gas colchón una vez finalizada la evacuación, pero en menor cantidad que en las cavernas de gas puro. Una vez evacuado el gas útil puede ser necesaria una presión residual, dependiendo de la profundidad, entre 5 bar y 50 bar, preferentemente entre 10 bar y 40 bar. Tras esta evacuación, la caverna debe volver a llenarse transcurrido un cierto tiempo para evitar que la montaña se derrumbe. La solución en cuestión aumenta el tiempo máximo de residencia de una caverna vacía hasta que la caverna se rellena con gas útil en comparación con una caverna de gas puro.

La infraestructura de gas aérea suele disponer de conexiones de alto rendimiento a la red de suministro eléctrico, por ejemplo, conexiones de media tensión o conexiones de alta tensión. Estas pueden utilizarse para conectar la batería

de flujo redox en cuestión a una red de suministro eléctrico. Se propone conectar la batería de flujo redox a la red de suministro eléctrico utilizando las conexiones de red existentes de la infraestructura de gas.

Con la ayuda de la solución en cuestión, el gas colchón en el depósito de gas se puede reemplazar con electrolito hasta la cantidad mínima requerida. Por ejemplo, el volumen del gas de colchón en una caverna en cuestión se reduce al 10%, preferentemente al 5% del gas de colchón habitualmente necesario.

Con la ayuda de la batería de flujo redox de superficie, el electrolito se utiliza para almacenar y extraer energía eléctrica.

Según un ejemplo de modo de realización se propone que el electrolito presente un líquido mezclado con un portador de carga química, por ejemplo, salmuera, en particular en forma de dispersión. El portador de carga química es, en particular, un polímero líquido o soluble. Esto conduce a una mayor compatibilidad medioambiental en comparación con los electrolitos de base ácida.

Según un ejemplo de modo de realización se propone que la cavidad presente un volumen de cavidad en el intervalo de 70.000 m³ hasta 800.000 m³, especialmente en el intervalo entre 500.000 m³ y 600.000 m³. En una caverna de este tipo se puede llenar con electrolito entre el 10 % y el 25 % del volumen, de modo que la caverna en cuestión presente un depósito de electrolito con un volumen de entre 14.000 m³ y 150.000m³.

Otro aspecto es una batería de flujo redox según la reivindicación 10. Ésta presenta al menos un acumulador de batería según una de las reivindicaciones anteriores y al menos una celda de flujo redox que está en comunicación fluida con el acumulador de batería. Preferentemente están previstas al menos dos acumuladores de batería en forma de cavernas, que sirven para alimentar con electrolito una o varias celdas de flujo redox. Al menos uno de los acumuladores de batería está configurado como una caverna.

Mientras que el electrolito de al menos un circuito de dicha batería de flujo redox se almacena bajo tierra en una caverna, por ejemplo, un catolito o un anolito, el electrolito de un segundo circuito de la batería de flujo redox, por ejemplo un anolito o un catolito, puede almacenarse convencionalmente sobre el suelo en tanques.

Una celda de flujo redox en cuestión puede ser en particular una celda galvánica, que está dividida en al menos dos medias celdas mediante una o más membranas. Una de las medias celdas está conectada a un depósito en donde se almacena el anolito o el catolito. Un anolito fluye a través de una primera media celda y un catolito fluye a través de una segunda media celda. Se produce un intercambio de carga entre los electrolitos en la membrana. Dependiendo de si la batería se está cargando o descargando, el anolito y el catolito se reducen u oxidan.

Las celdas de flujo redox están dispuestas especialmente sobre el suelo. Las celdas de flujo redox también pueden denominarse pilas de membranas.

Como se mencionó, los tramos de tubería están hundidos en el suelo de la caverna. Se propone que un primer tramo de tubería y un segundo tramo de tubería para el suministro y la extracción de electrolito estén encajados uno dentro del otro. Esto hace posible insertar ambos tramos de tubería en el suelo de la caverna con una sola perforación.

Una o varias celdas de flujo redox pueden estar conectadas eléctricamente en paralelo y/o en serie entre sí y, de este modo, pueden adaptarse al consumo de energía eléctrica y a la potencia de salida necesarios, así como a su capacidad de almacenamiento eléctrico.

Una batería de flujo redox se puede utilizar en particular como acumulador intermedio para energía eléctrica de turbinas eólicas o sistemas de energía solar. En particular, la batería de flujo redox está acoplada directamente a un inversor de una instalación de energía solar o a un inversor de una turbina eólica. Esto significa que el almacenamiento puede realizarse directamente en el sistema sin tener que preocuparse por una carga en la red.

Un aspecto adicional es un método para el funcionamiento de una batería de flujo redox con un acumulador de batería según la reivindicación 1, que comprende almacenar el electrolito en la cavidad, hacer circular el electrolito entre la cavidad y la celda de flujo redox, que se caracteriza porque, además del electrolito, se almacena y se extrae de la caverna un gas útil.

El objeto se explica más detalladamente a continuación mediante el dibujo que muestra ejemplos de modos de realización. En el dibujo se muestran:

La figura 1, una batería física de flujo redox con un acumulador físico de batería;
la Figura 2, la conexión de una batería física a un sistema de energía eólica y/o fotovoltaica.

La figura 1 muestra una batería de flujo redox 2. La batería de flujo redox 2 tiene un primer acumulador de batería 4 y un segundo acumulador de batería 6. Tanto el primer acumulador de batería 4 como el segundo acumulador de batería

6 presentan, cada una, una cavidad 8, 12, cada una de las cuales está llena de un electrolito 10, 14. Las cavidades 8, 12 pueden ser cavernas.

5 El electrolito 10 presenta un líquido adecuado y un portador de carga química disuelto en el líquido, por ejemplo, salmuera o polímero líquido. El electrolito 14 también presenta un líquido adecuado y un portador de carga química disuelto en el líquido, por ejemplo, salmuera o polímero líquido. En el presente caso, el electrolito 10 constituye el catolito. El electrolito 14 constituye el anolito.

10 La caverna 8 presenta un volumen de cavidad de 600.000 m³. De esto, del 10 % al 20 % se puede utilizar para absorber el electrolito 10. El resto se puede utilizar para absorber gas útil.

La caverna 12 presenta un volumen de cavidad de 600.000 m³. De esto, del 10 % al 20 % se puede utilizar para absorber el electrolito 14. El resto se puede utilizar para absorber gas útil.

15 La batería de flujo redox 2 tiene una celda de flujo redox 16. La celda de flujo redox 16 está dividida en una primera media celda 20 y una segunda media celda 22 mediante una membrana 18. A la primera media celda 20 está asignado un primer electrodo 24. A la segunda media celda 22 está asignado un segundo electrodo 26. Se puede tomar y suministrar energía eléctrica a la celda de flujo redox 16 a través de los electrodos 24, 26.

20 La primera media celda 20 está conectada al primer acumulador de batería 4 a través de tuberías 28. La segunda media celda 22 está conectada al segundo acumulador de batería 6 a través de tuberías 30. El electrolito 10 se transporta a través de la primera media celda 20 usando una bomba 31. El electrolito 12 se transporta a través de la segunda media celda 22 usando una bomba 32. De esta manera se forman dos circuitos de electrolito separados.

25 La batería de flujo redox 2 puede presentar una pluralidad de celdas de flujo redox 16, que están conectadas entre sí en forma de cascada. La actual batería de flujo redox 2 presenta una capacidad de 15 gigavatios hora (GWh).

30 A diferencia del estado de la técnica, las tuberías 28, 30 están hundidas en el suelo de la caverna 8a, 12a. La tubería 28 está formada por una tubería de retorno 28a y una tubería de avance 28b. La tubería 30 está formada por una tubería de retorno 30a y una tubería de avance 30b. Ambas tuberías 28a, b/30a, b están hundidas en el suelo de la caverna 8a, 12a. Las bombas 31, 32 permiten que el electrolito circule entre el suelo de la caverna 8a, 12a y la celda de flujo redox 16.

35 Además de la batería de flujo redox 2, en la caverna 8, 12 están hundidas tuberías 34, 36, desembocando las tuberías 34, 36 en el techo de la caverna 8b, 12b. Con las tuberías 34, 36 está conectada una infraestructura de gas 38 sobre el suelo. Esta infraestructura de gas aérea 38 puede incluir, por ejemplo, bombas, válvulas y tuberías y, en particular, una conexión a una red de suministro de gas.

40 La figura 2 muestra una batería de flujo redox 2 compuesta por una pluralidad de celdas de flujo redox 16, que está conectada a una red de suministro de energía eléctrica 42 a través de un inversor y/o transformador 40. El transformador 40 forma parte de una infraestructura de gas 38 existente. La batería de flujo redox 2 se puede acoplar a un sistema fotovoltaico 44 directamente, es decir antes del transformador 40, a través de un convertidor de CC 43.

45 La batería de flujo redox 2 puede acoplarse a una turbina eólica 46 directamente, es decir antes del transformador 40, a través de un convertidor de CA 45.

Lista de símbolos de referencia

	2	Batería de flujo redox
	4	Primer acumulador de batería, (circuito de catolito)
50	6	Segundo acumulador de batería (circuito de anolito).
	8	Cavidad
	8a	Suelo de la cavidad
	8b	Techo de la cavidad
	10	Electrolito
55	12	Cavidad
	12a	Suelo de la cavidad
	12b	Techo de la cavidad
	14	Electrolito
	16	Celda de flujo redox
60	18	Membrana
	20	Primera media celda
	22	Segunda media celda
	24	Primer electrodo
	26	Segundo electrodo
65	28a, b	Tubería
	30a, b	Tubería

	31,32	Bomba
	34, 36	Tubería
	38	Infraestructura de gas
	40	Transformador
5	42	Red de suministro de energía
	43	Convertidor de CC
	44	Sistema fotovoltaico
	45	Convertidor de CA
	46	Turbina eólica
10		

REIVINDICACIONES

1. Acumulador de batería para una batería de flujo redox con al menos una cavidad,

- 5 - en donde se almacena un electrolito en la cavidad,
 - en donde el electrolito está en comunicación fluida con al menos una celda de flujo redox, y
 - en donde la cavidad es una caverna,
caracterizado por que
 10 - un gas útil se almacena en la región del techo de la caverna y está en comunicación fluida con una
 infraestructura de gas sobre el suelo, y
 - el electrolito se almacena en el suelo de la caverna.

2. Acumulador de batería según la reivindicación 1,

caracterizado por que

- 15 - el electrolito reemplaza al menos parcialmente un volumen de gas colchón del gas útil.

3. Acumulador de baterías según la reivindicación 1 ó 2,

caracterizado por que

- 20 - el volumen de gas útil y/o la presión de gas útil se pueden ajustar de forma variable a través de la
 infraestructura de gas.

4. Acumulador de batería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por que

- 25 - en la región del suelo de la caverna se introducen un primer tramo de tubería para la extracción de electrolito
 y un segundo tramo de tubería para el suministro de electrolito.

5. Acumulador de batería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por que

- 30 - el volumen de electrolito es constante y circula por la batería de flujo redox.

6. Acumulador de batería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por que

- 35 - la caverna se llena con el electrolito hasta un nivel de llenado comprendido entre el 15% y el 95%, en particular
 entre el 25% y el 50%.

7. Acumulador de batería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por que

- 40 - antes de que el gas útil comience a descargarse de la caverna, se reduce un volumen mínimo del gas útil y/o
 un tiempo de residencia mínimo del gas útil en la caverna en comparación con una caverna de gas puro.

8. Acumulador de batería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por que

- 45 - antes de llenar la caverna con gas útil, se reduce un volumen mínimo y/o un tiempo de reposo mínimo del gas
 útil en la caverna en comparación con una caverna de gas puro.

9. Acumulador de batería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por que

- 50 - el tiempo de residencia máximo de una caverna vacía al máximo hasta que la caverna se rellena con gas útil
 aumenta en comparación con una caverna de gas puro.

10. Batería de flujo redox con

- 60 - al menos un acumulador de batería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y,
 - al menos una celda de flujo redox que está en comunicación fluida con el acumulador de batería.

11. Método para el funcionamiento de una batería de flujo redox que tiene un acumulador de batería según la
 65 reivindicación 1, que comprende,

- almacenar el electrolito en la caverna,
 - hacer circular el electrolito entre la caverna y la celda de flujo redox,
- caracterizado por que**
- además del electrolito en la caverna, dentro y fuera de la caverna se almacena un gas útil.

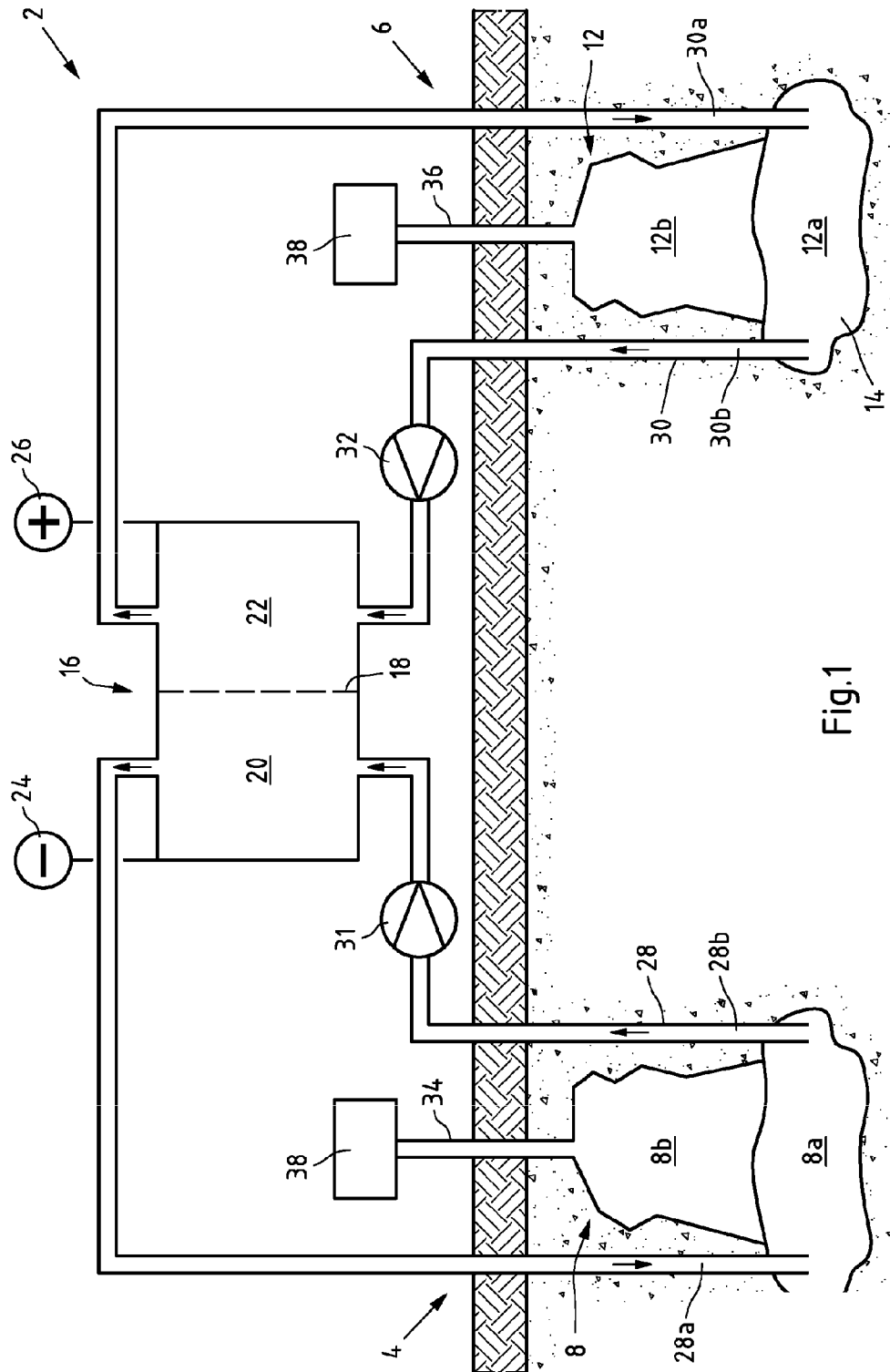


Fig.1

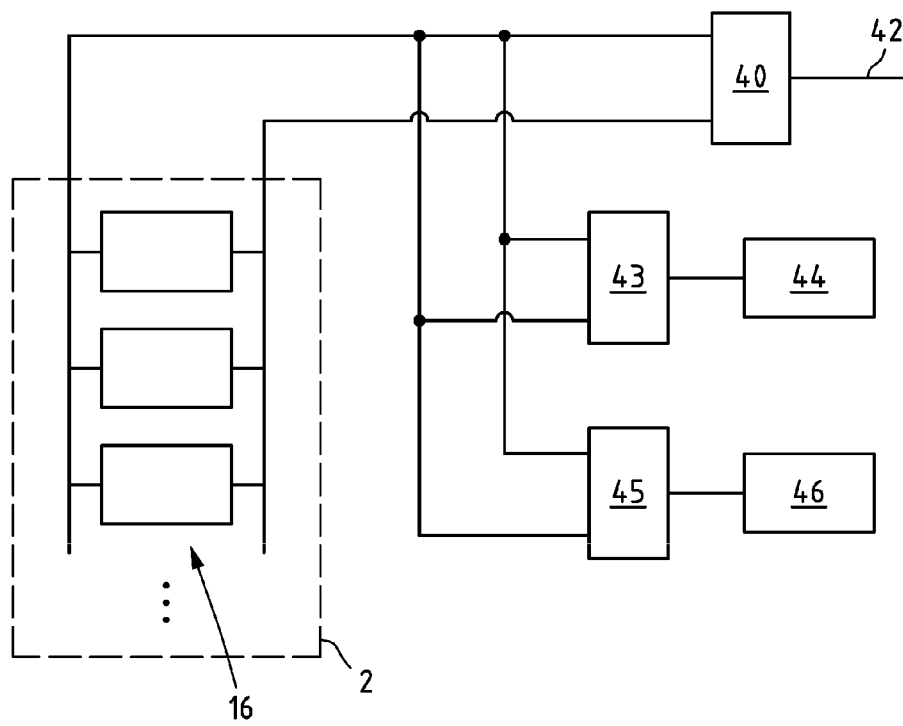


Fig.2