

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 957 661**

21 Número de solicitud: 202230483

51 Int. Cl.:

**H02J 3/38** (2006.01)

**H02J 3/28** (2006.01)

**H02J 3/00** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**03.06.2022**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**23.01.2024**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A  
DISTANCIA (UNED) (100.0%)  
C/ Bravo Murillo 38 3º Planta  
28015 Madrid (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**MOLINA IBÁÑEZ, Enrique Luis;  
ROSALES ASENSIO, Enrique y  
COLMENAR SANTOS, Antonio**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

54 Título: **SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA ESTACIÓN DESALINIZADORA Y  
PLANTA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA QUE LO COMPRENDE**

57 Resumen:

Sistema de alimentación eléctrica para una estación desalinizadora y planta de alimentación eléctrica que lo comprende. El sistema de alimentación eléctrica (100, 200, 300, 400, 500) incluye una serie de unidades de conexión (111, 121, 131) para conectar y adaptar eléctricamente varias fuentes de generación y almacenamiento energético a un bus AC (132), como una hidrobomba (110), una hidroturbina (104) y un depósito de reserva hídrica (106). Incorpora un sistema de almacenamiento de energía magnética por superconducción (108), SMES, y unos medios de control (202, 204, 510) para que las unidades de conexión (111, 121, 131) proporcionen una tensión y una frecuencia determinada al bus AC (132) al que se conecta la estación desalinizadora (134). Los medios de control (202, 204, 510) reciben información sobre la demanda energética de la estación desalinizadora (134) y el suministro energético actual de las diversas fuentes.

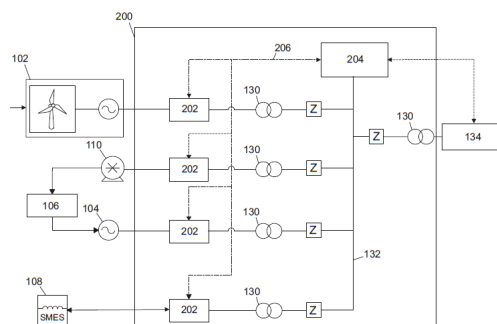


Fig. 2

## DESCRIPCIÓN

- 5      SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA ESTACIÓN DESALINIZADORA Y  
PLANTA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA QUE LO COMPRENDE

### CAMPO DE LA INVENCION

- 10      La invención pertenece al campo de la energía, más concretamente se refiere a un sistema para la gestión y alimentación energética a una planta de desalinización que emplea fuentes de generación y almacenamiento de energía e incluye fuentes renovables.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 15      Aunque existen propuestas para suministrar energía a una planta de desalinización mediante fuentes renovables de energía, están sujetas a limitaciones, principalmente por la discontinuidad de suministro o por las características de la energía que son capaces de suministrar.

- 20      La energía eólica es una de las fuentes renovables más extendidas y más desarrolladas en el mundo. Su principio de funcionamiento se basa en el movimiento de las palas, generalmente tres, de un aerogenerador debido al principio de Bernoulli. El movimiento circular producido por las palas al pasar el viento se transforma en energía eléctrica a través de un generador.

- 25      Tras adaptar la energía producida, puede servir de suministro para una estación desalinizadora. No obstante, los aerogeneradores no proporcionan un flujo de energía constante por la intermitencia del flujo y las variables rachas de aire.

- La energía hidroeléctrica se obtiene mediante saltos de agua, esto es, transformando la  
30      energía potencial de agua en un depósito, para mover una turbina situada a menor altura y producir energía eléctrica. La energía hidroeléctrica proporciona alta densidad de energía, pero no de potencia. Por densidad de energía se entiende la cantidad de energía almacenada por unidad de volumen, midiéndose en  $\text{Wh/m}^3$ . Así pues, se entiende por densidad de potencia la potencia que puede proporcionar por unidad de volumen, midiéndose en  $\text{W/m}^3$ . El volumen  
35      al que se refiere es el propio del elemento de almacenamiento en cuestión.

Es sabido que las estaciones de desalinización se componen de equipos de bombas, motores y otros elementos de potencia que requieren gran cantidad de energía en los arranques. Un problema que sucede en las estaciones de desalinización aisladas es que el almacenamiento de energía mediante baterías u otros, como los acumuladores hidráulicos, permite una alta densidad de energía pero no proporciona una alta densidad de potencia.

Sería deseable una solución que remedie los inconvenientes existentes, que facilite una alimentación de energía eléctrica adecuada para una estación desalinizadora. Especialmente, en estaciones desalinizadoras aisladas, o islas, donde el suministro de energía con redes de distribución es complicado.

### DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Es objeto de la invención un sistema de alimentación eléctrica para una estación desalinizadora según la reivindicación independiente que se concibe a la vista de los problemas identificados. Realizaciones particulares de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con diversas realizaciones de la presente invención, se combina la generación de energía procedente de varias fuentes renovables para conseguir que una estación desalinizadora sea autónoma. En particular, la generación mediante aerogeneradores y/o turbinas hidroeléctricas, con las estaciones de desalinización de agua de mar. Se propone también el soporte de un sistema de almacenamiento de energía magnética por superconducción (SMES, Superconducting Magnetic Energy Storage) para evitar interrupciones en el suministro. Un SMES dispone de una bobina superconductora refrigerada por un equipo criogénico y cuenta con electrónica de potencia asociada. La eficiencia de un SMES es muy alta, apenas tiene pérdidas.

De acuerdo con realizaciones de la presente invención, la energía hidroeléctrica puede complementar a la energía eólica en generación y almacenamiento según diversas configuraciones. Se controla debidamente el nivel de generación y almacenamiento y se aprovecha la energía sobrante producida por los aerogeneradores y se impulsa agua a un depósito de reserva hídrica que se encuentra a una determinada altura. Cuando es oportuno, según lo indican unos parámetros de control, se deja caer el agua recogida en el depósito de reserva hídrica a través de una tubería donde, al final de ésta, se encuentra una turbina que transforma la energía potencial del agua en energía eléctrica.

Así, para el almacenamiento de energía, por un lado, se dispone de la fuente de energía hidroeléctrica comentada anteriormente. Sin embargo, ésta proporciona alta densidad de energía, pero no de alta densidad de potencia. Por esas características, para ayudar en el arranque y operación de elementos de potencia como las bombas, se integra un SMES en paralelo.

El SMES puede proporcionar los picos de potencia que se requieren en los arranques las bombas de la estación desalinizadora para operar sin sobrecargar la red de distribución donde se conectan aerogeneradores e hidroturbinas.

Mediante un funcionamiento coordinado de las tres fuentes de energía se puede conseguir un suministro de energía ininterrumpido, fiable y de calidad y, con ello, una operación segura en las estaciones desalinizadoras. Una o varias unidades de control coordinan el suministro y/o generación de energía de las tres fuentes de energía. Disponer de varias fuentes de energía cuya variación esté poco correlacionada es ventajoso para conseguir un funcionamiento autónomo de la estación desalinizadora.

El sistema de alimentación para el suministro a una estación desalinizadora puede, para instalaciones aisladas, emplear un bus común. Un modelo de gestión controla la generación, parada y funcionamiento de los distintos elementos se puede hacer funcionar la estación desalinizadora, dentro de las múltiples modalidades de desalinización posibles. La potencia se suministra a través de la energía eólica generada, la energía hidráulica o por el SMES.

En una realización, cada uno de los sistemas por separado incluye su propia unidad de control local, asociados entre ellos mediante el bus común de comunicación. Una unidad de control central coordina y controla el conjunto de unidades de control local. Se habilita una comunicación continua con las unidades de control local que gestiona de manera dinámica las características de la electricidad (por ejemplo, frecuencia y tensión) que se proporciona a la estación desalinizadora.

En otra realización, la estación desalinizadora está sustentada mediante energía eólica e hidroeléctrica con soporte del SMES, indicado anteriormente, pero está también conectada a red de distribución eléctrica. Esta realización permite suministro eléctrico en momentos puntuales y puede asegurar el funcionamiento la disponibilidad a la estación desalinizadora. Esta realización del sistema de alimentación eléctrica también se basa en la gestión y el

control de los elementos de generación y almacenamiento de energía y su interrelación entre ellos y la red de distribución eléctrica. Para ello, también gestiona los dispositivos de control local, y la frecuencia y tensión de red.

## 5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Las realizaciones de la presente invención se describen, solo a modo de ejemplo, en los dibujos adjuntos en los que los elementos similares están numerados de la misma manera en las diversas Figuras:

10 **Fig. 1** es el esquema de un diagrama eléctrico de bloques para la integración de aerogeneración, hidrogenación y SMES, todos conectados entre sí y aislados de la red de distribución.

**Fig. 2** es el esquema de un diagrama de control de bloques para la calidad de la energía de aerogeneración, hidrogenación y SMES aislados de la red de distribución.

15 **Fig. 3** es el esquema de un diagrama de control de bloques para la integración de aerogeneración, hidrogenación y SMES, todos conectados entre sí y a la red de distribución.

**Fig. 4** es el esquema de un diagrama eléctrico de bloques para la calidad de la energía de aerogeneración, hidrogenación y SMES conectados a la red de distribución.

**Fig. 5** es el esquema de un diagrama eléctrico para alimentación de un bus común DC.

20 **Fig. 6** es un esquema de diagrama de flujo de un proceso con operaciones para alimentar eléctricamente a una estación desalinizadora.

Glosario de referencias numéricas:

- 102 Aerogenerador.
- 25 104 Hidroturbina.
- 106 Depósito de reserva hídrica.
- 108 SMES
- 110 Hidrobomba.
- 111, 121, 131 Unidad de conexión.
- 30 121a, 121b, Subunidad de conexión.
- 112 Rectificador AC/DC.
- 114 Filtro capacitivo.
- 118 Rectificador AC/DC.
- 130 Transformador.
- 35 132 Bus AC.
- 134 Estación desalinizadora.

- 202 Unidad de control local.
- 204 Unidad de control central.
- 206 Línea de comunicación.
- 302 Red de distribución eléctrica.
- 5 402 Dispositivo local de control de calidad.
- 502 Bus DC.
- 510 Componentes auxiliares DC.
- 600 Proceso de control para alimentar eléctricamente a una estación desalinizadora.
- 610 Subproceso de arranque.
- 10 602 Paso de comprobación carga SMES superior a un primer umbral.
- 604 Paso de comprobación de conexión a red de distribución.
- 606 Paso de comprobación de reserva hídrica superior a un primer umbral.
- 608 Paso de apagado y espera.
- 612 Paso de arranque de estación desalinizadora con SMES.
- 15 614 Paso de arranque de estación desalinizadora con red de distribución.
- 616 Paso de arranque de estación desalinizadora con hidroturbinas.
- 630 Subproceso de suministro.
- 632 Paso de comprobación generación eólica superior a necesidad estación desalinizadora.
- 634 Paso de comprobación de reserva hídrica inferior a un segundo umbral.
- 20 638 Paso de comprobación de reserva hídrica superior a un tercer umbral.
- 644 Paso de comprobación de paro del sistema.
- 652 Paso de suministro de estación desalinizadora con red de distribución.
- 654 Paso de suministro de estación desalinizadora con aerogenerador.
- 656 Paso de suministro de estación desalinizadora con reserva hídrica.
- 25 658 Paso de almacenamiento de energía con hidrobomba.
- 662 Paso de almacenamiento de energía con SMES.
- 664 Paso de verter excedente de energía en red de distribución.

### 30 DESCRIPCIÓN DE MODOS DE REALIZACIÓN

Con referencia a las figuras anteriores, sin carácter limitativo, se presentan diversas realizaciones de la invención para una mejor comprensión.

- 35 Se pueden apreciar varios aspectos del funcionamiento del sistema de alimentación eléctrica para una estación desalinizadora de agua de mar suministrado mediante energías renovables

y sistemas de emisión. Las realizaciones se pueden dividir en dos, unas conectadas a la red de distribución eléctrica, y otras aisladas, con independencia de la red de distribución eléctrica. Ambos tipos de realizaciones usan el suministro mediante aerogeneradores y la integración de un almacenamiento hídrico de energía y un SMES conectado en paralelo para alimentación de la estación desalinizadora.

El almacenamiento basado en hidrobombeo garantiza un suministro continuo a la estación desalinizadora. El SMES garantiza el suministro de potencia necesario en el arranque de bombas y elementos de potencia. Los sistemas de generación de energía irán conectados a un bus de corriente alterna (AC) y un bus de corriente directa (DC) dependiendo de las características del elemento de almacenamiento.

Todo el sistema será gobernado por unos medios de control que supervisan el funcionamiento adecuado del suministro de manera que los requisitos de operación de la estación desalinizadora sean atendidos. Entre otras tareas se encargan de adaptar las características de la energía que se suministra según una tensión y una frecuencia determinada, también de monitorizar el consumo de potencia de la red de distribución. Adicionalmente, pueden monitorizar el suministro de energía procedente de las diferentes fuentes de generación y de almacenamiento elegir qué fuente de suministro de energía debe activarse o desactivarse. Estos medios de control pueden estar distribuidos en varias unidades de control local y una unidad de control central que supervise el funcionamiento general como ilustran las figuras 2, 4 y 5.

En la **Fig. 1** se muestra el esquema eléctrico de un diagrama de bloques que muestra el sistema **100** para una estación desalinizadora **134** aislada de la red de distribución. Una primera fuente de generación proviene de uno o varios aerogeneradores **102** y es la principal y la prioritaria en el suministro de energía. En paralelo se añaden una fuente de generación y almacenamiento hidráulico que incluye un depósito de reserva hídrica **106**, una hidroturbina **104** y una hidrobomba **110**. También en paralelo se añade una fuente de almacenamiento por superconducción magnética, SMES **108**. Cada una de estas fuentes puede necesitar una unidad de conexión **111**, **121**, **131** para adaptar la energía que incluye generalmente un transformador **130**. También, se controlan estas fuentes con su unidad de conexión como se verá en la FIG. 2.

La fuente principal de generación de energía son los aerogeneradores **102**, que suministran energía a un bus AC **132** a través de un convertidor AC/AC. El convertidor AC/AC está

formado por un rectificador AC/DC **112**, un filtro capacitivo **114** y el convertidor DC/AC **116**, para el tratamiento de la corriente eléctrica previo paso a su transformación y adecuación en el transformador **130**. El bus AC **132** es una línea para proporcionar potencia a la estación desalinizadora **134** y, en excedente, a la hidrobomba **110** del depósito de reserva hídrica **106** y al SMES **108**.

El depósito de reserva hídrica **106** almacena energía potencial del agua mediante las hidrobombas **110** de velocidad variable. Cuando los aerogeneradores **102** producen energía excedente, si el depósito de reserva hídrica **106** dispone de capacidad, se activan las hidrobombas **110** para llevar agua a dicho depósito de reserva hídrica **106**. En algunos casos, puede requerirse una subunidad de conexión **121a** para conectar eléctricamente las hidrobombas **110** al bus AC **132**. En el momento que se requiera esa energía almacenada, por ejemplo, frente a inoperancia de los aerogeneradores **102**, se libera agua del depósito de reserva **106**, haciendo mover la hidroturbina **104**. Tras un tratamiento de adecuación de la energía producida a través de una subunidad de conexión **121b**, se introduce en el bus AC **132**. El agua almacenada puede ser la propia del mar, debido a la accesibilidad de dicha agua, pero han de usarse componentes adecuados para evitar la corrosión y deterioro.

Por último, en el diagrama para el sistema **100**, se encuentra el SMES **108**, también en paralelo con el resto de fuentes de energía. El SMES **108** tiene como objetivo principal suministrar la potencia necesaria para el arranque de las bombas y otros elementos de potencia de la estación desalinizadora **134**. Hay que remarcar que el SMES **108** viene asociado con unos elementos de criogenización, control y regulación, alimentados con el bus AC **132**.

La **Fig. 2** muestra el diagrama de control de un sistema **200**. En cada línea de suministro de cada fuente de energía, se encuentra una unidad de control local **202** que se encarga de gestionar el suministro eléctrico y la calidad de señal proporcionada por cada elemento. Puede controlarla independientemente, según unos criterios preestablecidos. También puede controlarla en función de lo indicado por una unidad de control central **204** que realiza la supervisión. Ambas unidades **202**, **204** permanecen comunicadas mediante una línea de comunicación **206**. La línea de comunicación **206** puede estar integrada en una red de área local (LAN), una red de área extensa (WAN) o en cualquier otro sistema de comunicación de datos de control, tanto cableado como inalámbrico, que permita una comunicación entre todos los dispositivos, mediante una topología de comunicación en estrella, siendo el elemento maestro la unidad de control central **204**.

La unidad de control central **204** recibe tensiones, frecuencias y potencias de cada línea independiente y, si es necesario, otros valores como la temperatura de criogenización del SMES **108** o el consumo del bus AC **132**. Por otro lado, también recibe las necesidades de consumo de la estación desalinizadora **134**. La unidad de control central **204** procesa toda esta información, o al menos parte de ella, y envía a través de las unidades de control local **202**, las instrucciones para modificar el funcionamiento de los elementos asociados a cada fuente de energía.

En la **Fig. 3** se muestra el diagrama eléctrico de un sistema **300**, un esquema muy similar al diagrama del sistema **100**, con la salvedad que todo el sistema **300** se conecta mediante un transformador **130** a la red eléctrica **302**. En este caso, la red eléctrica se conecta al bus AC **132** compartido con todos los elementos de potencia del sistema, como son el grupo aerogenerador **102**, que forma una central reversible, con el depósito de reserva hídrica **106**, y el SMES **108**. En el sistema **300** el suministro a la estación desalinizadora **134** proviene de los elementos anteriormente indicados, un grupo de aerogeneradores **102**, un depósito de reserva hídrica **106** que impulsa una hidroturbina **104** y un SMES **108**. Este sistema **300** incluye una conexión a una red de distribución **302** para garantizar las necesidades que puede requerir la estación desalinizadora **134**. A parte, en momentos puntuales, puede suministrar energía a la propia red de distribución **302**. En estos casos puntuales, se suministra energía a la red con el grupo de aerogeneradores **102**, siempre que el almacenamiento de energía, como el depósito de reserva hídrica **106** y el SMES **108**, estén por encima de un cierto umbral de seguridad que puede ser configurado (por ejemplo, cuando estén al 100%, 90%, 75%, etc.).

Los elementos de regulación y control como los convertidores AC/AC, formados por los elementos como el rectificador AC/DC, **112**, el filtro capacitivo, **114**, el convertidor DC/AC y **116** para el tratamiento de la corriente eléctrica, se mantienen en el diagrama del sistema **300**, ya que se trabaja con las mismas tensiones y frecuencias.

Según lo dispuesto en la **Fig. 4**, que muestra el diagrama de control de un sistema **400**, en cada línea de suministro se encuentra una unidad de control local **202** que se encarga de gestionar el suministro y la calidad de la red de distribución eléctrica **302** centralizando la operación desde la unidad de control central **204**, como en el caso anterior. Estos elementos permanecen comunicados mediante una línea de comunicación **206**. La unidad de control central **204** recibe también, a través de la línea **206**, las necesidades eléctricas requeridas en

todo momento por la estación desalinizadora **134**. A este sistema se le añade la monitorización de la red de distribución eléctrica **302** a través de un dispositivo local de control de calidad **402**, mediante el cual se controla que la tensión de suministro y la frecuencia de red se encuentre en unos valores determinados que permitan disponer de la calidad de suministro adecuada para todo el sistema. Por calidad adecuada se ha de entender los valores establecidos por la normativa vigente para la correcta operación y funcionamiento del sistema.

Como en el caso anterior, la unidad de control central **204** controla independientemente tensiones y/o, frecuencias y/o potencias de cada una de las fuentes de energía y, si es necesario, puede controlar otros valores como la temperatura de criogenización del sistema SMES y/o el consumo del bus AC **132**. Esta unidad de control central **204** controla y monitoriza los elementos de almacenamiento para que su finalidad sea la deseada, controlando priorizar el suministro de energía a la planta desalinizadora, y manteniendo un umbral de seguridad de almacenamiento determinado en las fuentes de almacenamiento.

La línea de comunicación **206** puede estar integrada dentro del sistema de comunicación de la red mediante una red de área local (LAN), una red de área extensa (WAN) o en cualquier otro sistema de comunicación de datos de control, tanto cableado como inalámbrico, que permita una comunicación entre todos los dispositivos, mediante una topología de comunicación en estrella, siendo el elemento maestro la unidad de control central **204**.

Como indica la **Fig. 5**, en el diagrama eléctrico **500**, se puede obtener un bus DC **502** que pueda suministrar de corriente DC (continua) a los elementos de control local **202** y central **204** u otros componentes y subsistemas que requieran de este tipo de corriente para su funcionamiento **510**, del mismo modo que en el modelo aislado comentado anteriormente.

El bus DC **502** proporciona de alimentación eléctrica DC para la unidad de control local **202** y a la unidad de control central **204** para realizar el proceso de control con las operaciones requeridas para alimentar eléctricamente a la estación desalinizadora. Suministra a componentes auxiliares DC **510**, como puede ser el sistema de control de operación del proceso de refrigeración del sistema SMES **108** o a un posible equipo de transporte y desalinización MHD (MagnetoHydroDynamic), que facilite el proceso de desalinización de la estación desalinizadora.

Para el SMES **108**, se debe garantizar su correcto funcionamiento mediante la frecuencia de conmutación, que está en función de un filtro pasivo que suele llevar este tipo de sistemas. La

frecuencia de resonancia del filtro pasivo  $\omega_{res}$  debe ubicarse entre 10 veces la frecuencia de red  $\omega$  y la mitad de la frecuencia de conmutación  $\omega_{con}$ , para evitar problemas de resonancia en la parte baja y alta del espectro armónico. Las frecuencias mencionadas son frecuencias angulares (cuya conversión es  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ ).

$$10 \cdot \omega \leq \omega_{res} \leq \frac{\omega_{con}}{2}$$

También es necesario tener en cuenta parámetros que pueden influir en la calidad de la señal. Entre otros, se encuentra la distorsión armónica total (THD), que indica el contenido armónico total. El proceso de control del suministro de energía y de la calidad de la señal se realiza en la unidad de control central **204**.

10

En la **Fig. 6** se muestra el diagrama de flujo de ejemplo de proceso de control para alimentar eléctricamente a una estación desalinizadora **600**. Este proceso se encuentra dividido en dos subprocesos que se pueden implementar como modos de operación en los medios de control; el primero es un subproceso de arranque **610**, en función de la conexión a una red de distribución y de diferentes componentes de almacenamiento, y el segundo es un subproceso de operación eléctrica **630** de suministro y almacenamiento con diversos componentes.

15

Para el subproceso de arranque **610**, primero se efectúa un paso de comprobación de la carga del SMES superior a un primer umbral **602**. En el ejemplo, se comprueba si el conjunto SMES se encuentra cargado por encima del 80% del valor máximo. En caso afirmativo, se realiza un paso de arranque de estación desalinizadora con SMES **612**, regulando el arranque mediante las variables  $V_{m\_SMES}/\omega_{m\_SMES}$ , donde  $V_{m\_SMES}$  es la tensión a proporcionar y  $\omega_{m\_SMES}$  es la frecuencia angular del SMES.

20

En caso negativo, si la carga de SMES está por debajo del 80%, se realiza un paso de comprobación de conexión a red de distribución **604**. En caso afirmativo, si hubiera conexión, se realiza un paso de arranque de estación desalinizadora con la red de distribución **614**. Si no la hubiera, se realizaría un paso de arranque de estación desalinizadora mediante la reserva hídrica **616**, regulando las variables  $V_{m\_HYD}/\omega_{m\_HYD}$ , donde  $V_{m\_HYD}$  es la tensión eléctrica, y  $\omega_{m\_HYD}$  es la frecuencia angular que proporcionan las hidroturbinas, para proporcionar la potencia necesaria para dicho arranque.

30

En caso negativo, si no es posible el arranque de la planta desalinizadora mediante el sistema SMES, mediante la conexión a red o mediante la reserva hídrica, se llega a un procedimiento de apagado y espera de seguridad **608**, el sistema permanece en este estado hasta que los

35

niveles de carga de almacenamiento tanto de SMES como de la reserva hídrica estén por encima del 80%.

Una vez el subproceso de arranque **610** se completa con la planta desalinizadora arrancada,  
5 el proceso para alimentar eléctricamente a una estación desalinizadora **600** continúa con el subproceso de operación eléctrica **630**, donde se realizan varias comprobaciones.

Lo primero tras el arranque es un paso de comprobación de generación eólica superior a  
necesidad de estación desalinizadora **632**. En caso afirmativo, se realiza el paso de suministro  
10 de estación desalinizadora con aerogenerador **654** y se regulan las variables  $V_{m\_AERO}/\omega_{m\_AERO}$ ,  
donde  $V_{m\_AERO}$  es la tensión eléctrica y  $\omega_{m\_AERO}$  es la frecuencia angular que proporcionan los  
aerogeneradores. Además, dado que hay un excedente de energía que puede usarse también  
se realiza un paso de comprobación de reserva hídrica superior a un tercer umbral **638**. En  
caso negativo, si no supera el tercer umbral, por ejemplo, un 90%, se realiza entonces un  
15 paso de almacenamiento de energía con hidrobomba **658**. Se aprovecha que no aún hay  
capacidad hasta llegar al límite de reserva hídrica mediante las hidrobombas.

En caso afirmativo, si se alcanza el límite, se realiza un paso de comprobación de carga de  
SMES superior a un segundo umbral **640**. En caso negativo, es decir, si no llega a este límite,  
20 el sistema SMES puede continuar cargándose con ese excedente de energía mediante la  
realización de un paso de almacenamiento de energía con SMES **642** en función de las  
variables  $V_{m\_SMES}$ ,  $\omega_{m\_SMES}$ .

Si ocurre al contrario, esto es, que el paso de comprobación de carga de SMES superior a un  
25 segundo umbral **640** es positivo, se concluye que todos los componentes de almacenamiento  
están cargados a límite fijado y se puede inyectar la energía sobrante a la red de distribución,  
si el paso de comprobación de conexión a red **604** es afirmativo. En caso negativo,  
se realiza el paso de comprobación de paro del sistema **644** que, en caso afirmativo lleva al  
sistema al procedimiento ya indicado de apagado y espera **608**. Y que, en caso negativo,  
30 devuelve al sistema al paso de comprobación de generación eólica superior a necesidad de  
estación desalinizadora **632**.

Por ejemplo, si una vez realizado el arranque de la estación, la energía eólica proporcionada  
por los aerogeneradores no es suficiente para suministrar energía al sistema, este utilizará la  
35 reserva hídrica para su funcionamiento siempre y cuando esté su nivel por encima del 40%.  
Si no fuera el caso, se conectaría a la red de distribución para suministrar energía al sistema.

En este último caso, si el sistema no estuviera conectado a red, se realizaría el procedimiento de apagado y espera, ya indicado.

5 Hay que tener presente que, cuando la estación desalinizadora está completamente apagada, la generación de energía realizada mediante los aerogeneradores carga tanto la reserva hídrica como el sistema SMES.

Enlazando con las figuras 2, 4 y 5, el proceso para alimentar eléctricamente a una estación desalinizadora **600** ilustrado en la figura 6 describe algunas acciones de monitorización para la estación desalinizadora y para otros elementos auxiliares del sistema de forma que sea posible adecuar la tensión y frecuencia en cada momento y obtener el mayor rendimiento. Esto se realiza mediante los controles locales **202** de cada sistema de generación y almacenamiento de energía, así como la unidad de control central **204**. Esta monitorización incluye también las variables como la tensión  $V_{m\_RED}$  y la frecuencia de la red de distribución  $\omega_{m\_RED}$  para sistemas conectados a red de distribución, a parte de los ya indicados durante el proceso, realizada a través del dispositivo local de control de calidad **402** de la red de distribución. También se puede incluir una monitorización de previsiones de viento o de lluvia que pueden favorecer a la generación de corriente o al llenado de la reserva hídrica, pudiendo implantar estrategias de control para el sistema que optimicen el rendimiento en la estación desalinizadora **134**.

Si bien la invención se ha descrito con referencia a una realización preferida, se entenderá para los expertos en la técnica, se pueden realizar varios cambios y se pueden sustituir elementos de los mismos por equivalentes sin apartarse del alcance de la invención.

25 Además, se pueden realizar muchas modificaciones para adaptar una situación o material particular a las enseñanzas de la invención sin apartarse del alcance esencial de la misma. Por lo tanto, se pretende que la invención no se limite a la realización particular descrita como el mejor modo contemplado para llevar a cabo esta invención, sino que la invención incluirá todas las realizaciones que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de alimentación eléctrica (100,200,300,400,500) para una estación desalinizadora (134) que comprende:

- 5 - un bus AC (132) eléctricamente conectable con una estación desalinizadora (134);
- una primera unidad de conexión (111) para conectar y adaptar eléctricamente al menos un aerogenerador (102) al bus AC (132);
- una segunda unidad de conexión (121) que comprende una primera subunidad (121a) para conectar y adaptar eléctricamente al menos una hidrobomba (110) al bus AC (132) y una
- 10 segunda subunidad (121b) para conectar y adaptar eléctricamente al menos una hidroturbina (104) al bus AC (132), donde la hidrobomba (110) y la hidroturbina (104) están hídricamente comunicadas con un depósito de reserva hídrica (106);
- caracterizado por que el sistema de alimentación eléctrica comprende además:
- un sistema de almacenamiento de energía magnética por superconducción (108), SMES,
- 15 - una tercera unidad de conexión (131) para conectar y adaptar el SMES (108) al bus AC (132);
- medios de control (202,204,510) configurados para:
  - recibir un primer conjunto de datos con información sobre la demanda energética de la estación desalinizadora (134);
  - 20 recibir un segundo conjunto de datos con información sobre el suministro energético actual del aerogenerador (102) y de la hidroturbina (104);
  - recibir un tercer conjunto de datos con información sobre el almacenamiento energético del depósito de reserva hídrica (106) y del SMES (108);
  - determinar, en función de la información recibida de los conjuntos de datos primero
  - 25 segundo y tercero, si:
    - modificar selectivamente una o más unidades de conexión (111,121,131) para proporcionar una tensión y una frecuencia determinada al bus AC (132);
    - habilitar o deshabilitar selectivamente el suministro o el almacenamiento energético procedente del SMES (108) o del depósito de reserva hídrica (106).

30

2. Sistema según la reivindicación 1, donde los medios de control comprenden una pluralidad de unidades de control local (202) distribuidas para controlar la generación y/o almacenamiento de energía y una unidad de control central (204), donde la unidad de control central (204) recibe datos cada unidad de control local (202) y de la estación desalinizadora (134), envía instrucciones a cada unidad de control local (202) y a la estación desalinizadora (134).

35

3. Sistema según la reivindicación 2, donde los medios de control están configurados para implementar un modo de arranque de la estación desalinizadora (134) mediante el SMES (108) si el nivel de carga del SMES (108) supera un umbral de carga mínima.

5

4. Sistema según la reivindicación 2 o 3, donde los medios de control están configurados para implementar un modo de operación eléctrica que comprende almacenar energía en el SMES (108) si el nivel de carga es inferior a un umbral de carga máxima, si el nivel del depósito de reserva hídrica (106) está por encima de un umbral mínimo, y si el aerogenerador (102) su-  
10 la demanda energética de la estación desalinizadora (134).

5. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el SMES (108) está configurado para suministrar una tensión a una frecuencia que coincida con la frecuencia de una red de distribución (302) variando una frecuencia de conmutación y en función de una  
15 frecuencia de resonancia de un filtro pasivo comprendido en el SMES (108).

6. Planta de alimentación eléctrica para una estación desalinizadora (134) que comprende:

- al menos un aerogenerador (102);

- al menos una hidrobomba (110), una hidroturbina (104) y un depósito de reserva hídrica  
20 (106);

- un sistema de alimentación eléctrica (100,200,300,400,500) para una estación desalinizadora (134) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 5.

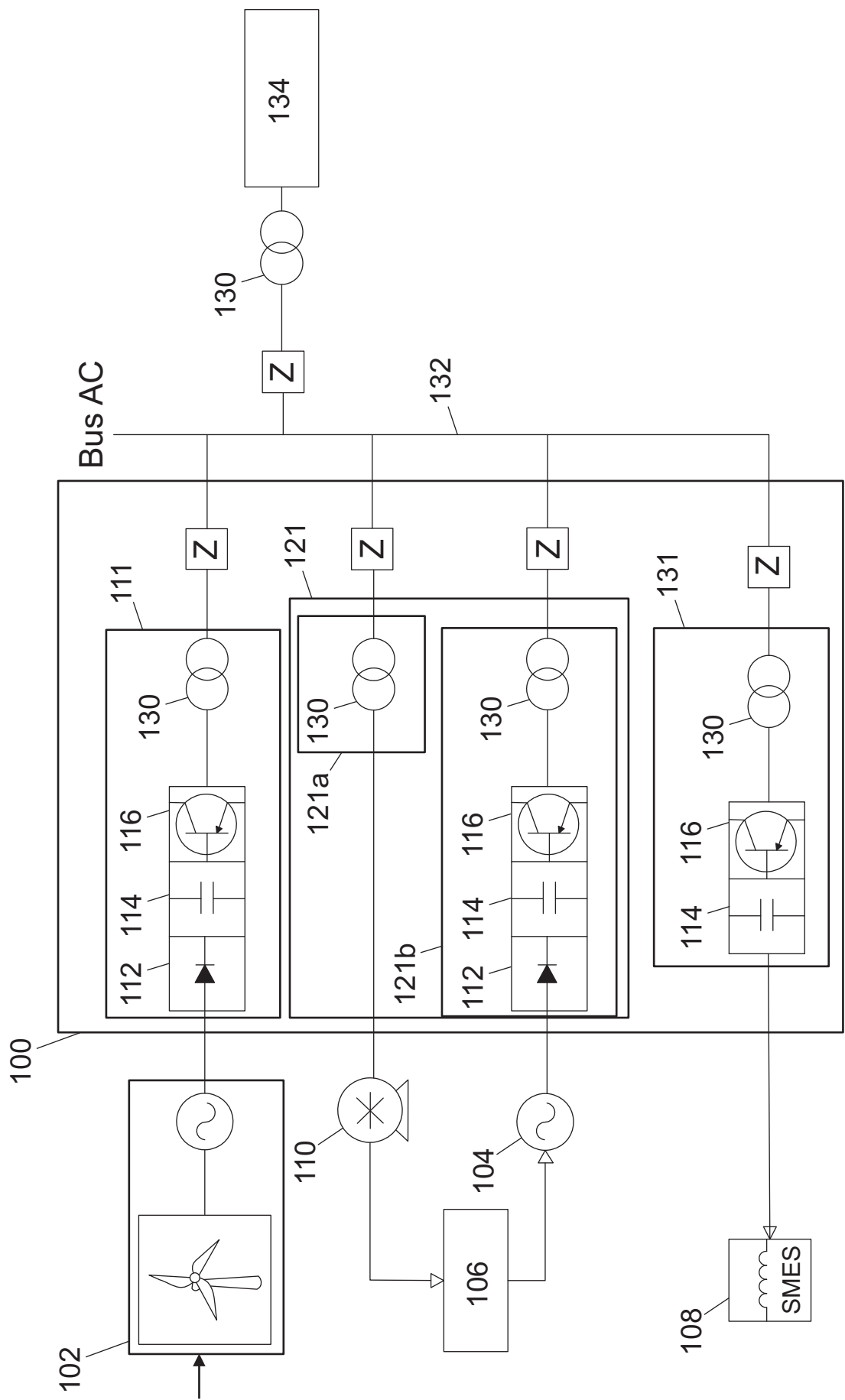


Fig. 1

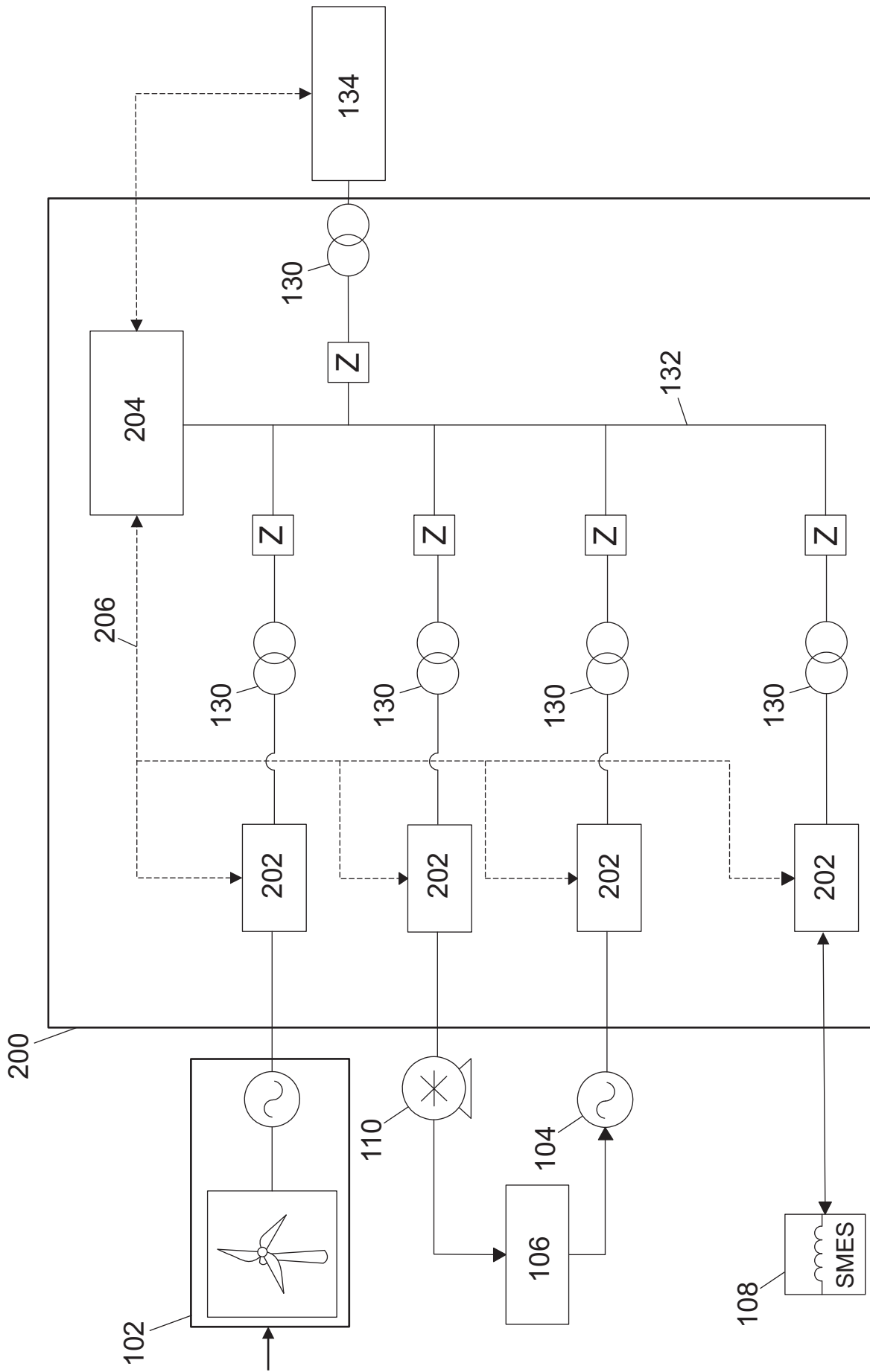


Fig. 2

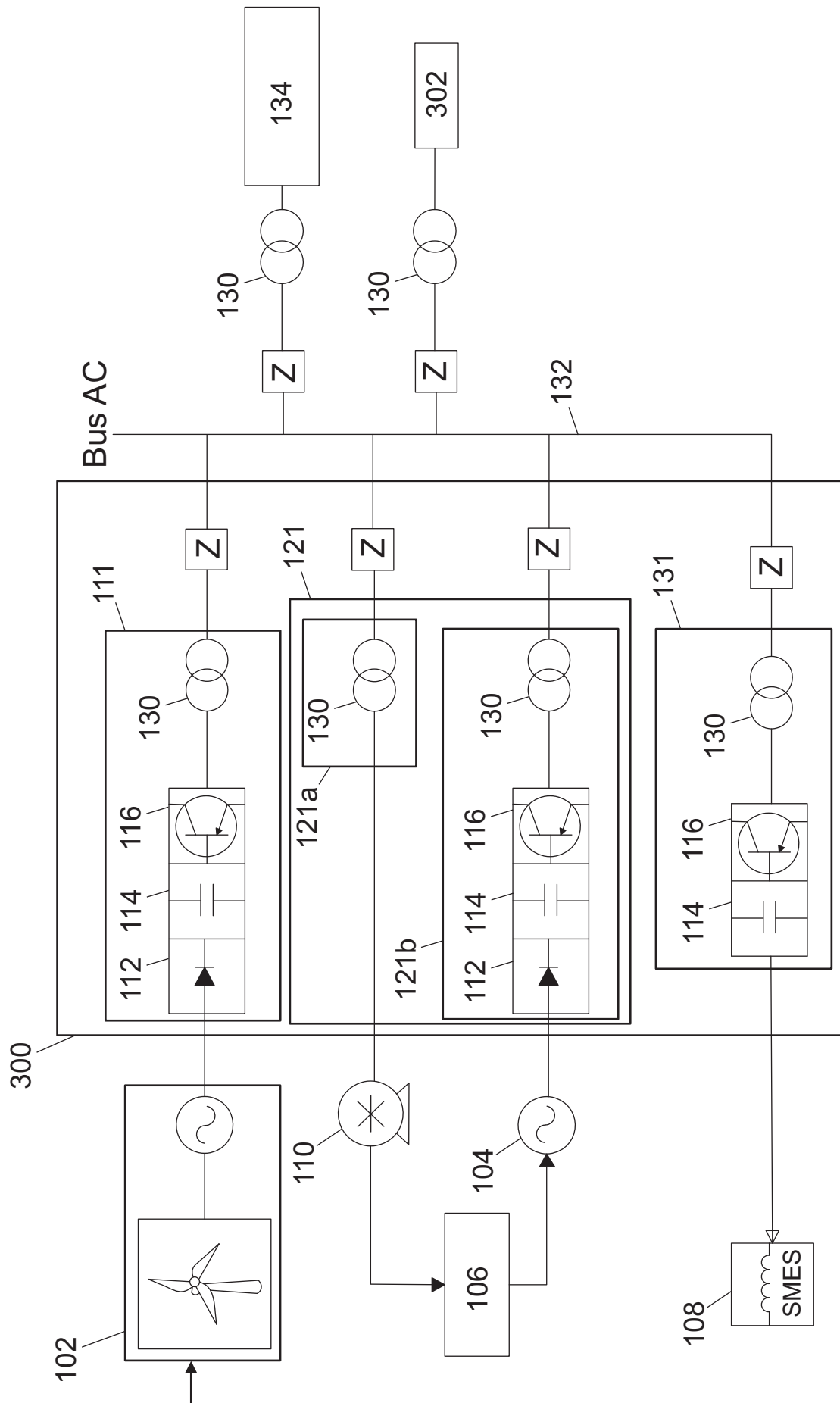


Fig. 3

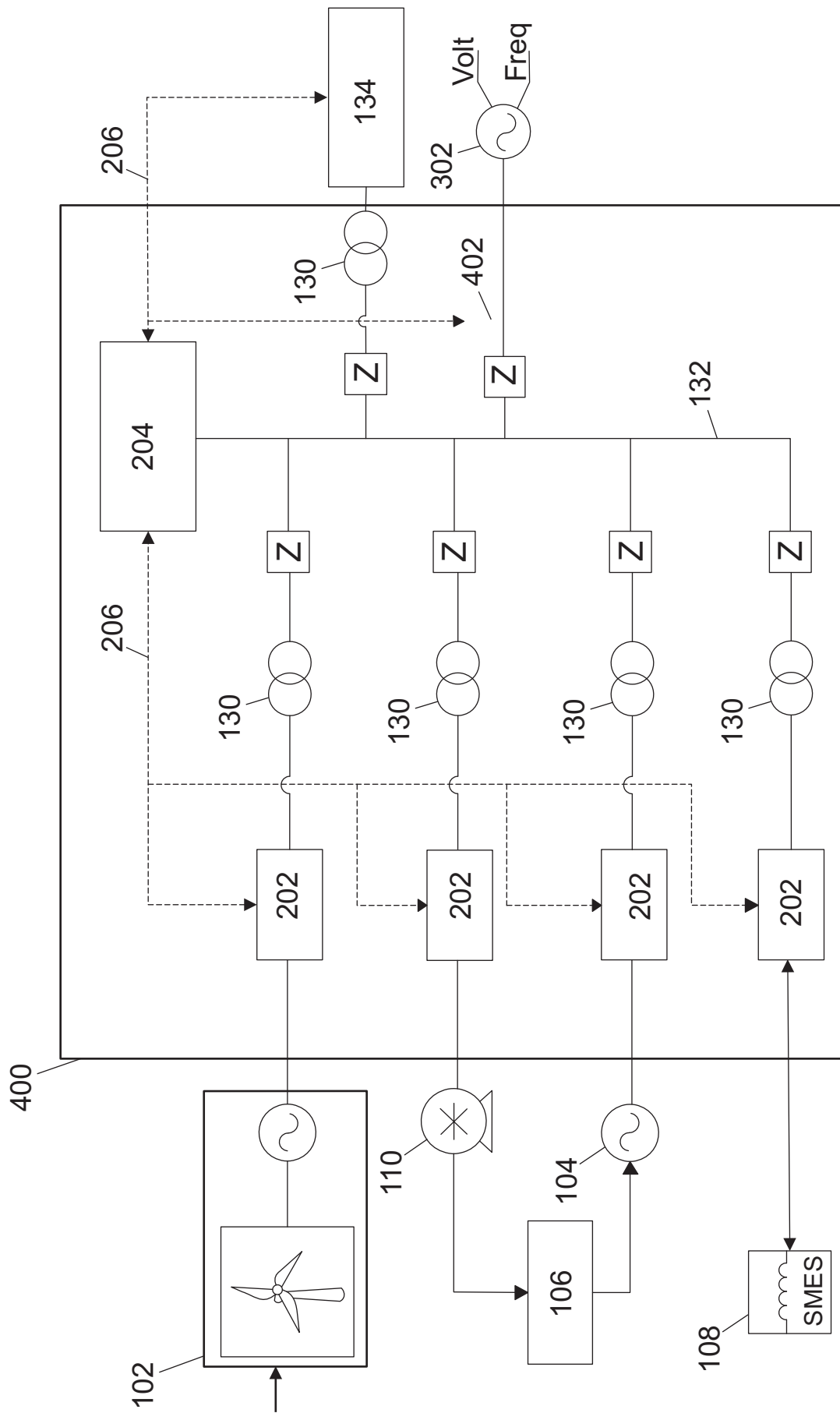


Fig. 4

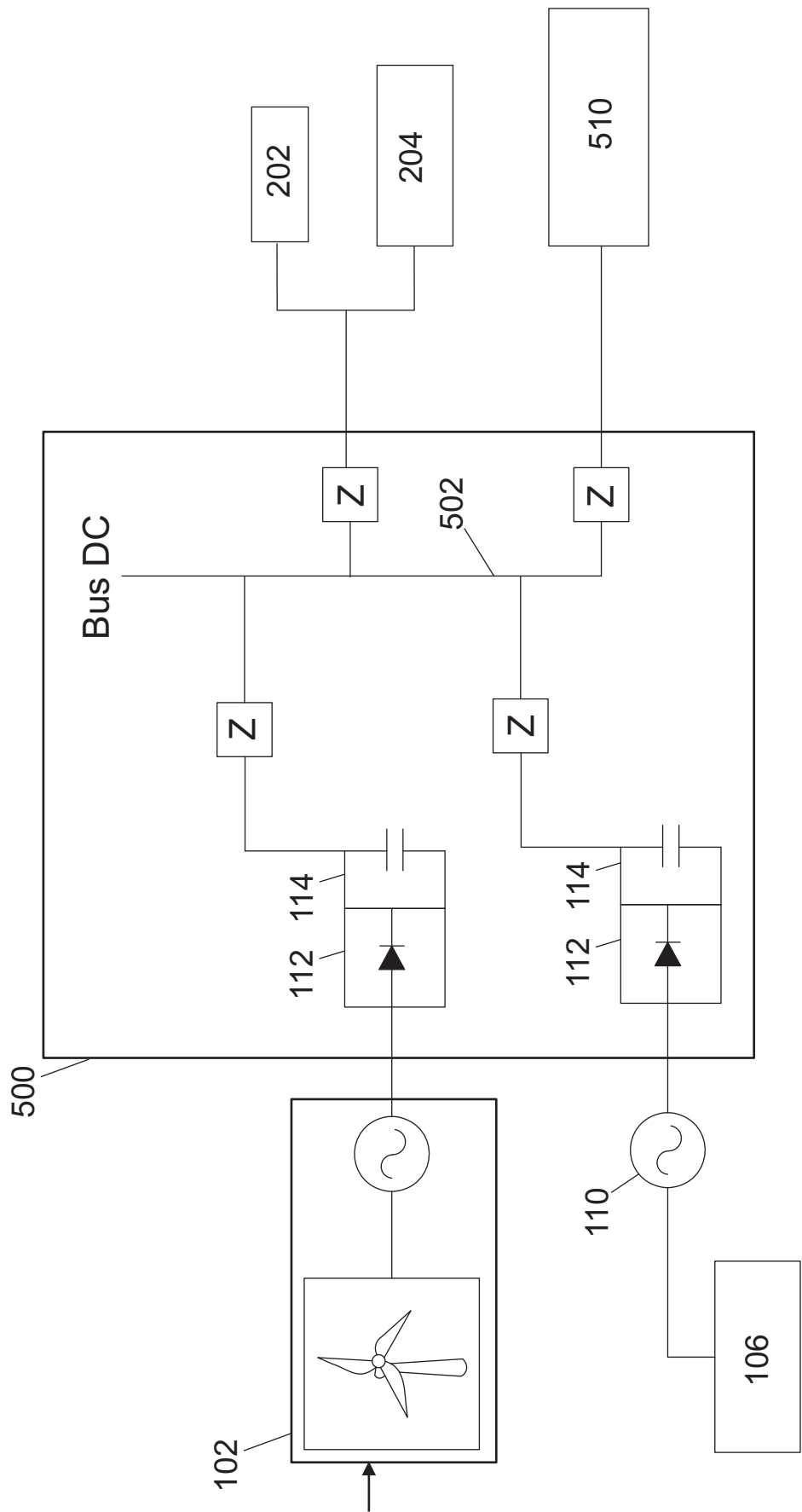


Fig. 5

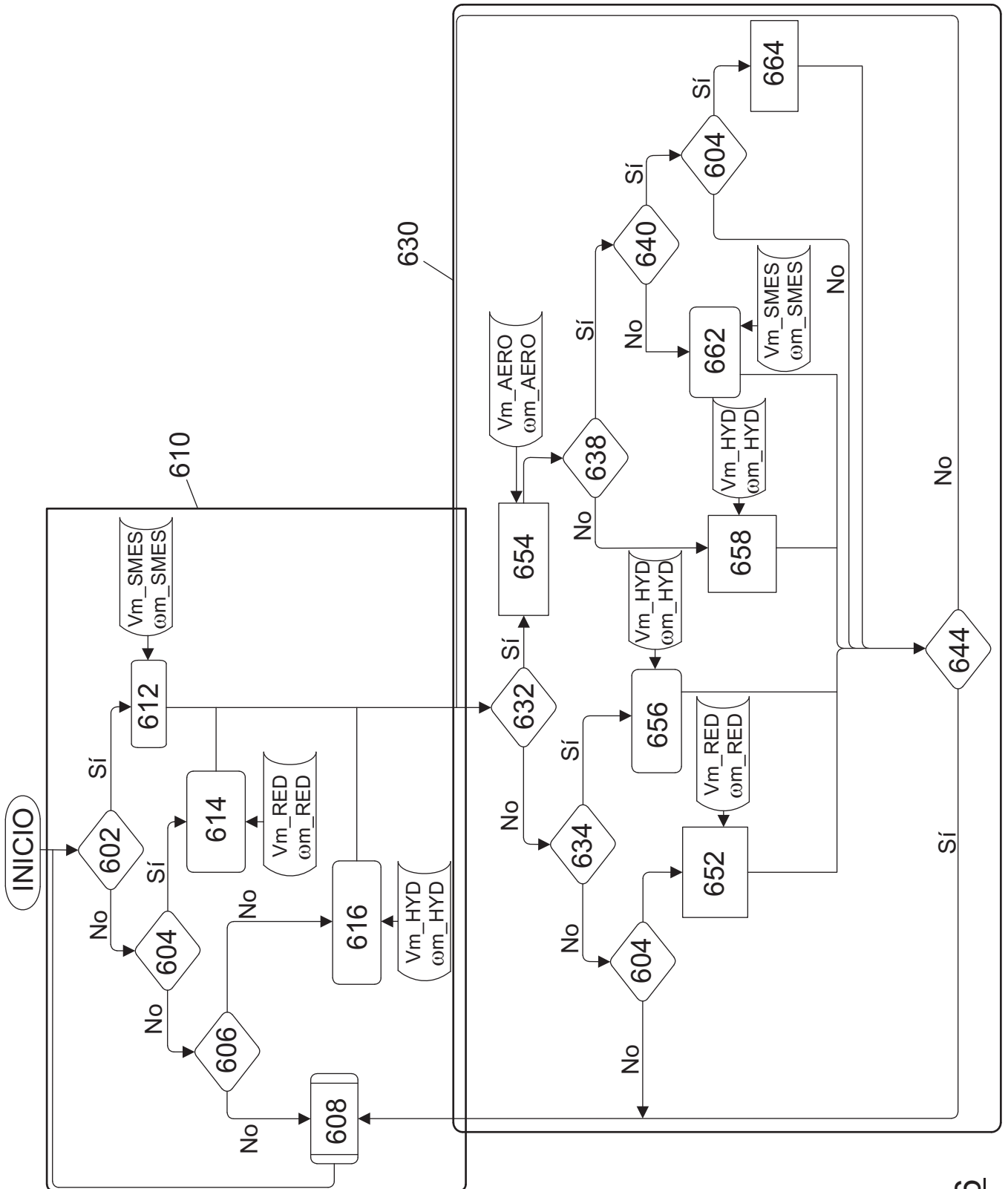


Fig. 6



- ②① N.º solicitud: 202230483  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 03.06.2022  
③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. cl.: Ver Hoja Adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ⑤⑥ Documentos citados                                                                                                                                                 | Reivindicaciones afectadas |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | US 2016241036 A1 (WOLTER JAMES F) 18/08/2016, resumen; figuras 1; figuras 4-8; párrafos; [0014-0015]; párrafos [0033-0040]; párrafos [0052;0065]; elementos 130 y 175 | 1-2,4-6                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                       | 3                          |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | US 2017063147 A1 (NAKAYAMA TOMONORI et al.) 02/03/2017, resumen; párrafo [0089]; fig 3A                                                                               | 3                          |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | US 2010327800 A1 (REINECCIUS STACEY) 30/12/2010, resumen; párrafos [0005-0007]; párrafo [0038]; párrafo [0075];                                                       | -                          |
| <p>Categoría de los documentos citados<br/>X: de particular relevancia<br/>Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría<br/>A: refleja el estado de la técnica</p> <p>O: referido a divulgación no escrita<br/>P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud<br/>E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud</p> |                                                                                                                                                                       |                            |
| <p><b>El presente informe ha sido realizado</b><br/><input checked="" type="checkbox"/> para todas las reivindicaciones<br/><input type="checkbox"/> para las reivindicaciones nº:</p>                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                       |                            |
| Fecha de realización del informe<br>27.07.2022                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Examinador<br>J. Frías López                                                                                                                                          | Página<br>1/2              |

## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**H02J3/38** (2006.01)

**H02J3/28** (2006.01)

**H02J3/00** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H02J

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INTERNET, NPL