

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 928 855**

51 Int. Cl.:

F03D 80/00 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

H02J 1/14 (2006.01)

H02J 1/10 (2006.01)

H02J 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.07.2019 PCT/DK2019/050211**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.01.2020 WO20011321**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.07.2019 E 19736975 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.09.2022 EP 3821129**

54 Título: **Control de consumo de energía de aerogenerador**

30 Prioridad:

10.07.2018 DK PA201870478

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

23.11.2022

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

DANIELSEN, NIELS ERIK

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 928 855 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

Control de consumo de energía de aerogenerador

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un módulo de gestión de energía para un sistema de aerogenerador y a un método para controlar el consumo de energía en un sistema de aerogenerador.

Antecedentes de la invención

10 Los sistemas de aerogeneradores incluyen una serie de consumidores diferentes en diferentes partes del aerogenerador, por ejemplo, en la torre, la góndola, el buje, etc. Los consumidores son dispositivos, componentes o sistemas dentro del sistema de aerogenerador que consumen energía eléctrica. Algunos ejemplos de consumidores típicos son los sistemas de guiñada, los sistemas de refrigeración, los sistemas de lubricación, los sistemas de inclinación de palas, los sistemas de control, la iluminación de servicio, los elevadores de servicio, etc.

15 En aerogeneradores conectados a la red, los consumidores pueden extraer energía de la red con el fin de operar. No obstante, a veces, la energía de la red se puede perder, por ejemplo, como resultado de daños en la conexión a la red, o un corte de energía en la red, etc. Incluso durante los períodos sin red, algunos consumidores aún pueden necesitar ser alimentados. En consecuencia, los aerogeneradores conectados a la red pueden tener un sistema de energía de respaldo, tal como baterías, de modo que aún se pueda suministrar energía a los consumidores que la necesitan durante períodos sin red.

20 No obstante, las baterías tienen una cantidad finita de energía y los períodos sin red pueden durar potencialmente un largo período de tiempo (por ejemplo, si el aerogenerador es una aerogenerador en alta mar, un período sin red puede ser causado por daños en un cable submarino, que podría tardar muchos meses en repararse). Puede ser difícil aumentar la capacidad de las baterías debido a las limitaciones de espacio disponible para las baterías y debido al aumento de los costes que esto incurriría. En consecuencia, para prolongar la cantidad de tiempo que un sistema de respaldo puede alimentar a los consumidores que necesitan ser alimentados durante los períodos sin red, puede ser deseable minimizar el consumo de energía de los sistemas de aerogeneradores durante los períodos sin red.

25 El documento US 2017/145989 A1 (RITTER ALLEN MICHAEL [US] ET AL) 25 de mayo de 2017 (25-05-2017) trata del control del consumo de energía de las cargas auxiliares del aerogenerador. Este control se realiza en el caso de un evento de red. Tan pronto como se detecta el evento de red, las cargas se desconectan de la red y un sistema de alimentación ininterrumpida se hace cargo del suministro de algunas cargas esenciales. El documento US 6 476 519 B1 (WEINER DAVID A [US]) 5 de noviembre de 2002 (05-11-2002) describe que el voltaje de batería cae cuando se descarga y que las cargas no críticas se pueden desconectar cuando se alcanza un cierto grado de descarga.

Compendio de la invención

Un primer aspecto de la invención proporciona un módulo de gestión de energía según la reivindicación 1.

35 El módulo de gestión de energía que puede controlar el nivel de consumo de energía del uno o más consumidores se basa, al menos en parte, en una comparación del nivel de voltaje del bus de suministro de energía frente a un primer voltaje umbral.

El control del nivel de consumo de energía del uno o más consumidores se puede basar, al menos en parte, en una comparación del nivel de voltaje del bus de suministro de energía frente a un primer voltaje umbral.

40 Al menos uno del uno o más consumidores puede ser un consumidor no esencial, en cuyo caso, si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía es mayor que el primer voltaje umbral, el módulo de gestión de energía se puede configurar para controlar el nivel de consumo de energía del consumidor no esencial a un primer nivel de energía; y si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía es menor que el primer voltaje umbral, el módulo de gestión de energía se puede configurar para controlar el nivel de consumo de energía del consumidor no esencial a un segundo nivel de energía, en donde el primer nivel de energía es mayor que el segundo nivel de energía.

45 El control del nivel de consumo de energía del uno o más consumidores se puede basar además, al menos en parte, en una comparación del nivel de voltaje del bus de suministro de energía frente a un segundo voltaje umbral, en donde el primer voltaje umbral es mayor que el segundo nivel de voltaje umbral.

50 El módulo de gestión de energía se puede configurar además para controlar el nivel de consumo de energía del uno o más consumidores entre un primer nivel de energía y un segundo nivel de energía, en donde el primer nivel de energía es mayor que el segundo nivel de energía. Por ejemplo, el primer nivel de energía puede ser un nivel de consumo de energía distinto de cero y el segundo nivel de energía puede ser un nivel de consumo de energía cero, o un nivel de consumo de energía distinto de cero que es menor que la cantidad de consumo de energía en el primer nivel de energía.

Al menos uno del uno o más consumidores puede ser un consumidor no esencial de baja importancia, en cuyo caso, si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía es menor que el primer voltaje umbral, el módulo de gestión de energía se puede configurar para controlar el nivel de consumo de energía del consumidor no esencial de baja importancia al segundo nivel de energía, y si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía es mayor que el segundo voltaje umbral, el módulo de gestión de energía se puede configurar para controlar el nivel de consumo de energía del consumidor no esencial de baja importancia al primer nivel de energía.

Al menos uno del uno o más consumidores puede ser un consumidor no esencial de alta importancia, en cuyo caso, si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía es menor que el segundo voltaje umbral, el módulo de gestión de energía se puede configurar para controlar el nivel de consumo de energía del consumidor no esencial de alta importancia al segundo nivel de energía, y si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía es mayor que el segundo voltaje umbral, el módulo de gestión de energía se puede configurar para controlar el nivel de consumo de energía del consumidor no esencial de alta importancia al primer nivel de energía.

El uno o más consumidores se pueden acoplar al bus de suministro de energía mediante uno o más conmutadores controlables respectivos, en donde el módulo de gestión de energía está configurado para controlar el uno o más conmutadores controlables para controlar el nivel de consumo de energía del uno o más consumidores. Por ejemplo, el módulo de gestión de energía se puede configurar para controlar el uno o más conmutadores controlables entre dos estados: un estado cerrado, para acoplar el uno o más consumidores al bus de suministro de energía, y un estado abierto, para desacoplar el uno o más consumidores del bus de suministro de energía.

El módulo de gestión de energía se puede configurar además para: determinar un nivel de voltaje y/o una corriente en una entrada de cada uno del uno o más consumidores; en donde el control del nivel de consumo de energía del uno o más consumidores se basa además, al menos en parte, en el nivel de voltaje y/o corriente determinado en la entrada de cada uno del uno o más consumidores. Cada uno del uno o más conmutadores controlables puede comprender un transistor, en cuyo caso el módulo de gestión de energía se puede configurar además para, cuando se controla un transistor para acoplar un consumidor al bus de suministro de energía, controlar un nivel de conducción del transistor en base al nivel de voltaje y/o corriente determinado en la entrada del consumidor para proteger frente a la irrupción de corriente al consumidor.

El módulo de gestión de energía se puede configurar además para, cuando se controlan los conmutadores de una pluralidad de consumidores para acoplar la pluralidad de consumidores al bus de suministro de energía, escalonar en el tiempo el acoplamiento de al menos algunos de los consumidores para proporcionar protección de sobrecarga para el bus de suministro de energía.

Un segundo aspecto de la invención proporciona un sistema de aerogenerador según la reivindicación 12.

La fuente de energía de respaldo se puede configurar además para proporcionar o bien el segundo voltaje de suministro de energía o bien un tercer voltaje de suministro de energía al bus de suministro de energía, en donde el segundo voltaje de suministro de energía es mayor que el tercer voltaje de suministro de energía.

La fuente de energía de respaldo puede comprender una batería, en cuyo caso el sistema de aerogenerador se puede configurar además para controlar la fuente de energía de respaldo para proporcionar o bien el segundo voltaje de suministro de energía o bien el tercer voltaje de suministro de energía al bus de suministro de energía en base, al menos en parte, a la energía restante almacenada en la batería.

Un tercer aspecto de la invención proporciona un método según la reivindicación 15.

Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirán las realizaciones de la invención, pero solamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la Figura 1 muestra un dibujo esquemático de ejemplo de un aerogenerador 1;

la Figura 2 muestra un diagrama esquemático de ejemplo de un sistema de aerogenerador 100 de acuerdo con un primer aspecto de la presente descripción;

la Figura 3 muestra una representación de un proceso de control de ejemplo realizado por un módulo de gestión de energía 110 del sistema de aerogenerador de la Figura 2;

la Figura 4 muestra un diagrama esquemático de ejemplo de un sistema de aerogenerador 400 de acuerdo con un segundo aspecto de la presente descripción;

la Figura 5 muestra una representación de un proceso de control de ejemplo realizado por un módulo de gestión de energía 110 del sistema de aerogenerador de la Figura 4;

la Figura 6 muestra una representación de ejemplo de los diferentes voltajes umbrales usados por el módulo de gestión de energía 110; y

la Figura 7 muestra un diagrama esquemático de ejemplo de detalles adicionales del módulo de gestión de energía 110 de las Figuras 2 o 4.

Descripción de realizaciones

La presente descripción proporciona un módulo de gestión de energía configurado para ayudar a gestionar el consumo de energía de los consumidores en un sistema de aerogenerador. Los inventores se han dado cuenta de que en los sistemas de energía de aerogeneradores, cuando se usa un suministro de energía de respaldo para proporcionar energía a un bus de suministro de energía (del cual los consumidores pueden extraer energía), el nivel de voltaje en el bus es típicamente más bajo que cuando la fuente de energía primaria (por ejemplo, un suministro de red) está proporcionando energía al bus de suministro de energía. Por lo tanto, los inventores han desarrollado un módulo de gestión de energía que controla el nivel de consumo de energía de uno o más consumidores en base, al menos en parte, al nivel de voltaje en el bus de suministro de energía. Determinando el nivel de voltaje en el bus de suministro de energía, el módulo de gestión de energía puede determinar si el suministro de energía primario o de respaldo está proporcionando energía al bus de suministro de energía. Si se detecta que el suministro de energía de respaldo está proporcionando energía, el módulo de gestión de energía reduce el consumo de energía de cualquier consumidor no esencial que esté bajo su control (por ejemplo, desconectando esos consumidores del bus de suministro de energía) y mantiene la energía para los consumidores esenciales (por ejemplo, sistemas de control, sistemas de guiñada, etc.). Del mismo modo, si se detecta más tarde que la fuente de energía primaria ahora está proporcionando energía al bus de suministro de energía, el módulo de gestión de energía puede aumentar el consumo de energía de cualquier consumidor no esencial que esté bajo su control (por ejemplo, volviendo a conectar esos consumidores al bus de suministro de energía), permitiendo por ello que esos consumidores operen plenamente una vez más. De esta forma, el consumo de energía del sistema de aerogenerador en su conjunto se puede reducir durante periodos sin red, prolongando por ello el tiempo durante el cual el sistema de aerogenerador puede operar durante un período sin red, mientras que se mantiene la funcionalidad esencial del sistema de aerogenerador.

Además, los buses de suministro de energía son una característica estándar de los sistemas de aerogeneradores para alimentar a los consumidores situados a lo largo de un aerogenerador (por ejemplo, en la torre, góndola, buje, etc.). Usando el bus de suministro de energía para determinar el estado actual de la fuente de energía, el control del consumo de energía del consumidor se puede distribuir a través de diversos módulos de gestión de energía diferentes, cada uno colocado en diferentes partes del aerogenerador, sin requerir un sistema de control central ni una infraestructura de comunicaciones complejos. Esto puede ser particularmente beneficioso para el control de los consumidores situados en regiones tales como la góndola y el buje, donde la infraestructura de comunicaciones entre un controlador central en una parte del sistema de aerogenerador y los consumidores en otra parte del sistema de aerogenerador requeriría una interfaz de comunicaciones de tipo giratorio, que puede ser costosa y difícil de lograr con recursos de espacio limitados.

La Figura 1 ilustra, en una vista esquemática en perspectiva, un ejemplo de un aerogenerador 1. El aerogenerador 1 incluye una torre 2, una góndola 3 dispuesta en el vértice de la torre y un rotor 4 acoplado operativamente a un generador alojado dentro de la góndola 3. Además del generador, la góndola alberga diversos consumidores requeridos para convertir la energía eólica en energía eléctrica y diversos consumidores necesarios para operar, controlar y optimizar el rendimiento del aerogenerador 1. El rotor 4 del aerogenerador 1 incluye un buje central 5 y una pluralidad de palas 6 que se proyectan hacia fuera desde el buje central 5. En la realización ilustrada, el rotor 4 incluye tres palas 6, pero el número puede variar.

El aerogenerador 1 puede estar incluido entre una colección de otros aerogeneradores pertenecientes a una planta de energía eólica, a la que también se hace referencia como granja eólica o parque eólico, que sirve como planta de generación de energía conectada por líneas de transmisión con una red de energía eléctrica. La red de energía eléctrica generalmente consiste en una red de centrales eléctricas, circuitos de transmisión y subestaciones acopladas por una red de líneas de transmisión que transmiten la energía a cargas en forma de usuarios finales y otros clientes de las empresas eléctricas de servicio público. La planta de energía eólica puede comprender un controlador de planta de energía que puede estar a cargo de controlar ciertos aspectos de los aerogeneradores individuales.

La Figura 2 muestra un diagrama esquemático de ejemplo de un sistema de aerogenerador 100 de acuerdo con un primer aspecto de la presente descripción. Como se puede ver, los componentes del sistema aerogenerador 100 están distribuidos entre la torre 2, la góndola 3 y el buje 5 del aerogenerador 1. En la torre 2, hay una fuente de energía primaria 150 que comprende una interfaz de red 152 y un convertidor 154, y una fuente de energía de respaldo 160 que comprende una batería 162 y un convertidor 164. La fuente de energía primaria 150 y la fuente de energía de respaldo 160 están acopladas a un bus de suministro de energía 180 y están configuradas para proporcionar energía al bus de suministro de energía 180. Un controlador de suministro de energía 170 está configurado para enganchar y desenganchar la fuente de energía de respaldo 160 usando el conmutador 166, por ejemplo, para enganchar la fuente de energía de respaldo 160 para proporcionar energía al bus de suministro de energía 180 durante periodos sin red y desenganchar la fuente de energía de respaldo 160 para dejar de proporcionar energía al bus de suministro de energía 180 durante los periodos alimentados por la red. El controlador de suministro de energía 170 puede detectar periodos sin red por cualquier medio adecuado, lo cual no es el tema de la presente

descripción. Además, en una alternativa, el controlador de suministro de energía 170 puede enganchar y desenganchar la fuente de energía de respaldo 160 de cualquier otra forma adecuada, por ejemplo, controlando el convertidor 164. En una alternativa adicional, el controlador de suministro de energía 170 puede no ser requerido - en su lugar, la fuente de energía de respaldo 160 puede engancharse y desengancharse de manera autónoma según sea necesario.

Los convertidores 154 y 164 pueden ser de cualquier tipo adecuado para satisfacer las necesidades del bus de suministro de energía 180. Por ejemplo, si el bus de suministro de energía es un bus de DC, el convertidor 154 puede ser un rectificador de AC-DC configurado para suministrar energía de DC al bus de suministro de energía 180 en un primer voltaje de suministro de energía, y el convertidor 164 puede ser un convertidor de DC-DC configurado para suministrar energía de DC al bus de suministro de energía 180 en un segundo voltaje de suministro de energía. A modo de ejemplo no limitativo, la batería 162 puede suministrar energía de 24 V DC al convertidor 164, que puede convertirla en energía de 400 V DC para proporcionar al bus de suministro de energía 180, con el fin de reducir las pérdidas de transmisión en el bus de suministro de energía 180. El primer voltaje de suministro de energía proporcionado por la fuente de energía primaria 150 es mayor que el segundo voltaje de suministro de energía proporcionado por la fuente de energía de respaldo 160. A modo de ejemplo no limitativo, el primer voltaje de suministro de energía puede ser de 560 V DC y el segundo voltaje de suministro de energía puede ser de 400 V DC.

En la torre 2, el sistema de aerogenerador 100 comprende además un primer convertidor 142 acoplado al bus de suministro de energía 180 a través de un primer conmutador controlable 132. Un módulo de gestión de energía 110₁ está acoplado al primer conmutador controlable 132 con el fin de controlar el estado del primer conmutador controlable 132 (por ejemplo, abierto o cerrado). El primer convertidor 142 está configurado para suministrar energía al módulo de control de torre 122, que es un ejemplo de un consumidor 120. El convertidor 142 puede ser de cualquier tipo adecuado para proporcionar el tipo de energía requerido al módulo de control de torre 122. Por ejemplo, si el módulo de control de torre 122 requiere energía de 24 V DC, el convertidor 122 puede ser un convertidor de DC-DC configurado para proporcionar 24 V DC al módulo de control de torre 122. Si el módulo de control de torre 122 requiere energía de 16 V AC, el convertidor 122 puede ser un inversor de DC-AC configurado para proporcionar 16 V AC al módulo de control de torre 122, etc.

El módulo de gestión de energía 110₁ está configurado para determinar el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 y controlar el nivel de consumo de energía del módulo de control de torre 122 controlando el estado del primer conmutador controlable 132. Se describirán más tarde detalles adicionales de esta operación del módulo de gestión de energía 110₁ y los otros módulos de gestión de energía en el sistema de aerogenerador 100 (a todos los cuales se hace referencia de manera general como módulos de gestión de energía 110), con referencia a la Figura 3.

En la góndola 3, el sistema de aerogenerador 100 comprende además un segundo convertidor 144 acoplado al bus de suministro de energía 180 a través de un segundo conmutador controlable 134, un tercer convertidor 146 acoplado al bus de suministro de energía 180 a través de un tercer conmutador controlable 136 y un cuarto convertidor 148 acoplado al bus de suministro de energía 180 a través de un cuarto conmutador controlable 138. Un módulo de gestión de energía 110₂ está acoplado a cada uno de los conmutadores 134, 136, 138 para controlar sus estados. Los estados de cada uno de los conmutadores 134, 136, 138 se pueden controlar de manera independiente, o se pueden controlar todos para estar en el mismo estado unos que otros. El segundo convertidor 144 está configurado para suministrar energía al motor de guiñada 124, el tercer convertidor 146 está configurado para suministrar energía a otros motores de góndola 126 y el cuarto convertidor 148 está configurado para suministrar energía al módulo de control de góndola 128. El motor de guiñada 124, otros motores de góndola 126 y el módulo de control de góndola 128 son todos ejemplos de consumidores 120. Los convertidores 144, 146, 148 pueden ser de cualquier tipo adecuado (por ejemplo, DC-DC, DC-AC, frecuencia variable, etc.), como se ha descrito anteriormente en relación con el primer convertidor 142.

El módulo de gestión de energía 110₂ está configurado para determinar el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 y controlar el nivel de consumo de energía del motor de guiñada 124, otros motores de góndola 126 y el módulo de control de góndola 128 controlando los estados de los conmutadores controlables 134, 136 y 138.

En el buje 5, el sistema de aerogenerador 100 comprende además un quinto convertidor 149 acoplado al bus de suministro de energía 180 a través de un quinto conmutador controlable 139. Un módulo de gestión de energía 110₃ está acoplado al quinto conmutador controlable 139 con el fin de controlar el estado del quinto conmutador controlable 139 (por ejemplo, abierto o cerrado). El quinto convertidor 149 está configurado para suministrar energía al módulo de control de buje 129, que es un ejemplo de un consumidor 120. El quinto convertidor 149 puede ser de cualquier tipo adecuado para proporcionar el tipo de energía requerido al módulo de control de buje 149, como se ha descrito anteriormente en relación con el primer convertidor 142.

El módulo de gestión de energía 110₃ está configurado para determinar el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 y controlar el nivel de consumo de energía del módulo de control de buje 129 controlando el estado del quinto conmutador controlable 139.

Como se puede ver, el bus de suministro de energía 180 recorre toda la longitud del sistema de aerogenerador 100 para proporcionar energía a los consumidores 120 en todas las partes del aerogenerador.

Cada uno de los conmutadores controlables 132, 134, 136, 138 y 139 se puede implementar usando cualquier dispositivo de conmutación controlable adecuado, por ejemplo, tiristores, transistores (tales como BJT, MOSFET, JEFT, IGBT, etc.), relés mecánicos, etc.

La Figura 3 muestra una representación de un proceso de control de ejemplo realizado por un módulo de gestión de energía 110 (por ejemplo, cada uno de los módulos de gestión de energía 110₁, 110₂ y 110₃ representados en la Figura 2) de acuerdo con el primer aspecto de la presente descripción. Los módulos de gestión de energía 110 representados en la Figura 2 pueden realizar cada uno de manera independiente el proceso de control con respecto al uno o más consumidores de los que son responsables (por ejemplo, el módulo de gestión de energía 110₁ es responsable de controlar el consumo de energía del módulo de control de torre 122, el módulo de gestión de energía 110₂ es responsable de controlar el consumo de energía del motor de guiñada 124, otros motores de góndola 126 y el módulo de control de góndola 128, y el módulo de gestión de energía 110₃ es responsable de controlar el consumo de energía del módulo de control de buje 129).

En S310, el módulo de gestión de energía 110 determina un nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180. Esto se puede llevar a cabo de cualquier forma adecuada, por ejemplo, recibiendo una medición de una entidad separada tal como un voltímetro, o en virtud de un acoplamiento eléctrico entre el módulo de gestión de energía 110 y el bus de suministro de energía 180 usando el cual se puede medir el nivel de voltaje (no representado en la Figura 2 por el bien de la simplicidad), etc.

En S320, el módulo de gestión de energía 110 determina si la fuente de energía primaria 150 o la fuente de energía de respaldo 160 está proporcionando energía al bus de suministro de energía 180. Como se ha explicado anteriormente, la fuente de energía primaria 150 proporciona energía al bus de suministro de energía en un primer voltaje de suministro de energía (por ejemplo, 560 V DC) y la fuente de energía de respaldo 160 proporciona energía al bus de suministro de energía en un segundo voltaje de suministro de energía (por ejemplo, 400V DC), que es menor que el primer voltaje de suministro de energía. Para tomar esta determinación, el módulo de gestión de energía 110 puede comparar el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 con un primer voltaje umbral, que se establece en cualquier nivel adecuado entre el primer voltaje de suministro de energía y el segundo voltaje de suministro de energía (por ejemplo, el primer voltaje umbral puede ser 450 V DC). Si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 es menor que el primer voltaje umbral, se determina que la fuente de energía de respaldo 160 está proporcionando energía al bus de suministro de energía 180 y el proceso de control pasa a S330. Si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 es mayor que el primer voltaje umbral, se determina que la fuente de energía primaria 150 está proporcionando energía al bus de suministro de energía 180 y el proceso de control pasa a S340.

Cada uno de los consumidores 120 se puede clasificar o bien como esencial o bien como no esencial. Un consumidor esencial es uno que se considera esencial para la operación segura del aerogenerador 1 y, por lo tanto, debería estar encendido incluso en periodos sin red. Un consumidor no esencial es uno que se considera no esencial para la operación segura del aerogenerador 1 durante los periodos sin red y, por lo tanto, se puede apagar u operar en un nivel reducido de consumo de energía durante los periodos sin red. Cada módulo de gestión de energía 110 está configurado para saber si cada uno de los consumidores bajo su control es esencial o no esencial, por ejemplo, usando técnicas de programación de software o configuración de hardware estándar durante la configuración de cada módulo de gestión de energía 110.

En S330, el módulo de gestión de energía 110 reduce el nivel de consumo de energía de cualquier consumidor no esencial bajo su control a un segundo nivel de energía abriendo el conmutador controlable correspondiente al consumidor o consumidores no esenciales. Si el conmutador controlable relevante ya está abierto (por ejemplo, porque el módulo de gestión de energía 110 lo hubiera abierto durante una iteración anterior de este proceso de control) de manera que el consumidor ya esté en el segundo nivel de energía (en este ejemplo, apagado), el módulo de gestión de energía 110 mantendrá el conmutador controlable en su posición abierta. Para cualquier consumidor o consumidores esenciales que estén bajo el control del módulo de gestión de energía 110, el módulo de gestión de energía 110 mantendrá ese consumidor o consumidores en un primer nivel de energía (en este ejemplo, encendido) manteniendo el conmutador controlable correspondiente en la posición cerrada con el fin de mantener la energía a ese consumidor o consumidores esenciales. A modo de ejemplo no limitativo, el módulo de control de torre 122 puede ser no esencial, por lo que el módulo de gestión de energía 110₁ controlaría el primer conmutador controlable 132 a un estado abierto con el fin de reducir el consumo de energía del primer convertidor 142 y el módulo de control de torre 122 al segundo nivel de energía (en este ejemplo, apagado). El motor de guiñada 124 y el módulo de control de góndola 128 pueden ser consumidores esenciales, por lo que el módulo de gestión de energía 110₂ controlará el segundo y cuarto conmutadores 134 y 138 a un estado cerrado para mantener la energía de esos consumidores en el primer nivel de energía (en este ejemplo, encendido), mientras que los otros motores de góndola 126 pueden ser no esenciales, por lo que el módulo de gestión de energía 110₃ controlará el tercer conmutador controlable 136 a un estado abierto, para reducir el consumo de energía del tercer convertidor 146 y otros motores de góndola 126 al segundo nivel de energía.

Mientras que en lo anterior, y en general a lo largo de esta descripción, el “primer nivel de energía” para un consumidor se describe como “encendido” o consumo de energía distinto de cero, y el “segundo nivel de energía” para un consumidor se describe como “apagado”, o consumo de energía cero, se debería apreciar que esto es meramente un ejemplo del primer y segundo niveles de energía y la presente descripción no se limita solamente a este ejemplo. En una alternativa, tanto el primer como el segundo niveles de energía pueden ser distintos de cero, con el segundo nivel de energía que es menor que el primer nivel de energía. En particular, cuando los conmutadores controlables son conmutadores de semiconductores, los módulos de gestión de energía 110 pueden controlar los consumidores 120 entre el primer nivel de energía y el segundo nivel de energía controlando el nivel de conducción de los conmutadores de semiconductores con el fin de aumentar o disminuir el flujo de corriente a los consumidores 120 (y por lo tanto aumentar o disminuir su consumo de energía entre niveles distintos de cero de consumo de energía), en base al nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180. Alternativamente, los módulos de gestión de energía 110 pueden realizar la gestión de energía de cualquier otra forma, por ejemplo, controlando la operación de los consumidores 120 para operar en el primer nivel de energía (consumo de energía distinto de cero) o el segundo nivel de energía (consumo de energía cero, o consumo de energía distinto de cero que es menor que el consumo de energía en el primer nivel de energía), en cuyo caso los conmutadores controlables se pueden omitir opcionalmente.

En S340, el módulo de gestión de energía aumenta el nivel de consumo de energía de cualquier consumidor o consumidores no esenciales bajo su control al primer nivel de energía cerrando el conmutador o conmutadores controlables correspondientes al consumidor o consumidores no esenciales. Si el conmutador o conmutadores controlables relevantes ya están cerrados, el módulo de gestión de energía 110 mantendrá el conmutador controlable en su posición cerrada. Para cualquier consumidor o consumidores esenciales que estén bajo el control del módulo de gestión de energía 110, el módulo de gestión de energía 110 mantendrá ese consumidor o consumidores en el primer nivel de energía ajustando el conmutador o conmutadores controlables correspondientes a la posición cerrada con el fin de mantener la energía a los consumidores esenciales.

De este modo, se puede ver que S340 corresponde a periodos alimentados por la red (que generalmente se espera que sean la condición normal para el sistema de aerogenerador 100) y los consumidores 120 se controlan para operar de una forma normal. S330 corresponde a periodos sin red (que generalmente se espera que sean una condición anormal para el sistema de aerogenerador 100) y los módulos de gestión de energía 110 reducen el consumo de energía total del sistema de aerogenerador controlando el consumo de energía de los consumidores, reduciendo por ello el consumo de energía de la batería 162 y extendiendo la cantidad de tiempo que los consumidores esenciales pueden permanecer alimentados en periodos sin red.

El control del nivel de consumo de energía de los consumidores se logra de una forma distribuida a través de todas las partes del aerogenerador 1. En particular, cada uno de los módulos de gestión de energía 110 controla de manera autónoma el nivel de consumo de energía de cada uno de su uno o más consumidores en base al nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180. En consecuencia, cuando cambia la fuente de suministro de energía, el nivel de consumo de energía se puede ajustar de manera autónoma por los módulos de gestión de energía según sea necesario, sin requerir una infraestructura de comunicaciones y control de energía centralizada compleja y costosa (por ejemplo, una disposición alternativa puede requerir la implementación de un controlador centralizado acoplado a los controladores en cada parte del aerogenerador 1 a través de infraestructuras de cableado de Ethernet, lo que requeriría acoplamientos de tipo giratorio para conexiones de Ethernet en la góndola 2 y el buje 5. Esto sería costoso y difícil de lograr). De este modo, el control de gestión de energía se puede lograr más directamente implementando al menos un módulo de gestión de energía 110 autónomo en cada parte del aerogenerador 1 que tiene consumidores a ser controlados, esos módulos de gestión de energía 110 que operan en base al nivel de voltaje del bus de suministro de energía, lo que significa que no se necesitarían cambios adicionales en un sistema de aerogenerador estándar.

Después de la terminación de S330 o S340, el proceso de control vuelve a S310, de modo que el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 se pueda monitorizar continuamente y el consumo de energía de los consumidores 120 controlar en consecuencia.

La Figura 4 muestra un diagrama esquemático de ejemplo de un sistema de aerogenerador 400 de acuerdo con un segundo aspecto de la presente descripción. El sistema de aerogenerador 400 es el mismo que el sistema de aerogenerador 100, excepto por la fuente de energía de respaldo 460 y el controlador de suministro de energía 470.

La fuente de energía de respaldo 460 es muy similar a la fuente de energía de respaldo 160, pero comprende además un convertidor 464 y un conmutador controlable 466. El convertidor 464 que puede ser de cualquier tipo adecuado, por ejemplo, un convertidor de DC-DC, está configurado para proporcionar energía al bus de suministro de energía 180 a un tercer voltaje de suministro de energía, que es menor que el segundo voltaje de suministro de energía proporcionado por el convertidor 164. A modo de ejemplo no limitativo, el segundo voltaje de suministro de energía proporcionado por el convertidor 164 puede ser de 400 V DC y el tercer voltaje de suministro de energía proporcionado por el convertidor 464 puede ser de 350 V DC.

El controlador de suministro de energía 470 está configurado no solamente para controlar si la energía está siendo proporcionada o no al bus de suministro de energía 180 por la fuente de energía de respaldo 160 (como es el caso

del controlador de suministro de energía 170), sino también para controlar, en el caso de que se haya de usar energía de respaldo, cuál de los convertidores 164 o 464 proporciona la energía de respaldo al bus de suministro de energía 180. El controlador de suministro de energía 470 se puede configurar para realizar este control en base, al menos en parte, a la energía restante almacenada en la batería 162 (por ejemplo, monitorizando los niveles de almacenamiento de energía usando cualquier técnica estándar). En particular, si el nivel de almacenamiento de energía excede un umbral de almacenamiento de energía (tal como el 50% de la capacidad de la batería completa), se puede suponer que la batería 162 tiene un buen nivel de energía restante. En este caso, el controlador de suministro de energía 470 puede cerrar el conmutador 166 y abrir el conmutador 466 de modo que la energía se proporcione al bus de suministro de energía 180 por el convertidor 164 en el segundo nivel de voltaje. Si el nivel de almacenamiento de energía es menor que el umbral de almacenamiento de energía, se puede suponer que la batería 162 tiene un bajo nivel de energía restante. En este caso, el controlador de suministro de energía 470 puede abrir el conmutador 166 y cerrar el conmutador 466 de modo que la energía se proporcione al bus de suministro de energía 180 por el convertidor 464 en el tercer nivel de voltaje. Se apreciará que en una alternativa, el controlador de suministro de energía 470 puede establecer el voltaje de suministro de energía proporcionado por la fuente de energía de respaldo 160 de cualquier otra forma adecuada, por ejemplo, controlando los convertidores 164 y 464, o ajustando el nivel de salida de un solo convertidor dentro de la fuente de energía de respaldo 160, etc. En una alternativa adicional, la fuente de energía de respaldo 160 puede controlar de manera autónoma su voltaje de suministro de energía de salida, en base, por ejemplo, al nivel de energía almacenada restante en la batería 162.

En este segundo aspecto de la descripción, los módulos de gestión de energía 110 se refinan aún más para determinar en cuál del primer, segundo o tercer voltajes de suministro de energía está el bus de suministro de energía y controlar el nivel de consumo de energía del consumidor o consumidores bajo su control, en consecuencia. Esto se describirá con más detalle ahora con referencia a la Figura 5.

La Figura 5 muestra una representación de un proceso de control de ejemplo realizado por cada módulo de gestión de energía 110 (por ejemplo, cada uno de los módulos de gestión de energía 110₁, 110₂ y 110₃ representados en la Figura 4) de acuerdo con el segundo aspecto de la presente descripción. Los módulos de gestión de energía 110 pueden realizar el proceso de control con respecto a cada uno del uno o más consumidores de los que son responsables.

En S510, el módulo de gestión de energía 110 determina un nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180. Esto es lo mismo que S310 descrito anteriormente con respecto a la Figura 3. Esto se puede llevar a cabo de cualquier forma adecuada, por ejemplo, recibiendo una medición de una entidad separada tal como un voltímetro, o en virtud de un acoplamiento eléctrico entre el módulo de gestión de energía 110 y el bus de suministro de energía 180 usando el cual se puede medir el nivel de voltaje (no representado en la Figura 4 por el bien de la simplicidad), etc.

En S520, el módulo de gestión de energía 110 determina si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 está en el primer voltaje de suministro de energía (es decir, proporcionado por la fuente de energía primaria 150), el segundo voltaje de suministro de energía (es decir, proporcionado por el convertidor 164 de la fuente de energía de respaldo 160) o el tercer voltaje de suministro de energía (es decir, proporcionado por el convertidor 464 de la fuente de energía de respaldo 160). El módulo de gestión de energía 110 puede hacer esto comparando el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 con un primer voltaje umbral, que se establece en cualquier nivel adecuado entre el primer voltaje de suministro de energía y el segundo voltaje de suministro de energía (como se ha descrito anteriormente con respecto a S310 de la Figura 3), y comparando el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 con un segundo voltaje umbral, que se establece en cualquier nivel adecuado entre el segundo voltaje de suministro de energía y el tercer voltaje de suministro de energía. A modo de ejemplo no limitativo, los voltajes de suministro de energía y los voltajes umbrales pueden ser de la siguiente forma:

Primer voltaje de suministro de energía = 560 V DC

Primer voltaje umbral = 450 V DC

Segundo voltaje de suministro de energía = 400 V DC

Segundo voltaje umbral = 370 V DC

Tercer voltaje de suministro de energía = 350 V DC

La Figura 6 muestra una representación de ejemplo de los diferentes voltajes de suministro de energía y voltajes umbrales.

Si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 es menor que el segundo voltaje umbral, se determina que la fuente de energía de respaldo 160 está proporcionando energía al bus de suministro de energía 180 en el tercer voltaje de suministro de energía y el proceso de control pasa a S530. Si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 es mayor que el segundo voltaje umbral y menor que el primer voltaje umbral, se determina que la fuente de energía de respaldo 160 está proporcionando energía al bus de suministro de energía 180 en el segundo voltaje de suministro de energía y el proceso de control pasa a S550. Si el nivel de voltaje del bus de suministro de

energía 180 es mayor que el primer voltaje umbral, se determina que la fuente de energía primaria 150 está proporcionando energía al bus de suministro de energía 180 y el proceso de control pasa a S540.

Como se ha explicado anteriormente con respecto a la Figura 3, cada uno de los consumidores 120 se puede clasificar o bien como esencial o bien como no esencial. No obstante, como refinamiento adicional, cada uno de los consumidores no esenciales se puede clasificar además como consumidor no esencial de baja importancia o un consumidor no esencial de alta importancia. Los consumidores no esenciales de alta importancia son consumidores no esenciales que se pueden apagar u operar a un bajo nivel de consumo de energía durante los períodos sin red, pero preferiblemente se dejan encendidos o se operan a un nivel normal de consumo de energía, durante tanto tiempo como sea posible, por ejemplo, para simplificar y acelerar el proceso de volver a la operación normal si la energía de la red vuelve rápidamente. Por lo tanto, se pueden clasificar como de “alta importancia” dentro del grupo de consumidores no esenciales. Los consumidores no esenciales de baja importancia son consumidores que se pueden apagar u operar a un bajo nivel de consumo de energía, durante períodos sin red y, típicamente, son los consumidores menos importantes para una operación segura sin red. Por lo tanto, se pueden clasificar como de “baja importancia” dentro del grupo de consumidores no esenciales y, en consecuencia, apagar o controlar a niveles de consumo de energía bajos, primero en el caso de un período sin red. Cada módulo de gestión de energía 110 está configurado para saber si cada uno de los consumidores bajo su control es esencial, no esencial de alta importancia, o no esencial de baja importancia, por ejemplo, usando una configuración de hardware estándar o técnicas de programación de software durante la configuración de los módulos de gestión de energía 110.

En S530, donde la fuente de energía de respaldo 160 está proporcionando energía al tercer voltaje de suministro de energía (el voltaje más bajo), el módulo de gestión de energía 110 reduce el nivel de consumo de energía de los consumidores no esenciales tanto de baja importancia como de alta importancia bajo su control al segundo nivel de energía abriendo el conmutador controlable correspondiente a ese consumidor o consumidores no esenciales. Si el conmutador o conmutadores controlables relevantes ya están abiertos (por ejemplo, porque el módulo de gestión de energía 110 lo hubiera abierto durante una iteración anterior de este proceso de control), el módulo de gestión de energía 110 mantendrá el conmutador controlable en su posición abierta. Para cualquier consumidor esencial que esté bajo el control del módulo de gestión de energía 110, el módulo de gestión de energía 110 mantendrá el conmutador controlable correspondiente en la posición cerrada con el fin de mantener esos consumidores esenciales en el primer nivel de energía (en este ejemplo, encendido). En consecuencia, esta parte del proceso de control es muy similar a S330 descrito anteriormente con referencia a la Figura 3.

En S540, donde la fuente de energía primaria 150 está proporcionando energía en el primer voltaje de suministro de energía (el voltaje más alto), el módulo de gestión de energía 110 aumenta el nivel de consumo de energía de los consumidores no esenciales tanto de alta importancia como de baja importancia bajo su control al primer nivel de energía cerrando el conmutador o conmutadores controlables correspondientes al consumidor o consumidores no esenciales. Si el conmutador controlable relevante ya está cerrado, el módulo de gestión de energía 110 mantendrá el conmutador controlable en su posición cerrada. Para cualquier consumidor esencial que esté bajo el control del módulo de gestión de energía 110, el módulo de gestión de energía 110 mantendrá el conmutador controlable correspondiente en la posición cerrada con el fin de mantener los consumidores esenciales en el primer nivel de energía. En consecuencia, esta parte del proceso de control es muy similar a S340 descrito anteriormente con referencia a la Figura 3.

En S550, donde la fuente de energía de respaldo 160 está proporcionando energía en el segundo voltaje de suministro de energía (el voltaje de nivel medio), el módulo de gestión de energía 110 reduce el nivel de consumo de energía de los consumidores no esenciales de baja importancia bajo su control al segundo nivel de energía abriendo los conmutadores controlables correspondientes a aquellos consumidores no esenciales de baja importancia. Si el conmutador o conmutadores controlables relevantes ya están abiertos (por ejemplo, porque el módulo de gestión de energía 110 lo hubiera abierto durante una iteración anterior de este proceso de control), el módulo de gestión de energía 110 mantendrá el conmutador controlable en su posición abierta. Para cualquier consumidor no esencial de alta importancia, o consumidor esencial, que esté bajo el control del módulo de gestión de energía 110, el módulo de gestión de energía 110 cerrará, o mantendrá en posición cerrada, el conmutador o conmutadores controlables correspondientes para aumentar o mantener esos consumidores en el primer nivel de energía.

De este modo, se puede ver que cuando el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 es menor que el segundo voltaje umbral, se reduce el nivel de consumo de energía de los consumidores no esenciales de alta importancia. Cuando es mayor que el segundo voltaje umbral, se aumenta el nivel de consumo de energía de los consumidores no esenciales de alta importancia. Cuando el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 es menor que el primer voltaje umbral, se reduce el nivel de consumo de energía de los consumidores no esenciales de baja importancia. Cuando es mayor que el segundo voltaje umbral, se aumenta el nivel de consumo de energía de los consumidores no esenciales de baja importancia. En consecuencia, cuando el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 está en su nivel más bajo (es decir, el tercer voltaje de suministro de energía), el nivel de consumo de energía del sistema de aerogenerador 400 se puede minimizar reduciendo el consumo de energía de todos los consumidores distintos de los consumidores esenciales. Cuando el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 está en su nivel más alto (es decir, el primer voltaje de suministro de energía), el sistema de aerogenerador 400 opera normalmente con todos los consumidores alimentados. Cuando el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 está en su nivel medio (es decir, el segundo voltaje de suministro de energía), el

sistema de aerogenerador 400 puede operar en un nivel de consumo de energía reducido, pero no en su nivel mínimo, con todos los consumidores distintos de los consumidores no esenciales de baja importancia que se alimentan.

En consecuencia, introduciendo dos niveles diferentes de voltaje de suministro de energía desde la fuente de energía de respaldo 160, se puede lograr un control más preciso del consumo de energía del sistema de aerogenerador 400. En particular, cuando el sistema de aerogenerador 400 conmuta inicialmente a energía de respaldo, es probable que la batería 162 se cargue bien. En este caso, es útil reducir el consumo de energía total, pero aún no es crítica una reducción significativa en el consumo de energía. Por lo tanto, es posible apagar los consumidores de menor importancia (es decir, los consumidores no esenciales de baja importancia), pero mantener encendidos todos los demás consumidores de modo que el sistema de aerogenerador 400 pueda operar de manera tan normal como sea posible. Cuanto más dure un período sin red, menor llegará a ser el nivel de almacenamiento de energía de la batería 162. Finalmente, puede llegar a ser crítico minimizar el consumo de energía con el fin de preservar el funcionamiento de los consumidores esenciales tanto como sea posible. En este punto, la fuente de energía de respaldo 160 se puede conmutar para proporcionar energía al voltaje más bajo (el tercer nivel de voltaje), haciendo que todos los consumidores, excepto los consumidores esenciales, se apaguen, con el fin de minimizar el consumo de energía del sistema de aerogenerador 400 y maximizar el tiempo de operación segura durante un período sin red prolongado.

Por lo tanto, se puede lograr un nivel más preciso de control distribuido, sin requerir una infraestructura y un sistema de control central dedicado.

Se apreciará que en el ejemplo anterior, se describen tres niveles diferentes de consumo de energía del sistema, cada uno que corresponde a un nivel de voltaje de suministro de energía diferente. No obstante, se puede usar cualquier número de niveles de voltaje de suministro de energía diferentes con el fin de lograr un nivel incluso más preciso de control de energía descentralizado.

La Figura 7 muestra un diagrama esquemático de ejemplo de detalles adicionales del módulo de gestión de energía 110 de la presente descripción. En este ejemplo, el módulo de gestión de energía 110 controla un IGBT 710, que es un ejemplo particular de un conmutador controlable 132, 134, 136, 138 o 139. No obstante, se apreciará que el IGBT 710 puede ser alternativamente cualquier otro tipo adecuado de conmutador controlable. La Figura 7 incluye una representación de un consumidor 120, pero no incluye una representación de un convertidor por el bien de la simplicidad.

El módulo de gestión de energía 110 puede determinar el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 midiendo el voltaje en el terminal V_{bus} del módulo de gestión de energía 110. En base al nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180, el módulo de gestión de energía 110 puede encender o apagar el IGBT 710 según sea necesario controlando el voltaje de puerta en el IGBT 710 con el fin de controlar el nivel de consumo de energía del consumidor 120, como se ha descrito anteriormente.

En la implementación particular del módulo de gestión de energía 110 representado en la Figura 7, el módulo de gestión de energía 110 también está configurado para determinar el nivel de voltaje en la entrada del consumidor 120 midiendo el voltaje en el terminal V_1 y para determinar la corriente I_1 en la entrada del consumidor 120 usando el transformador de corriente 720 (aunque se apreciará que el voltaje y la corriente en la entrada al consumidor 120 se pueden determinar alternativamente de cualquier otra forma adecuada). El voltaje y la corriente determinados en la entrada del consumidor 120 se pueden usar por el módulo de gestión de energía 110 para realizar una cualquiera o más de las siguientes operaciones:

a) Protección frente a la irrupción de corriente a los consumidores. Cuando el IGBT 710 está siendo controlado de un estado apagado a un estado encendido, la corriente comenzará a fluir desde el bus de suministro de energía 180 al consumidor 120. Si el consumidor 120 tiene una carga capacitiva, la irrupción de corriente puede ser significativa y causar daños al consumidor 120. Por lo tanto, el módulo de gestión de energía 110 puede monitorizar el nivel de corriente I_1 y ajustar el nivel de conducción del IGBT 710 de acuerdo con limitar la corriente I_1 a niveles aceptables, proporcionando por ello protección frente a la irrupción de corriente al consumidor 120.

b) Protección de sobrecarga (por ejemplo, protección de sobrecorriente o sobrevoltaje). El módulo de gestión de energía 110 puede monitorizar el voltaje V_1 y la corriente I_1 en la entrada del consumidor 120 y realizar protección de sobrecarga controlando el estado del IGBT 710. Por ejemplo, si hay una subida de voltaje en el bus de suministro de energía 180, el voltaje V_1 y/o la corriente I_1 en la entrada del consumidor 120 pueden comenzar a aumentar a niveles peligrosos, en cuyo momento el módulo de gestión de energía 110 puede apagar el IGBT 120 con el fin de aislar al consumidor 120 del bus de suministro de energía 180, protegiendo por ello al consumidor 120. El umbral de para qué niveles de voltaje y/o corriente se considera que son peligrosos puede cambiar dependiendo de cuál de las fuentes de energía 150 o 160 esté proporcionando energía al bus de suministro de energía 180. Por ejemplo, si el módulo de gestión de energía 110 ha determinado (usando las técnicas descritas anteriormente) que la fuente de energía primaria 150 está proporcionando energía al bus de suministro de energía 180, se puede establecer un umbral peligroso relativamente alto de voltaje o corriente (por ejemplo, 100 A, etc.). Si el módulo de gestión de energía 110 ha determinado que la fuente de energía de respaldo 160 está proporcionando energía al bus de

suministro de energía 180, se puede establecer un umbral peligroso relativamente bajo de voltaje o corriente (por ejemplo, 30A, etc.). En consecuencia, se puede lograr una protección de sobrecarga más refinada por los módulos de gestión de energía 110 a través del sistema de aerogenerador 100 y 400 de una manera no centralizada, distribuida.

- 5 c) Desconexión de carga. Cuando el módulo de gestión de energía 110 está controlando el nivel de consumo de energía de dos o más consumidores 120 (por ejemplo, el módulo de gestión de energía 110₂ en las Figuras 2 y 4), el módulo de gestión de energía 110 puede monitorizar el consumo de energía combinado de todos esos consumidores 120 monitorizando el voltaje V_1 y la corriente I_1 en la entrada a cada uno de esos consumidores 120. Si se considera que el consumo total de energía es demasiado alto, el módulo de gestión de energía 110 puede realizar la desconexión de carga controlando los IGBT 710 para apagar los consumidores 120 de acuerdo con un orden de prioridad definido. Cuando se determina que el consumo de energía ha alcanzado un nivel aceptable, el módulo de gestión de energía 110 puede cesar entonces la desconexión de carga. Esta técnica de desconexión de carga se puede usar como una técnica de gestión de energía más sofisticada que la técnica de consumidor esencial/no esencial más directa descrita anteriormente. Por ejemplo, cuando el módulo de gestión de energía 110 determina que la fuente de energía de respaldo 160 está proporcionando energía al bus de suministro de energía 180, entonces puede usar un umbral más bajo para lo que constituye un nivel aceptable de consumo de energía en todos los consumidores 120 bajo su control. Luego puede apagar los consumidores según un orden de prioridad definido hasta que el nivel total de consumo de energía esté por debajo del nivel umbral. De esta forma, es posible que algunos consumidores no esenciales se puedan mantener encendidos (donde de otro modo se podrían apagar según el proceso descrito anteriormente), al mismo tiempo que se logra aún una reducción aceptable del consumo de energía del sistema de aerogenerador 100 o 400.

Opcionalmente, cuando el módulo de gestión de energía 110 está controlando el nivel de consumo de energía de dos o más consumidores 120, se puede configurar además para escalonar en el tiempo la reconexión de los consumidores 120 al bus de suministro de energía 180. Por ejemplo, si un módulo de gestión de energía 110 está controlando el nivel de consumo de energía de dos o más consumidores no esenciales y ha desconectado anteriormente esos consumidores 120, si el módulo de gestión de energía 110 luego detecta más tarde que la fuente de energía primaria 150 ha reanudado la provisión de energía al bus de suministro de energía 180, en lugar de volver a conectar todos los consumidores 120 a la vez, puede volver a conectarlos de una manera escalonada. Esto puede ayudar a proporcionar protección de sobrecarga, dado que volver a conectar múltiples consumidores 120 a la vez puede causar un cambio transitorio en el voltaje/corriente en el bus de suministro de energía 180, lo que a su vez puede dar como resultado una situación de sobrecarga peligrosa (es decir, sobrevoltaje/sobrecorriente) para cualquiera de los consumidores 120 acoplados al bus de suministro de energía 180. Escalonando en el tiempo cada reconexión, los cambios en el nivel de energía extraída del bus de suministro de energía 180 pueden ser más graduales, protegiendo por ello a los consumidores 120 de condiciones de sobrecarga.

Aunque la invención se ha descrito anteriormente con referencia a una o más realizaciones preferidas, se apreciará que se pueden hacer diversos cambios o modificaciones sin apartarse del alcance de la invención que se define en las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo, mientras que en la descripción anterior se hace referencia de manera general al bus de suministro de energía 180 como que transporta energía de DC, en una alternativa puede transportar energía de AC. Además, al menos algunos de los convertidores 154, 164, 464, 142, 144, 146, 148 y 149 pueden no ser necesarios, dependiendo de los requisitos de los consumidores 120 y la naturaleza de las fuentes de energía y el bus de suministro de energía 180.

Mientras que en la descripción anterior los módulos de gestión de energía 110 controlan el nivel de consumo de energía de uno o más consumidores 120 entre un primer nivel de energía y un segundo nivel de energía, los módulos de gestión de energía 110 pueden controlar alternativamente el consumo de energía entre más de dos niveles diferentes, particularmente cuando hay más de dos voltajes de suministro de energía disponibles.

Mientras que las Figuras 2 y 4 muestran ambas un único módulo de gestión de energía 110 en cada parte del aerogenerador (por ejemplo, la torre 2, la góndola 3 y el buje 5), en al menos una parte del aerogenerador puede haber dos o más módulos de gestión de energía 110, cada uno que controla el nivel de consumo de energía de uno o más consumidores 120 diferentes. Además, al menos una parte del aerogenerador puede no tener ningún módulo de gestión de energía 110 en absoluto, por ejemplo si todos los consumidores 120 en esa parte son consumidores esenciales.

En la descripción anterior, los módulos de gestión de energía 110 generalmente controlan el nivel de consumo de energía de los consumidores comparando el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 frente a uno o más voltajes umbrales. No obstante, el control del nivel de consumo de energía se puede realizar en base al nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180 de cualquier otra forma adecuada, por ejemplo, el consumo de energía de al menos algunos consumidores se puede ajustar proporcionalmente con el nivel de voltaje del bus de suministro de energía 180.

Como parte de las funcionalidades opcionales del módulo de gestión de energía 110 descrito anteriormente con referencia a la Figura 7, se explica que se miden tanto el voltaje como la entrada de corriente al consumidor 120. No obstante, en una alternativa, el módulo de gestión de energía 110 puede determinar el voltaje y/o la entrada de corriente al consumidor 120 y llevar a cabo al menos algunas de las funcionalidades opcionales descritas sobre la base de esas mediciones.

Si bien el módulo de gestión de energía 110 se representa en las Figuras 2, 4 y 7 como una única unidad, se apreciará que cada módulo de gestión de energía 110 puede comprender dos o más elementos/partes/unidades diferentes que se interconectan y configuran para realizar la funcionalidad descrita anteriormente. Además, cada módulo de gestión de energía 110 puede comprender un procesador y una memoria, de modo que el proceso sea capaz de ejecutar tareas informáticas en base a instrucciones almacenadas en la memoria. La memoria puede ser cualquier medio legible por ordenador adecuado, por ejemplo, un medio legible por ordenador no transitorio, tal como una memoria de solo lectura, memoria de acceso aleatorio, CD-ROM, DVD, Blue-ray, cinta magnética, unidades de disco duro, unidades de estado sólido y unidades ópticas. Alternativamente, la funcionalidad del módulo de gestión de energía 110 se puede implementar mediante hardware (por ejemplo, usando lógica cableada o configurable) o una combinación de software y hardware.

REIVINDICACIONES

1. Un módulo de gestión de energía (110) para un sistema de aerogenerador que comprende uno o más consumidores (120), que son dispositivos, componentes o sistemas dentro del sistema de aerogenerador que consumen energía eléctrica, el módulo de gestión de energía que está configurado para:
 - 5 determinar un nivel de voltaje de un bus de suministro de energía (180) del sistema de aerogenerador; y controlar un nivel de consumo de energía de uno o más consumidores acoplados al bus de suministro de energía en base, al menos en parte, al nivel de voltaje determinado del bus de suministro de energía, en donde determinando el nivel de voltaje en el bus de suministro de energía, el módulo de gestión de energía puede determinar si un suministro de energía primaria (150) o de respaldo (160) está proporcionando energía al bus de suministro de energía, y si se detecta que el suministro de energía de respaldo está proporcionando energía, el módulo de gestión de energía está configurado para reducir el consumo de energía de cualquier consumidor no esencial que esté bajo su control y mantener la energía para los consumidores esenciales.
 - 10
2. El módulo de gestión de energía de la reivindicación 1, en donde:
 - 15 el control del nivel de consumo de energía del uno o más consumidores se basa, al menos en parte, en una comparación del nivel de voltaje del bus de suministro de energía frente a un primer voltaje umbral.
3. El módulo de gestión de energía de la reivindicación 2, en donde al menos uno del uno o más consumidores es un consumidor no esencial, y en donde,
 - 20 si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía es mayor que el primer voltaje umbral, el módulo de gestión de energía está configurado para controlar el nivel de consumo de energía del consumidor no esencial a un primer nivel de energía; y si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía es menor que el primer voltaje umbral, el módulo de gestión de energía está configurado para controlar el nivel de consumo de energía del consumidor no esencial a un segundo nivel de energía, y en donde el primer nivel de energía es mayor que el segundo nivel de energía.
 - 25
4. El módulo de gestión de energía de la reivindicación 2, en donde:
 - el control del nivel de consumo de energía del uno o más consumidores se basa además, al menos en parte, en una comparación del nivel de voltaje del bus de suministro de energía frente a un segundo voltaje umbral, y en donde el primer voltaje umbral es mayor que el segundo voltaje umbral.
5. El módulo de gestión de energía de la reivindicación 4, configurado además para controlar el nivel de consumo de energía del uno o más consumidores entre un primer nivel de energía y un segundo nivel de energía,
 - 30 en donde el primer nivel de energía es mayor que el segundo nivel de energía.
6. El módulo de gestión de energía de la reivindicación 5, en donde al menos uno del uno o más consumidores es un consumidor no esencial de baja importancia, y en donde,
 - 35 si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía (180) es menor que el primer voltaje umbral, el módulo de gestión de energía está configurado para controlar el nivel de consumo de energía del consumidor no esencial de baja importancia al segundo nivel de energía, y en donde si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía (180) es mayor que el segundo voltaje umbral, el módulo de gestión de energía está configurado para controlar el nivel de consumo de energía del consumidor no esencial de baja importancia al primer nivel de energía.
7. El módulo de gestión de energía de la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en donde al menos uno del uno o más consumidores es un consumidor no esencial de alta importancia, y en donde,
 - 40 si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía (180) es menor que el segundo voltaje umbral, el módulo de gestión de energía está configurado para controlar el nivel de consumo de energía del consumidor no esencial de alta importancia al segundo nivel de energía, y en donde si el nivel de voltaje del bus de suministro de energía (180) es mayor que el segundo voltaje umbral, el módulo de gestión de energía está configurado para controlar el nivel de consumo de energía del consumidor no esencial de alta importancia al primer nivel de energía.
 - 45

8. El módulo de gestión de energía de cualquier reivindicación anterior, en donde el uno o más consumidores están acoplados al bus de suministro de energía (180) mediante uno o más conmutadores controlables (132, 134, 136, 138, 139) respectivos, y en donde el módulo de gestión de energía está configurado para controlar el uno o más conmutadores controlables para controlar el nivel de consumo de energía del uno o más consumidores.
- 5 9. El módulo de gestión de energía de la reivindicación 8, configurado además para:
- determinar un nivel de voltaje y/o una corriente en una entrada de cada uno del uno o más consumidores;
- en donde el control del nivel de consumo de energía del uno o más consumidores se basa además, al menos en parte, en el nivel de voltaje y/o corriente determinados en la entrada de cada uno del uno o más consumidores.
- 10 10. El módulo de gestión de energía de la reivindicación 9, en donde cada uno del uno o más conmutadores controlables comprende un transistor (710), y en donde
- el módulo de gestión de energía está configurado además para:
- cuando se controla un transistor (710) para acoplar un consumidor al bus de suministro de energía (180), controlar un nivel de conducción del transistor en base al nivel de voltaje y/o corriente determinados en la entrada del consumidor para proteger frente a la irrupción de corriente al consumidor.
- 15 11. El módulo de gestión de energía de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, configurado además para:
- cuando se controlan los conmutadores (132, 134, 136, 138, 139) de una pluralidad de consumidores para acoplar la pluralidad de consumidores al bus de suministro de energía, escalonar en el tiempo el acoplamiento de al menos algunos de los consumidores para proporcionar protección de sobrecarga para el bus de suministro de energía.
12. Un sistema de aerogenerador que comprende:
- 20 un bus de suministro de energía (180);
- uno o más consumidores (120) acoplados al bus de suministro de energía;
- el módulo de gestión de energía (110) de cualquier reivindicación anterior para controlar un nivel de consumo de energía de al menos uno del uno o más consumidores;
- 25 una fuente de energía primaria (150) acoplada al bus de suministro de energía para proporcionar un primer voltaje de suministro de energía; y
- una fuente de energía de respaldo (160) acoplada al bus de suministro de energía para proporcionar un segundo voltaje de suministro de energía en el caso de un fallo en la fuente de energía primaria, en donde el primer voltaje de suministro de energía es mayor que el segundo voltaje de suministro de energía.
- 30 13. El sistema de aerogenerador de la reivindicación 12, en donde la fuente de energía de respaldo (160) está configurada además para proporcionar o bien el segundo voltaje de suministro de energía o bien un tercer voltaje de suministro de energía al bus de suministro de energía, en donde el segundo voltaje de suministro de energía es mayor que el tercer voltaje de suministro de energía.
14. El sistema de aerogenerador de la reivindicación 13, en donde la fuente de energía de respaldo (160) comprende una batería (162) y en donde el sistema de aerogenerador está configurado además para controlar la
- 35 fuente de energía de respaldo para proporcionar o bien el segundo voltaje de suministro de energía o bien el tercer voltaje de suministro de energía al bus de suministro de energía en base, al menos en parte, a la energía restante almacenada en la batería.
15. Un método para controlar un nivel de consumo de energía de uno o más consumidores (120) que son dispositivos, componentes o sistemas dentro del sistema de aerogenerador que consumen energía eléctrica, en un
- 40 sistema de aerogenerador, el método que comprende:
- determinar un nivel de voltaje de un bus de suministro de energía (180) del sistema de aerogenerador; y
- controlar un nivel de consumo de energía del uno o más consumidores (120) acoplados al bus de suministro de energía en base, al menos en parte, al nivel de voltaje determinado del bus de suministro de energía, en donde
- 45 determinando el nivel de voltaje en el bus de suministro de energía, se hace una determinación de si un suministro de energía primario (150) o de respaldo (160) está proporcionando energía al bus de suministro de energía, y si se detecta que el suministro de energía de respaldo está proporcionando energía, se reduce el consumo de energía de los consumidores no esenciales y se mantiene la energía para los consumidores esenciales.

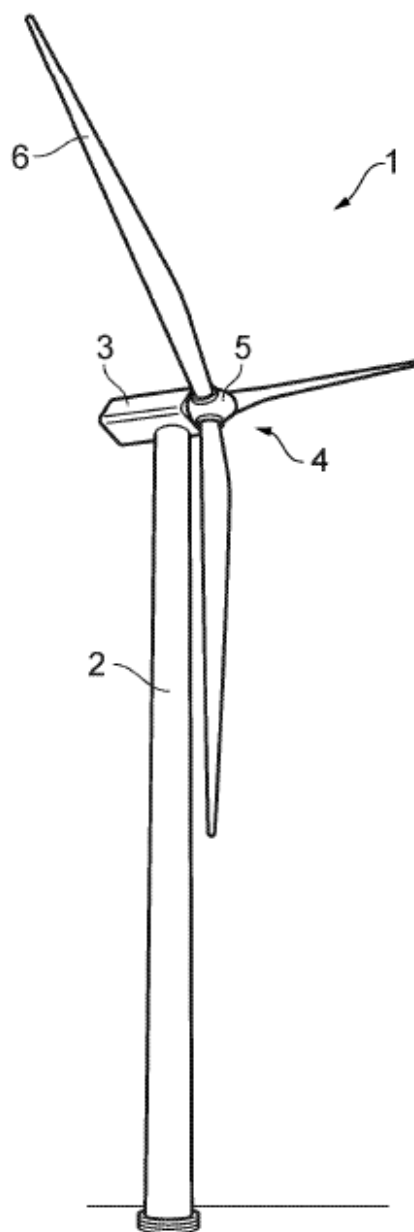


FIG. 1

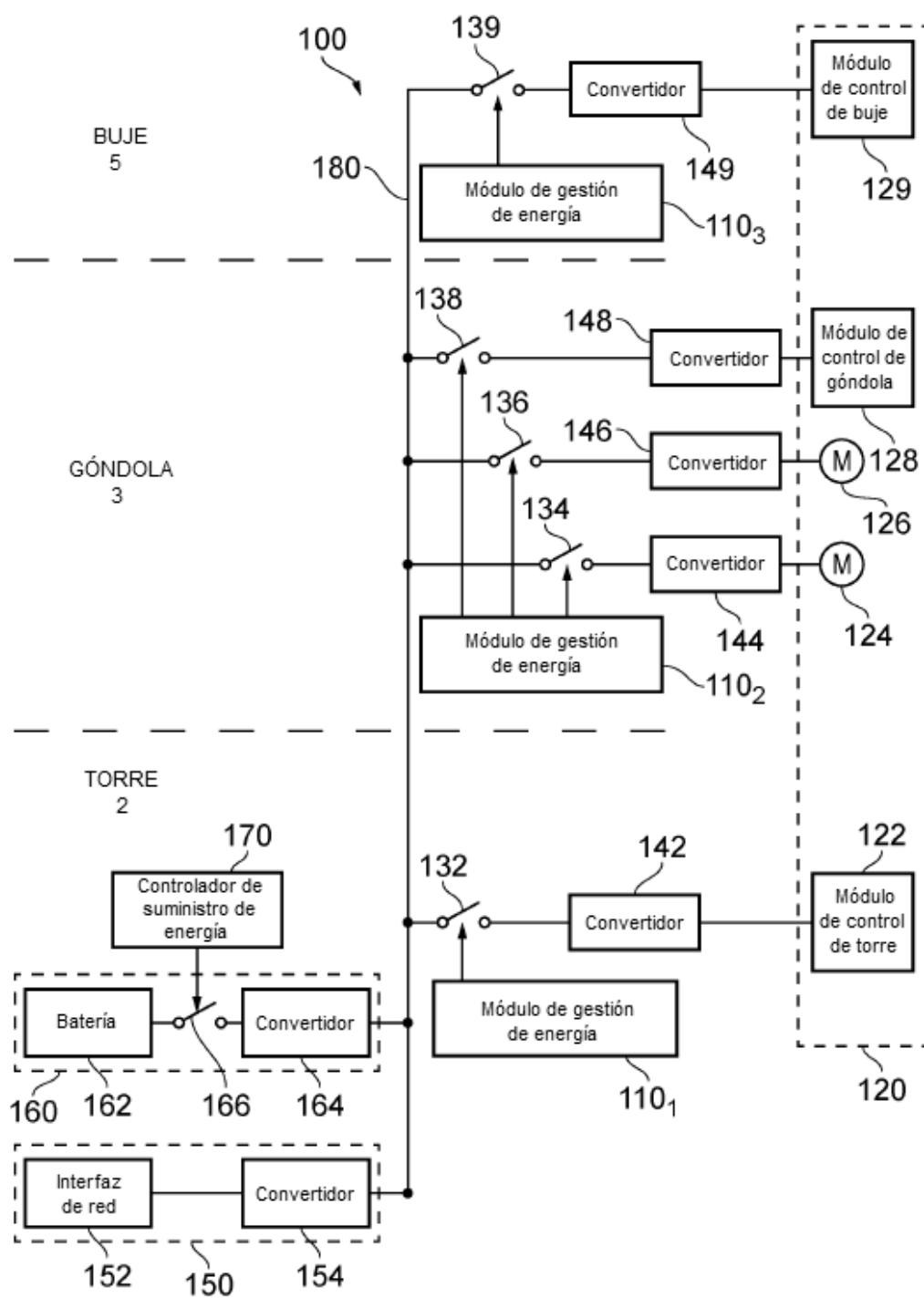


FIG. 2

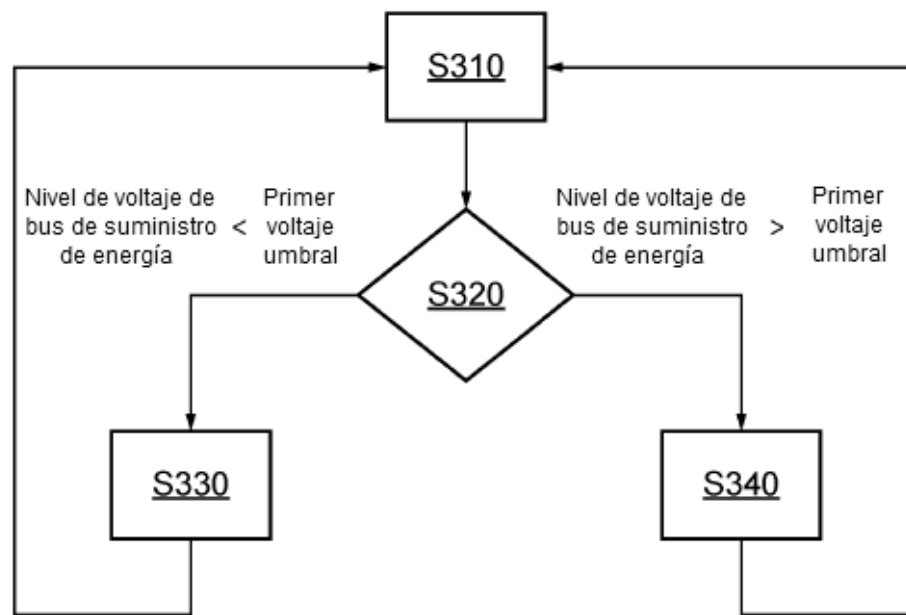


FIG. 3

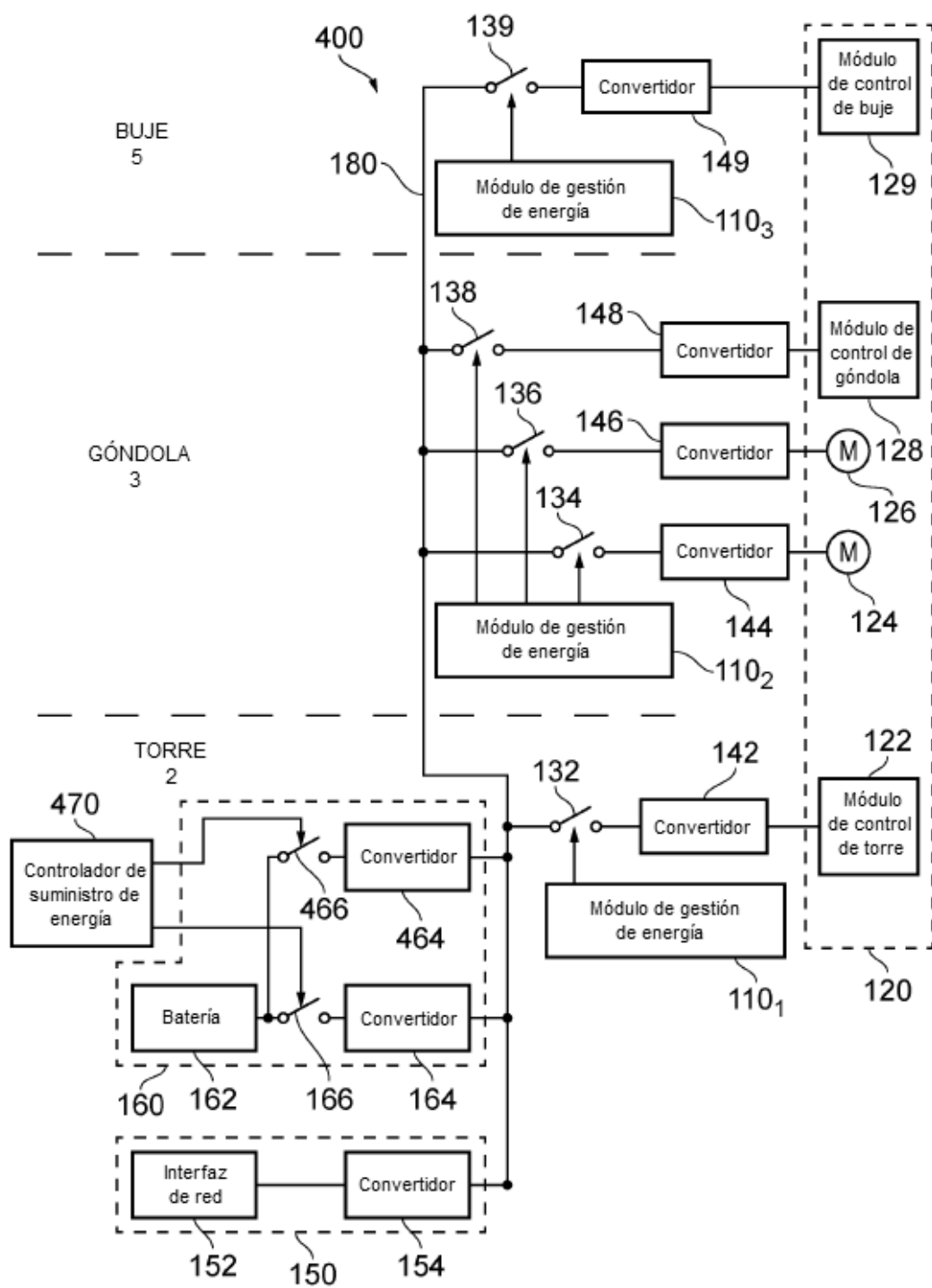


FIG. 4

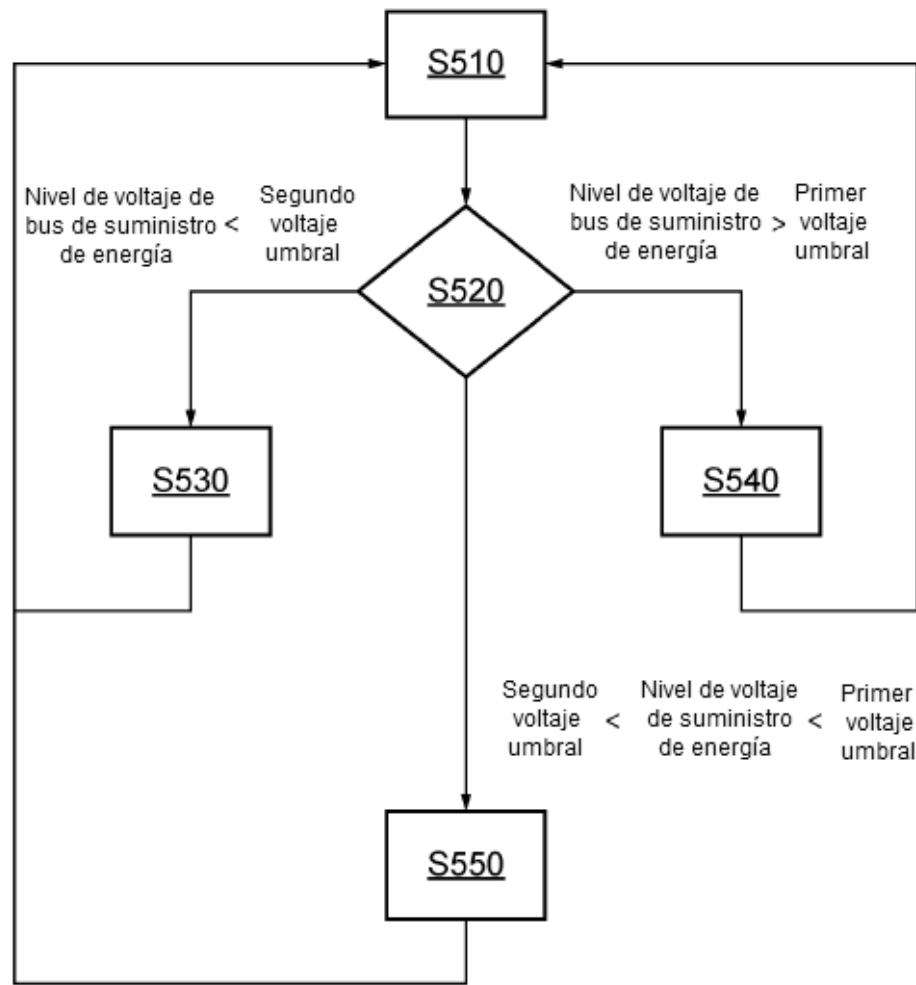


FIG. 5

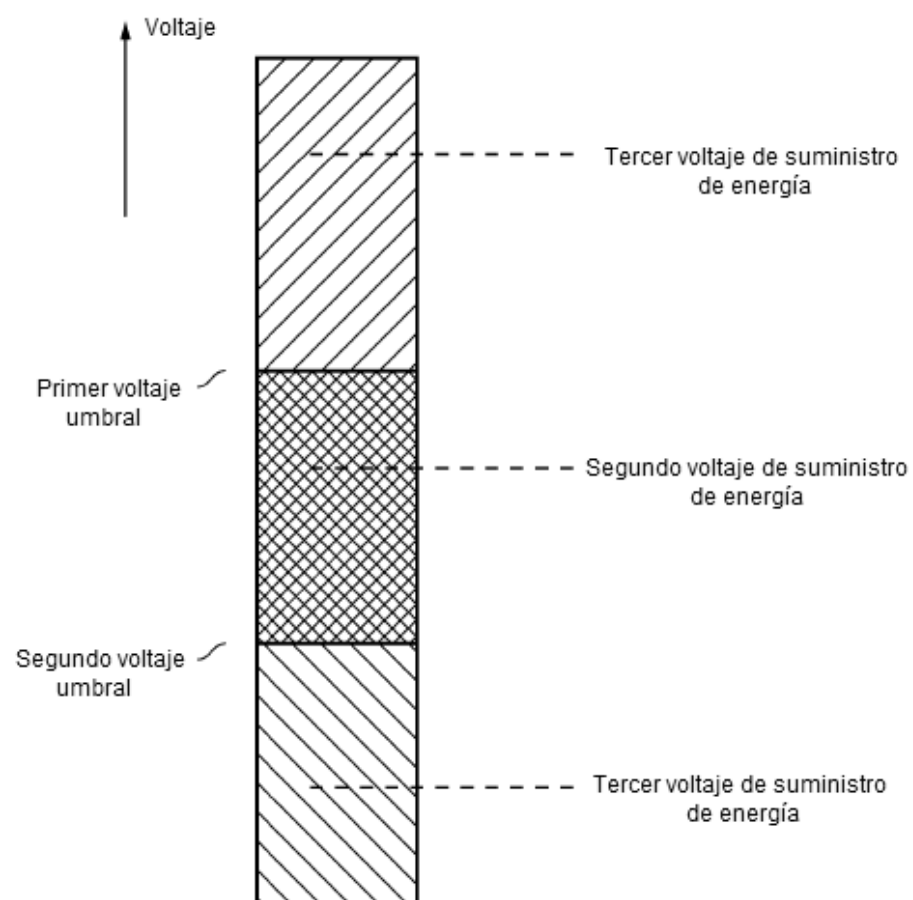


FIG. 6

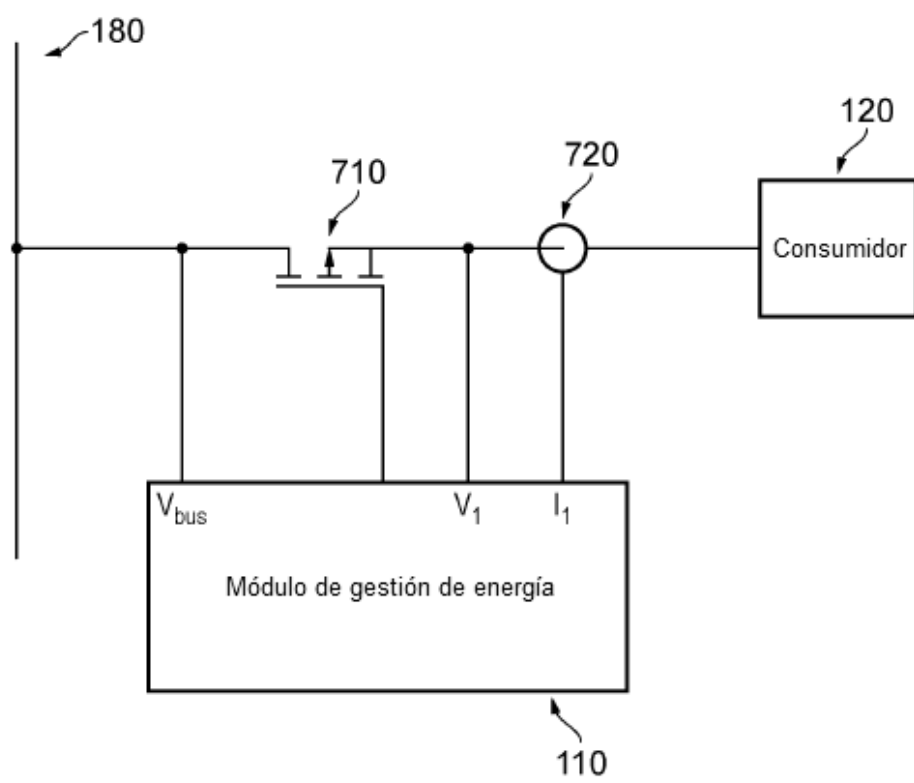


FIG. 7