

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 139**

51 Int. Cl.:

<b>H02J 3/38</b>	(2006.01)
<b>F03D 7/04</b>	(2006.01)
<b>F03D 9/00</b>	(2006.01)
<b>H02J 3/48</b>	(2006.01)
<b>H02J 3/50</b>	(2006.01)
<b>H02M 7/44</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.08.2015 PCT/EP2015/068098**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.03.2016 WO16041692**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2015 E 15747807 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 3195442**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el funcionamiento de una central eléctrica de capacidad fluctuante conectada, además de a una formadora de red y a al menos una corriente alterna, a una red de corriente alterna limitada**

30 Prioridad:

**15.09.2014 DE 102014113262**

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

**27.02.2020**

73 Titular/es:

**SMA SOLAR TECHNOLOGY AG (100.0%)  
Sonnenallee 1  
34266 Niestetal , DE**

72 Inventor/es:

**PREMM, DANIEL;  
MENDE, DENIS y  
SCHUETZ, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 745 139 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

Procedimiento y dispositivo para el funcionamiento de una central eléctrica de capacidad fluctuante conectada, además de a una formadora de red y a al menos una corriente alterna, a una red de corriente alterna limitada

## 5 Campo técnico de la invención

La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una central eléctrica de capacidad fluctuante conectada, además de a una formadora de red reguladora de tensión que proporciona potencia activa y potencia reactiva y a al menos una corriente alterna, a una red de corriente alterna limitada. En muchos casos, el funcionamiento de la central eléctrica de corriente alterna sirve para reducir el consumo de combustible de uno o más generadores de combustión, que sirven como formadores de red u otras fuentes de energía en la red de corriente alterna limitada mediante la aportación de energía de la central eléctrica de corriente alterna a la red.

La central eléctrica de capacidad fluctuante puede ser especialmente una central fotovoltaica, pero también, por ejemplo, una central eólica, de mareas o una central combinada de corriente alterna y electricidad. El término "fluctuante" en relación con la eficiencia de la central eléctrica significa que su eficiencia, es decir, su corriente alterna actual para suministrar energía eléctrica, está determinada por parámetros externos como la radiación solar, el volumen del viento, el rango de mareas, la demanda de corriente alterna, etc. y, por lo tanto, fluctúa, independientemente de la demanda actual de energía en una red limitada de corriente alterna a la que está conectada la central eléctrica.

En el caso de la red de corriente alterna limitada se trata, en particular, de la denominada red insular, que no está conectada a una red de corriente alterna estabilizadora de nivel superior. Sin embargo, la red conectada a la red de corriente alterna también puede presentar una conexión de potencia limitada a una red de corriente alterna de nivel superior. Por lo tanto, la red de corriente alterna limitada presenta, como máximo, una conexión de potencia limitada a una red de corriente alterna de nivel superior. En muchos casos, se tratará en el caso de la formadora de red de un generador de combustión permanentemente activado con una corriente alterna constante al nivel de su potencia nominal o máxima. Alternativamente, el diseño de la formadora de red también es posible con un generador hidroeléctrico o un inversor de batería.

Dependiendo de las necesidades de potencia de las cargas conectadas a la red de corriente alterna, un controlador de la fuente de alimentación activa frecuentemente en caso de necesidad, además de la formadora de red, al menos otra fuente de alimentación, en particular un motor de combustión interna. Normalmente, se prevén varias fuentes de energía que el controlador de la fuente de energía activa en número creciente según sea necesario. El controlador de la fuente de alimentación proporciona una potencia de reserva para que las fuentes de alimentación actualmente activadas puedan reaccionar con una mayor potencia de salida a aumentos a corto plazo en el consumo de energía de las cargas o a un consumo de energía adicional mediante la activación de cargas adicionales. Este rápido aumento del consumo de energía no se puede contrarrestar activando generadores de combustión adicionales.

Con cada fluctuación en el consumo de energía de las cargas, todas las formadoras de red que producen tensión tienen la tarea de mantener la tensión de red de corriente alterna estable en la red de corriente alterna, es decir, lo más constante posible con respecto a la amplitud y a la frecuencia.

La central eléctrica de capacidad fluctuante reduce el consumo de combustible de todos los generadores de combustión interna conectados a la red de corriente alterna limitada como fuentes de alimentación y cualquier otra demanda de energía de otras fuentes de alimentación conectadas a la red de corriente alterna limitada no cubiertas por fuentes de energía regenerativas, cubriendo parte del consumo de energía de las cargas conectadas. Hay que prestar atención a que la planta de energía de capacidad fluctuante no desestabilice la red de corriente alterna con una aportación de energía a la red de corriente alterna. Por ejemplo, una aportación incontrolada de energía de la planta de energía puede dar lugar a una aportación de energía a los generadores de combustión activados, lo que generalmente resulta en una desconexión de emergencia de los mismos. Como consecuencia se puede colapsar toda la red de corriente alterna.

En el caso de los generadores de combustión interna conectados a la red de corriente alterna como fuentes de energía se trata normalmente de generadores diesel, aunque también son posibles otras combinaciones de un motor de combustión interna y un generador, que aquí se denominan brevemente como generadores de combustión interna. Aunque los generadores diesel tengan un buen grado de eficiencia y una buena relación costo-beneficio cuando se utilizan adecuadamente, se necesitan unos segundos para que se activen lo suficiente como para alimentar la red de corriente alterna. En principio, la energía eléctrica aportada por las centrales fotovoltaicas se puede variar, por ejemplo, de forma más rápida, incluso de forma más rápida que con un generador de combustión ya activado afectado por momentos mecánicos de inercia considerables.

## ESTADO DE LA TÉCNICA

En la página Web [www.donauer.eu](http://www.donauer.eu) de Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH se describe un procedimiento para la explotación de una central fotovoltaica con el fin de reducir el consumo de combustible de un generador diésel mediante aportación de la energía de la central fotovoltaica. Se pretende que una así llamada gestión de energía

híbrida diesel de DONAUER garantice un suministro de energía estable, económico y sostenible sin necesidad de baterías como almacenamiento intermedio de energía eléctrica mediante el funcionamiento de un generador diésel en un punto de funcionamiento óptimo con una combustión eficiente de combustible. Sin embargo, no hay más información sobre la forma de conseguirlo.

5 Por el documento DE 10 2011 103 600 A1 se conoce un procedimiento para controlar una planta o máquina con el fin de hacer un uso óptimo de una fuente de energía. La planta o la máquina se pueden alimentar desde una central de energía fotovoltaica. Se pronostica el curso temporal de la producción de la planta de energía fotovoltaica, por lo que se proporciona un pronóstico de nubes basado en satélites. La planta o máquina se controla de manera que ejecute un proceso que se inicia en un punto de partida en el que al menos la mayor parte de la energía necesaria para el proceso es generada por la central de energía fotovoltaica.

10 Por el documento DE 10 2010 046 744 A1 se conoce un procedimiento para una central fotovoltaica de carga controlada en funcionamiento en isla. Desde una primera fuente de energía, que consiste en una disposición de módulos fotovoltaicos, y desde una segunda fuente de energía se introduce energía en una entrada de corriente continua de un inversor de isla, que en su salida suministra una carga de corriente alterna. La entrada de energía eléctrica se realiza únicamente con la primera fuente de energía, siempre que no se haya alcanzado un punto de máxima potencia en la curva característica corriente-voltaje de los módulos fotovoltaicos. Al alcanzar el punto de máxima potencia y un nuevo aumento de la carga de consumo de la carga de corriente alterna, los módulos fotovoltaicos siguen funcionando en el punto de máxima potencia, y la segunda fuente de energía aporta la energía que falta para el suministro completo de energía de la carga de corriente alterna. Esta segunda fuente de energía puede ser una red eléctrica pública o un generador de combustión.

15 En el documento DE 10 2011 106 877 A1 se describe un dispositivo con un generador fotovoltaico que se puede conectar a los terminales de entrada de un inversor. La salida del inversor se conecta a una red de suministro. La disposición también incluye una máquina asíncrona conectada en paralelo a la salida del inversor, que es accionada por un motor de combustión. El objetivo del dispositivo es el de permitir el uso de máquinas asíncronas que son más baratas que las máquinas síncronas y cuyo factor efectivo desfavorable  $\cos \phi$  es compensado por un control de potencia reactiva con IGBT regulado electrónicamente del inversor. Un generador de combustión interna con una máquina asíncrona conectada directamente a una red de corriente alterna no es adecuado como formadora de red. Por consiguiente, para cubrir el período entre el momento en que el operador de la red de alimentación solicita la potencia de la máquina síncrona y el momento en el que la máquina asíncrona suministra realmente la potencia solicitada después de que el motor de combustión haya arrancado, se prevé una batería que se puede conectar adicionalmente a la entrada del inversor.

20 Por el documento EP 1 323 222 B1 se conoce un procedimiento para explotar una red insular con al menos un primer generador de energía en forma de central eólica, una máquina síncrona como formadora de red y un elemento eléctrico como almacén intermedio. El parque eólico se regula de manera que siempre genere sólo la energía eléctrica necesaria, que consiste en el consumo de la energía eléctrica en la red y la energía necesaria para cargar el elemento eléctrico como dispositivo de almacenamiento intermedio. Un motor de combustión, que puede accionar la máquina síncrona a través de un acoplamiento, sólo se activa si la potencia del aerogenerador y/o el acumulador tampón eléctrico cae por debajo de un valor umbral preestablecido durante un período de tiempo predeterminado. Si el motor de combustión no está activado, la máquina síncrona funciona en modo motor, obteniendo su energía de accionamiento del aerogenerador. La máquina síncrona no sólo es una formadora de red, sino también un generador de potencia reactiva y de cortocircuito, un filtro de parpadeo y un regulador de tensión de la red de isla.

25 El documento US 2008/0278003 A1 revela un sistema para el suministro ininterrumpido de energía de una carga, que presenta una fuente de energía regenerativa en forma de una central de energía fotovoltaica y una batería como almacenamiento de energía eléctrica. El sistema mantiene el suministro de energía a la carga en caso de fallo de la red de corriente alterna, especialmente hasta que se active un generador de combustión interna como suministro de reserva.

30 Por la publicación C.A. Hernández-Aramburo et al.: "Fuel Consumption Minimization of a Microgrid", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 41, No. 3, p. 673-681, mayo/junio de 2005, se conoce un procedimiento para la operación de generadores fotovoltaicos y generadores eólicos conectados a una red de corriente alterna limitada, además de a una formadora de red anterior, a al menos un generador de combustión, el cual es activado o desactivado según las necesidades por un controlador de generadores, y a al menos una carga. Un modelo de optimización de costes con la condición secundaria de que una reserva de potencia actualmente disponible en la red de corriente alterna cumpla un valor mínimo fija la potencia disponible de los generadores fotovoltaicos y de los generadores eólicos en el 80 % y el 40 % de su potencia nominal, respectivamente. Con el fin de proporcionar una mayor demanda de energía, los generadores fotovoltaicos y eólicos que no requieren combustible se aceleran primero hasta sus potencias máximas actuales. Para proporcionar potencia de reserva y cubrir las necesidades de potencia que ya no pueden cubrirse sin combustible, los generadores de combustión se conectan en una combinación optimizada en cuanto a costes para las respectivas necesidades de potencia. Las potencias de los generadores fotovoltaicos y de los aerogeneradores se mantienen en su máxima potencia actual.

35 En la publicación Mendis et al.: "A Novel Control Strategy for Stand-Along Operation of a Wind Dominated RAPS System", 2011 IEEE Industry Application Society Annual Meeting, se revela una estrategia de control para mantener

el voltaje y la frecuencia de una sección remota de la red principalmente con energía eólica alimentada a la red dentro de los límites especificados mediante la compensación del suministro de energía activa y reactiva.

Por el documento EP 2 503 146 A1 se conocen un procedimiento y un dispositivo para controlar el funcionamiento de una planta generadora de energía durante la desconexión de una red de corriente alterna superior. En concreto, se trata de una central de generación de energía que comprende al menos un aerogenerador y del funcionamiento de la central de generación de energía en caso de fallo de la red de corriente alterna de nivel superior a la que se aporta energía de otro modo. Para esta operación, se conecta un generador externo mediante un cable a los equipos auxiliares del aerogenerador con el fin de proporcionar potencia activa a estos equipos auxiliares, como los actuadores de las palas del rotor del aerogenerador. A través de un transformador, el cable no sólo se conecta al equipo auxiliar, sino también a un inversor del aerogenerador correspondiente. El inversor proporciona potencia reactiva para operar el generador externo en un área estable del nivel PQ, es decir, dentro de la superficie formada por la posible potencia activa del generador aplicada por encima de la posible potencia reactiva del generador. El trasfondo consiste en que un generador diesel convencional puede volverse inestable por encima del 20% de potencia reactiva de su potencia nominal en caso de determinadas relaciones entre potencia activa y potencia reactiva y que un rango operativo aceptable en el nivel PQ se encuentra aproximadamente entre las líneas rectas que representan un factor de potencia de 1,0 y un factor de potencia de 0,8. Con ayuda de la potencia reactiva generada por el inversor del aerogenerador, el punto de funcionamiento del generador externo se mantiene dentro de este rango.

#### OBJETIVO DE LA INVENCION

La invención tiene por objeto proporcionar un procedimiento para el funcionamiento de una central eléctrica con capacidad eléctrica fluctuante conectada a una red de corriente alterna limitada, además de a una red de potencia activa y reactiva que emite tensión reguladora de la red y a al menos una carga, en la que, por una parte, se reduzca efectivamente la demanda de energía de la red y de otras fuentes de energía conectadas a la red de corriente alterna limitada que no estén cubiertas por fuentes de energía regenerativas, incluso sin el uso de baterías como almacenamiento intermedio para la energía eléctrica mediante la alimentación de la central eléctrica, pero en la que, por otra parte, también se establezca la red de corriente alterna limitada frente a las fluctuaciones en el consumo de energía de todas las cargas y en la producción de energía de la central eléctrica.

#### SOLUCION

La tarea de la invención se resuelve mediante un procedimiento con las características de la reivindicación independiente 1. Las reivindicaciones dependientes 2 a 12, y 14 están dirigidas a formas de realización preferidas del procedimiento según la invención. La reivindicación 13 se refiere a un dispositivo de control para el control según la invención de una central eléctrica. La reivindicación 15 se refiere a una central de energía fotovoltaica con un dispositivo de control según la invención.

#### DESCRIPCION DE LA INVENCION

En un procedimiento según la invención para el funcionamiento de una central eléctrica de capacidad eléctrica fluctuante que, además de a una red de potencia activa y de potencia reactiva que emite tensión y a al menos una carga, se conecta a una red de corriente alterna limitada, se define en el plano PQ un alcance de funcionamiento cerrado deseado de la formadora de red, en el que la formadora de la red es capaz de regular las fluctuaciones de una tensión de red alterna en la red de corriente alterna de manera especialmente eficaz. A continuación, se determina un punto de funcionamiento actual de la formadora de red en el nivel PQ y se controla una salida de potencia activa y reactiva de la central de manera que el punto de funcionamiento de la formadora de red se mantenga en el rango de funcionamiento deseado.

En el nivel PQ, la posible potencia activa de la formadora de red aplicada sobre la posible potencia reactiva de la misma forma una superficie. Dentro de esta superficie existen áreas operativas de la formadora de red en las que, en la medida de lo posible, no se opera. Pero incluso en las áreas de operación en las que básicamente se puede operar, existe un comportamiento diferente de la respectiva red en el caso de que se produzcan fluctuaciones de tensión y de frecuencia de la tensión de la red de corriente alterna en la red de corriente alterna. De este modo, se puede definir un alcance de funcionamiento de la formadora de red a nivel PQ, contrarrestando la formadora de red eficazmente las fluctuaciones de la tensión de red de corriente alterna que se producen en la red de corriente alterna, es decir, regulando eficientemente la tensión de red de corriente alterna dentro de lo posible, sin entrar en un estado de funcionamiento inestable. Según la invención, la formadora de red se mantiene en este rango operativo deseado con ayuda de la central eléctrica y su aportación de potencia activa y reactiva. De este modo, la central contribuye considerablemente a la estabilización de la red de corriente alterna.

Huelga decir que el rango de funcionamiento cerrado, en el que la formadora de red es capaz de regular las fluctuaciones de la tensión de red de corriente alterna en la red de corriente alterna de manera especialmente eficiente, no se tiene que definir necesariamente de forma gráfica en una aplicación de la potencia activa sobre la potencia reactiva de la formadora de red. Más bien, es suficiente definir el rango de funcionamiento deseado de la formadora de red en función de su potencia activa y de su potencia reactiva. Sin embargo, cada uno de estos rangos de operación se puede visualizar en el nivel PQ. Lo mismo es aplicable a la determinación del punto de operación de la formadora de la red. Incluso si el punto de funcionamiento actual se define de forma diferente a la directa por la

potencia activa y la potencia reactiva suministrada por la formadora de la red, el mismo se puede transferir al nivel PQ.

5 El hecho de que el alcance operativo deseado en el procedimiento según la invención esté cerrado puede significar, en particular, que el alcance operativo deseado no está limitado por el límite de potencia de la superficie que se extiende por la posible potencia activa de la formadora de red aplicada por encima de la posible potencia reactiva de la formadora de red, sino que sus límites se extienden a una distancia del límite de potencia de esta superficie, ya que en un punto operativo en el límite de potencia de la red de corriente alterna, la formadora de red ya no puede compensar las fluctuaciones en el voltaje de la red de corriente alterna que se producen debido al aumento de la demanda de potencia.

10 La posibilidad de variar la potencia activa y la potencia reactiva de la central eléctrica de manera que el punto de funcionamiento de la formadora de red pueda desplazarse y, por lo tanto, mantenerse en el rango de funcionamiento deseado, se da en varias centrales eléctricas conocidas, en particular mediante el control adecuado de sus inversores.

15 En principio, puede existir un punto de funcionamiento ideal para la formadora de la red desde el cual pueda regular las fluctuaciones de la tensión de red de corriente alterna de la red de corriente alterna con la máxima eficiencia. En principio también es posible que sólo se defina un entorno cercano de este punto de funcionamiento ideal como rango de funcionamiento deseado de la formadora de red. Sin embargo, es preferible definir el rango de funcionamiento deseado en dirección de la potencia activa lo más grande posible, con el fin de aportar la mayor cantidad de potencia activa posible a la red de corriente alterna con la central eléctrica, a fin de ahorrar la mayor cantidad de energía posible procedente de fuentes de energía no renovables. Por consiguiente, en una versión preferida del procedimiento según la invención, y mientras que el punto operativo de la red anterior permanezca en el rango operativo deseado, se maximiza la aportación de potencia activa de la central eléctrica.

20 En el procedimiento según la invención, la formadora de red puede ser un generador hidroeléctrico o un inversor de batería, por ejemplo, como alternativa a un generador de combustión interna. Un generador hidroeléctrico, en el que una máquina eléctrica es accionada por una turbina de agua, no consume energía no renovable, pero sólo es capaz de compensar eficientemente las fluctuaciones en el voltaje de la red de corriente alterna, si su punto de operación se mantiene dentro de un pequeño rango de operación deseado. En el caso de un inversor de batería como formadora de red, también hay que considerar el estado actual de carga de la batería conectada, lo que se puede hacer mediante un rango de funcionamiento deseado del inversor de batería en función del estado de carga. El rango de funcionamiento deseado del inversor de red tampoco tiene que ser fijo, pero puede determinarse en caso de influencias previsibles en la tensión de red de corriente alterna de la red de corriente alterna. Si, por ejemplo, es previsible que la demanda de potencia reactiva y/o activa vaya a cambiar en una dirección determinada, el alcance de funcionamiento deseado de la formadora de red se puede desplazar de antemano en la dirección opuesta con el fin de proporcionar una reserva de control adicional para regular la variación de la tensión de red de corriente alterna en la red de corriente alterna que se produce con la variación de la demanda de potencia.

25 En las formas de realización especialmente interesantes del procedimiento según la invención, se conecta al menos otra fuente de energía a la red de energía limitada, además de la formadora de red, que se activa o desactiva según las necesidades. En caso de necesidad, esta activación y desactivación también se lleva a cabo con la condición de que el punto de funcionamiento de la formadora de red se mantenga dentro del rango de funcionamiento deseado.

40 En el caso de que cualquier otra fuente de energía adicional sea activada o desactivada según las necesidades en el procedimiento según la invención, se puede tratar también de una fuente de energía conmutada por voltaje, es decir, una fuente de energía adicional de red. Se prefiere que todas las fuentes de alimentación de tensión sean del mismo tipo, es decir, que sean capaces de regular eficazmente las fluctuaciones de la tensión de red de corriente alterna en la red de corriente alterna que se producen en el mismo punto de funcionamiento en el nivel PQ, de modo que se pueda definir y mantener un rango de funcionamiento común deseado para todas las fuentes de alimentación de tensión. Sin embargo, las otras fuentes de alimentación también pueden ser, en todo o en parte, fuentes de alimentación de apoyo de tensión sin función de formación de red.

50 En términos concretos, en el procedimiento según la invención la al menos una fuente adicional de energía puede ser un motor de combustión interna. Sin embargo, la activación de un generador de combustión requiere algún tiempo hasta que sea capaz de alimentar la red de corriente alterna. Por lo tanto, la activación y desactivación de un generador de combustión interna según las necesidades no es adecuada para compensar las fluctuaciones de potencia a corto plazo y las consiguientes fluctuaciones en la amplitud y frecuencia de la tensión de red de corriente alterna en la red de corriente alterna. Por el contrario, se debe mantener una reserva de energía de todas las fuentes de energía ya activadas para esta compensación. Mantener el rango de operación deseado de la formadora de red puede ser suficiente para proporcionar esta potencia de reserva, porque en un punto de operación de la formadora de red dentro de este rango de operación deseado, su potencia al menos no se ha agotado completamente.

55 Si en el procedimiento según la invención se activa al menos otra fuente de energía por medio de un controlador de fuentes de energía, este controlador de fuente de energía en sí no se tiene que adaptar necesariamente al procedimiento según la invención. Más bien, el suministro de potencia activa de la central eléctrica se puede reducir hasta el punto de que al menos una u otra fuente de energía adicional se active por medio del controlador de la fuente de energía cuando el punto de operación de la formadora de la red abandona el rango de operación deseado

hacia el exterior, es decir, hacia potencias superiores. La potencia suministrada por la fuente de alimentación adicional recién activada desplaza de nuevo el punto de funcionamiento de la formadora de red hacia el interior.

5 Por el contrario, si el controlador de la fuente de alimentación desactiva la al menos una fuente de alimentación adicional, la entrada de energía de la central se puede aumentar hasta el punto de que el controlador de la fuente de alimentación desactive al menos una o incluso la otra fuente de alimentación adicional cuando el punto de funcionamiento de la formadora de la red abandona el rango de funcionamiento deseado hacia el interior, es decir, hacia potencias inferiores.

10 Con el procedimiento según la invención, la potencia de reserva actualmente disponible en la red eléctrica también se puede determinar de forma concreta, teniendo en cuenta únicamente las fuentes de potencia activadas. Si la potencia de reserva determinada cae por debajo de la potencia de reserva mínima, la alimentación de energía de la central eléctrica se puede reducir hasta el punto de que al menos una u otra fuente de energía adicional se active por medio del controlador de la fuente de energía. De esta manera, se garantiza la reserva de potencia mínima, además del mantenimiento de la formadora de red en el rango de funcionamiento deseado.

15 La reserva de energía mínima es un valor preestablecido que puede ser fijo, pero que también se puede predeterminar en función de la demanda actual de potencia de reserva. En lo que sigue se pueden encontrar más detalles. Mediante la activación de cada fuente de alimentación adicional aumenta la potencia de reserva disponible en la red de corriente alterna, con lo que ya se puede haber alcanzado el objetivo de proporcionar la potencia de reserva mínima. Sin embargo, para lograr este objetivo es posible que se tenga que activar más de una fuente de energía adicional.

20 La activación de la(s) fuente(s) de energía adicional(es) para el mantenimiento de la reserva de energía mínima, así como para mantener el punto de operación de la red en el rango de operación deseado, se provoca mediante la variación de la entrada de energía de la planta de energía. De este modo, el controlador de la fuente de alimentación "ve" una mayor carga a cubrir, que es la diferencia entre la suma del consumo de energía de todas las cargas conectadas a la red de corriente alterna, por un lado, y la energía suministrada por la central eléctrica, por otro lado.  
 25 Dado que el controlador de la fuente de energía también mantiene una reserva de energía mínima, activa debidamente una o más fuentes de energía adicionales. Puede ser ventajoso que el controlador de la fuente de potencia parta aproximadamente de la misma potencia de reserva mínima que se tiene en cuenta en la operación de la central eléctrica según la invención. No obstante, en el funcionamiento según la invención de la central eléctrica no se interviene en el control de la fuente de potencia en sí. Sólo es necesario saber cuáles son las fuentes de energía actualmente activadas, qué potencia máxima podrían proporcionar estas fuentes de energía y cuánta energía aportan todas las fuentes de energía actualmente a la red de corriente alterna. Esto es un requisito previo para determinar la potencia de reserva actualmente disponible en la red de corriente alterna.

30 Con esta forma de realización del procedimiento según la invención, para el funcionamiento de la central eléctrica también se puede aumentar la entrada de potencia de la central eléctrica, si la potencia de reserva determinada excede de una potencia de reserva máxima, hasta el punto de que el controlador de la fuente de alimentación desactive al menos una o más fuentes de alimentación. Sin embargo, al menos una fuente de alimentación utilizada como formadora de red permanece en todo momento activa.

35 La potencia de reserva máxima también puede ser un valor fijo o determinarse en función de la potencia de reserva requerida actualmente. Además, si se desactiva una de las fuentes de energía previamente activadas, no se interfiere en el control del generador, sino que se indica al controlador de la fuente de energía una carga reducida que debe cubrir y que provoca una desactivación de la fuente de energía por su parte. De esta manera, las fuentes de energía que actualmente no son necesarias se desactivan en favor de una mayor entrada de energía de la central eléctrica. Esto también puede comprender la desactivación simultánea, o en intervalos cortos, de varias fuentes de energía.

40 En general, con el procedimiento según la invención se procura que siempre se activen cuantas fuentes de energía sean necesarias para proporcionar una potencia de reserva razonable, pero no más fuentes de energía que las necesarias, con el fin de maximizar la entrada de energía de la central eléctrica dentro del marco de la operación estable de la red de corriente alterna. La consecuencia inmediata de este enfoque es que, con más energía disponible en la central, todas las fuentes de energía actualmente activadas se utilizan, en la medida de lo  
 45 razonablemente posible, sólo para proporcionar energía de reserva, pero no para alimentar realmente la red de corriente alterna. La carga a soportar por todas las fuentes de alimentación sólo tiene que mantenerse tan alta que el controlador de la fuente de alimentación no desconecte ninguna de las fuentes de alimentación activas, lo que reduciría la potencia de reserva disponible, y que los puntos de funcionamiento de todos los formadores de la red se mantengan en su rango de funcionamiento deseado.

50 En otras palabras, si la potencia de reserva determinada se encuentra en el rango entre la potencia de reserva mínima y máxima, se puede maximizar la potencia de entrada de la central observando el criterio de que el controlador de la fuente de energía no desactive ninguna de las otras fuentes de energía.

55 Como ya se ha indicado, en el procedimiento según la invención se registra preferiblemente el consumo de energía de todas las cargas de la red de corriente alterna. Esto se puede llevar a cabo midiendo directamente los componentes individuales del consumo de energía o registrando los componentes individuales de la potencia de salida de todas las fuentes de energía, de la central eléctrica y de la formadora de la red.

La potencia de reserva mínima y también la potencia de reserva máxima se pueden calcular utilizando un porcentaje del consumo de potencia actual de todas las cargas como sumando. Esto significa que en el procedimiento según la invención, la potencia de reserva mínima y/o máxima puede aumentar con el aumento del consumo de energía de todas las cargas, porque las variaciones esperadas en el consumo de energía pueden ser proporcionales al consumo de energía.

En el procedimiento según la invención, además de la potencia de salida actual, también se puede registrar la capacidad actual de la central eléctrica. La diferencia entre la potencia actual y la capacidad actual de la central se puede considerar, al menos en parte, como la capacidad de reserva disponible en la actualidad.

La potencia de reserva mínima y/o la potencia de reserva máxima pueden comprender un porcentaje de la potencia de salida actual de la central eléctrica en forma de sumando, porque generalmente se teme un colapso de esta potencia, por ejemplo debido a la formación de una nube. El hecho de que tal caída de potencia sea relativamente improbable si la potencia actual está muy por debajo de la capacidad actual ya se tiene suficientemente en cuenta, por ejemplo, si la diferencia entre estos dos valores se incluye en la potencia de reserva disponible actualmente. En principio, esta consideración también se puede hacer en relación con la potencia de reserva mínima y/o la potencia de reserva máxima.

Además, la potencia de reserva mínima y/o la potencia de reserva máxima se pueden calcular teniendo en cuenta factores o sumandos dependientes del tiempo que, por ejemplo, reflejan fluctuaciones particularmente grandes en el consumo de energía de todas las cargas a determinadas horas del día.

En el caso de la potencia de reserva máxima también se debe tener en cuenta en cuánto disminuye la potencia de reserva actualmente disponible si se desactiva una de las fuentes de potencia actualmente activas. Por ejemplo, la potencia de reserva máxima puede calcularse como la suma de la potencia de reserva mínima y de la potencia máxima de la fuente de potencia adicional actualmente activa, que sería la primera en ser desactivada por el controlador del generador, multiplicada por un factor de estabilización superior a 1, de modo que después de desactivar esta fuente de potencia con la potencia de reserva actualmente disponible, no caiga inmediatamente por debajo de la potencia de reserva mínima.

Con el procedimiento según la invención, la alimentación de energía de la central eléctrica también se puede reducir de manera que se evite un déficit a largo plazo de una potencia mínima y un déficit de una potencia de salida de cero para todas las fuentes de energía. Esta potencia mínima de salida de una fuente de energía es la potencia de salida a partir de la cual es posible el funcionamiento correcto, especialmente con una combustión limpia del combustible en un motor de combustión interna, lo cual es un requisito previo para una larga vida útil y largos intervalos de mantenimiento de la fuente de energía. Puede haber situaciones en las que el controlador de la fuente de alimentación no pueda evitar que la potencia mínima de salida de una o más fuentes de alimentación se quede corta a largo plazo porque, por ejemplo, por haberse establecido un tiempo mínimo de activación para las fuentes de alimentación o porque las fuentes de alimentación no se puedan cortar para mantener la reserva de potencia mínima que tiene en cuenta el controlador de la fuente de energía. En estas condiciones límite, puede tener sentido no maximizar la potencia suministrada por la central, sino incluso reducirla para mantener el punto de funcionamiento de la red en el rango de funcionamiento deseado y optimizar el sistema global.

Según la invención, la rápida regulabilidad de la potencia suministrada por la central eléctrica se puede aprovechar especialmente para evitar cualquier diferencia inferior de una potencia de salida de cero, es decir, el consumo de energía en todas las fuentes de energía excepto en los inversores de batería. Este consumo de energía, por ejemplo, suele dar lugar a una parada de emergencia de los generadores de combustión. Si se utiliza un generador de combustión interna como formadora de red, su parada provoca un colapso de toda la red de corriente alterna.

Un dispositivo de control según la invención para el control de una central eléctrica de eficiencia eléctrica fluctuante se caracteriza por haber sido diseñado para la realización de un procedimiento conforme a la invención. Esto incluye que comprenda su propio equipo de medición para registrar los valores medidos y otra información que necesite, siempre que no pueda obtener estos valores de medición y la información del sistema de control del generador. Se pueden prever, por ejemplo, sensores de vibración sencillos en los generadores de combustión individuales como fuentes de energía adicionales para registrar cuáles de ellos están activados en ese momento. Adicionalmente se tiene que registrar directa o indirectamente al menos el consumo de energía de todas las cargas de la red de corriente alterna. Si se dispone de las salidas de corriente de cada una de las fuentes de alimentación, ya queda claro cuáles están activadas en ese momento y, por lo tanto, sólo se necesitan adicionalmente los valores de la central eléctrica a la que está conectado el dispositivo de control.

La central eléctrica de capacidad eléctrica fluctuante operada de acuerdo con la invención puede ser una central eólica, de marea o de cogeneración. En particular, se trata de una central de energía fotovoltaica. Una central de energía fotovoltaica según la invención presenta un dispositivo de control conforme a la invención.

Otras formas de realización ventajosamente perfeccionadas de la invención resultan de las reivindicaciones, de la descripción y de los dibujos. Las ventajas de las características y las combinaciones de varias características mencionadas en la descripción sólo ese indican a modo de ejemplo y se pueden utilizar de forma alternativa o acumulativa, sin que las ventajas tengan que lograrse necesariamente mediante formas de diseño orientadas a la invención. Sin alterar el objeto de las reivindicaciones adjuntas, se aplica lo siguiente con respecto al contenido de revelación de los documentos de solicitud originales y de la patente: se pueden deducir otras características de los

dibujos, en particular de las disposiciones relativas y las conexiones activas de varios componentes representados. La combinación de características de diferentes formas de realización de la invención o de características de diferentes reivindicaciones también es posible, desviándose de las referencias de las reivindicaciones elegidas y, por la presente, se fomenta. Esto también se refiere a las características que se muestran en dibujos separados o que se mencionan en su descripción. Estas características también se pueden combinar con las características de diferentes reivindicaciones. Asimismo, las características enumeradas en las reivindicaciones se pueden omitir en relación con otras formas de realización de la invención.

Las características mencionadas en las reivindicaciones y en la descripción deben entenderse en términos de su número, de tal manera que esté disponible exactamente este número o un número mayor que el número mencionado, sin que se requiera el uso explícito de la expresión adverbial "al menos". Así, por ejemplo, si hablamos de "un elemento", hay que entender que existe exactamente un elemento, dos elementos o más elementos. Esto también se aplica si en el mismo contexto se habla de "al menos otro elemento" además de "un elemento". Estas características pueden complementarse con otras características o pueden ser las únicas de las que se componga el respectivo producto.

Las referencias contenidas en las reivindicaciones no constituyen ninguna limitación del alcance de los objetos protegidos por las reivindicaciones. Las mismas sirven únicamente para facilitar la comprensión de las reivindicaciones.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

En lo siguiente, la invención se explica y describe más detalladamente a la vista de las figuras adjuntas.

La Figura 1 muestra un esquema de circuito de una red aislada a la que se conecta una central fotovoltaica, además de una formadora de red en forma de generador de combustión, otras fuentes de energía en forma de generadores de combustión y varias cargas.

La Figura 2 muestra diferentes rangos de funcionamiento de la formadora de red según la figura 1 en una representación del nivel PQ estandarizado a su potencia nominal.

La Figura 3 corresponde a un diagrama de flujo para la ejecución de una forma de realización del procedimiento según la invención.

La Figura 4 muestra una aplicación de un curso temporal de una potencia media  $\bar{P}_{out_{Baj}}$  de los generadores de combustión según la figura 1 y

la Figura 5 representa un diagrama de flujo para realizar una rutina adicional del procedimiento según la invención.

#### DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Una red de corriente alterna 1 representada esquemáticamente en la figura 1 es una red de isla 2, es decir, una red de corriente alterna limitada sin conexión a una red de corriente alterna externa con un rendimiento casi ilimitado en comparación con el consumo de energía en la red de corriente alterna. A la red de corriente alterna 1 se conecta una formadora de red 3, que regula la frecuencia y la amplitud de una tensión de red alterna en la red de corriente alterna 1. En el caso de la formadora de red 3 se trata de una fuente de energía 4 en forma de generador de combustión interna. Por un generador de combustión interna se entiende la combinación de un motor de combustión interna, en particular un motor diesel, con una máquina eléctrica que funciona como generador. Otras fuentes de alimentación 5 conectadas a la red de corriente alterna 1 son aquí también generadores de combustión, y se activan y desactivan en caso de necesidad por medio de un controlador de fuente de alimentación 6, es decir, en dependencia de la potencia ofrecida en la red de corriente alterna 1 o del consumo de energía de las cargas 7 conectadas a la red de corriente alterna 1. Además, la potencia de salida de todas las fuentes de potencia activadas 4, 5 se modifica según las necesidades. Esto se puede llevar a cabo con ayuda de dispositivos de control de cada una de las fuentes de alimentación 5, que se coordinan de manera que la potencia total de salida se distribuya uniformemente entre todas las fuentes de alimentación activadas 4, 5.

Para reducir el consumo de combustible de todos los generadores de combustión interna o, más en general, el consumo de energía no renovable de todas las fuentes de energía 4 y 5, se prevé una central eléctrica 8 que aporta energía eléctrica procedente de los generadores fotovoltaicos 9 a través de uno o más inversores 10 a la red de corriente alterna 1. La potencia suministrada por la central 8 es determinada por un dispositivo de control 11 de forma que se obtenga un funcionamiento optimizado de todo el sistema mostrado en la figura 1. Este funcionamiento optimizado destaca, entre otras cosas, por las siguientes características:

- En cualquier momento, un punto de funcionamiento de la formadora de red 3 y de todas las fuentes de alimentación de regulación de tensión 5 activadas simultáneamente se encuentra dentro de un rango de funcionamiento deseado en el que las fuentes de alimentación 4, 5 son capaces de regular eficientemente las fluctuaciones de la tensión de red de corriente alterna en la red de corriente alterna 1.

- En todo momento se dispone de suficiente potencia de reserva, especialmente de las fuentes de alimentación 4 y 5, pero también, según el diseño, con inclusión de la central eléctrica 8, para cubrir los aumentos previstos en el consumo de energía de las cargas 7. De conformidad con el aprovechamiento



actual de la capacidad de la central 8, esta energía de reserva también se puede utilizar para compensar colapsos en la producción de energía de la central 8 causados, por ejemplo, por la formación de una nube.

- Ninguna de las fuentes de energía 4, 5 funciona durante un largo período de tiempo por debajo de la potencia mínima requerida para una combustión limpia del combustible y, por consiguiente, para un funcionamiento de bajo mantenimiento de los generadores de combustión utilizados como fuentes de energía 4, 5.
- A ninguna de las fuentes de energía 4 y 5 se aporta energía, lo que estaría asociado al riesgo de daño a las respectivas fuentes de energía y normalmente conduciría a una desconexión inmediata del generador de combustión. Si se desconectara el generador de combustión interna de la fuente formadora de red 3, se produciría un colapso en la red de corriente alterna 1.
- En las condiciones indicadas, una cantidad máxima de energía eléctrica procedente de la central 8 se introduce en la red de corriente alterna 1, con lo que se ahorra una cantidad máxima de combustible en los generadores de combustión que sirven como fuentes de energía 4, 5.

La potencia aportada por el inversor 10 de la central 8 se puede variar muy rápidamente, por lo que el dispositivo de control 11 también puede compensar las fluctuaciones a muy corto plazo en el consumo de potencia de las cargas 7, como se muestra en la figura 1, siempre y cuando éstas no lleguen a ser tan grandes que excedan la capacidad actual de la central 8. Estas fluctuaciones a corto plazo en el consumo de energía no afectan a los generadores de combustión que sirven como fuentes de energía 4, 5, que sólo pueden compensar las fluctuaciones más lentas de la energía debido a sus momentos mecánicos de inercia. De esta manera, las fuentes de energía 4 y 5 se someten generalmente, con la ayuda de la central 8, a menos cargas, obteniéndose así ventajas adicionales para el sistema global de acuerdo con la figura 1, aunque la capacidad de la central 8 se aproveche en la mayoría de los casos sólo en parte. Sin embargo, las fluctuaciones mayores en el consumo de energía de las cargas 7 y las fluctuaciones resultantes en la amplitud y frecuencia de la tensión de red de corriente alterna en la red de corriente alterna 1 sólo se pueden compensar con la participación de las fuentes de alimentación 4, 5. Para que esto se haga de forma eficiente es preciso que al menos todas las formadoras de red 3 que generan tensión, y por lo tanto en particular la red, se encuentren dentro de un rango de operación que sea favorable para regular las fluctuaciones en el voltaje de la red de corriente alterna.

El rango de funcionamiento que debe mantenerse para la regulación de las variaciones de la tensión de red de corriente alterna por parte de todas las fuentes de alimentación de tensión 4, 5 no se definirá únicamente en base a la potencia activa de salida de las fuentes de alimentación 4, 5, sino que se determinará tanto en relación con la potencia activa de salida como con la potencia reactiva de salida. La figura 2 representa la aplicación de la potencia activa P sobre la potencia reactiva Q de un generador de combustión interna utilizado como formadora de red 3, es decir, aquí específicamente de una máquina síncrona accionada, por ejemplo, por un motor diesel. Las unidades, en las que se especifican la potencia reactiva Q y la potencia activa P, son proporciones relativas de la potencia nominal o máxima del generador de combustión. En otras palabras, en el caso de la figura 2 se trata de una representación del nivel PQ normalizado a la potencia nominal del generador de combustión. El rango negativo del eje x en la dirección de la potencia reactiva Q corresponde a un ángulo de fase negativo entre la tensión y la corriente, con el que la corriente se adelanta a la tensión en la red de corriente alterna, mientras que el rango positivo del eje x corresponde a un ángulo de fase positivo con tensión que se adelanta a la corriente. Las líneas rectas que se desarrollan radialmente desde el origen a través de cada uno de los dos cuadrantes del plano PQ corresponden a factores de potencia de 0,4 y 0,8. En un rango de operación 21 del generador de combustión interna, la tensión de red de corriente alterna proporcionada por éste es inestable. En un rango de funcionamiento de 22 amenaza un sobrecalentamiento de su máquina eléctrica. Entre los mismos se encuentran los rangos de funcionamiento de 23 a 25, en los que la tensión de red proporcionada por el motor de combustión interna es especialmente estable en el rango de funcionamiento de 24 con un ángulo de fase negativo máximo pequeño hasta un ángulo de fase positivo con un factor de potencia de 0,8. Dentro del rango de funcionamiento 24 se ha trazado el rango de funcionamiento deseado 26. Si el generador de combustión interna se encuentra dentro de este rango operativo deseado 26, tiene la máxima capacidad para compensar eficazmente las fluctuaciones de la tensión de red de corriente alterna en la red de corriente alterna 1, dado que los desplazamientos de su punto operativo 27 que se produzcan no darán lugar a que se alcance un rango operativo desfavorable 21, 22 ni el límite de potencia 28 que incluye todos los demás rangos operativos 21 a 26. En el procedimiento según la invención, el punto operativo 27 de la formadora de red 3 se mantiene en el rango deseado 26 con ayuda de la aportación de potencia activa y potencia reactiva con la central eléctrica 8. Dado que en el caso de fuentes de potencia similares 4, 5 la potencia se distribuye uniformemente entre todas las fuentes de potencia 4, 5, todos los demás generadores de combustión activados con su punto de operación 27 también se encuentran en el rango deseado 26 del nivel PQ. Así se consigue una alta capacidad global para la regulación efectiva de las fluctuaciones de la tensión de red de corriente alterna en la red de corriente alterna 1. El mantenimiento del punto de funcionamiento 27 de todas las fuentes de alimentación 4, 5 en el rango deseado 26 también significa que siempre hay suficiente reserva de energía disponible de las fuentes de alimentación 4, 5 para satisfacer las necesidades de energía fluctuantes de las cargas 7.

El diagrama de flujo esbozado en la figura 3 muestra la secuencia básica del procedimiento según la invención. Después del arranque, se define el rango de funcionamiento deseado 26. Se puede tratar de un rango de operación fijo para la constelación respectiva de la red de corriente alterna 1, o este rango de operación de adapta a la

respectiva situación de operación. A continuación se determina el punto de funcionamiento actual 27 de la formadora de red 3 o de todas las fuentes de alimentación 4, 5 que generan tensión. Mientras el punto de operación 27 esté dentro del rango de operación deseado 26, la potencia activa  $P$  de la planta fotovoltaica se incrementa para maximizar la energía no renovable ahorrada por la central 8, ya que no es consumida por las fuentes de energía 4, 5. Si, por el contrario, el punto de operación 27 no se encuentra dentro del rango de operación deseado 26, la potencia activa  $P$  y/o la potencia reactiva  $Q$  aportada a la red corriente alterna 1 por la central fotovoltaica, el punto de operación 27 se cambia de manera que vuelva al rango de operación deseado 26. El cambio de la potencia activa  $P$  de la central fotovoltaica 8 se puede utilizar no sólo para desplazar directamente el punto de funcionamiento 27 de la formadora de red 3, sino también para que el controlador de la fuente de alimentación 6 active y desactive fuentes de alimentación 5, con lo que se produce el desplazamiento deseado del punto de funcionamiento 27 al rango de funcionamiento deseado 26. De este modo, una potencia media, es decir, una potencia promediada en todas las fuentes de alimentación 5, se mantiene ya dentro de límites ventajosos tanto en términos de su componente de potencia activa como de su componente de potencia reactiva. Adicionalmente, la potencia de reserva, disponible para la alimentación de las cargas 7 conectadas a la red de corriente alterna 1, también se puede controlar por separado y, en caso necesario, reajustar.

La figura 4 muestra la evolución temporal de una salida de potencia media  $P_{out_{Baj}}$  de todas las fuentes de potencia actualmente activadas 4 y 5 según la figura 1. Además de esta potencia media, se indican en la figura 4 una potencia máxima  $P_{max}$  y una salida de potencia mínima  $P_{min}$  para mostrar los límites dentro de los cuales debe mantenerse siempre la potencia media  $P_{out_{Baj}}$ . Por otra parte, se introducen un  $P_{on}$  de potencia y un  $P_{off}$  de potencia, que indican la carga máxima de las fuentes de potencia y la carga mínima de las fuentes de potencia en las que el control de la fuente de potencia 6 activa una fuente de potencia adicional de acuerdo con la figura 1 o desactiva una de las fuentes de potencia actualmente activas. En el ejemplo basado en la figura 2 se supone que los valores de  $P_{max}$ ,  $P_{min}$ ,  $P_{on}$  y  $P_{off}$  son los mismos para todas las fuentes de alimentación 4 y 5 según la figura 1.

El curso de  $P_{out_{Baj}}$  se muestra en la figura 4 una vez con una línea continua para ilustrar la situación que ocurriría sin la alimentación de energía de la central eléctrica 8 según la figura 1. La línea de puntos representa el curso de  $P_{out_{Baj}}$ , que se produce cuando la energía se aporta desde la central 8 de forma controlada por el dispositivo de control 11 conforme a la figura 1.

En un período inicial entre un tiempo  $t_0$  y un tiempo  $t_1$ , la potencia media de salida  $P_{out_{Baj}}$  sin el apoyo de la central eléctrica estaría muy por debajo de  $P_{on}$ , pero también muy por encima de  $P_{off}$ . Esto significa que hay suficiente reserva de potencia entre  $P_{out_{Baj}}$  y  $P_{max}$ , lo que se ilustra aquí por medio de la distancia 12. La distancia 12 no es directamente la reserva de potencia en la red de corriente alterna 1 según la figura 1, sino que debe multiplicarse por el número de fuentes de potencia activas actualmente. Además, tampoco considera ninguna reserva de energía de la central 8. Al alimentarse adicionalmente de la central 8,  $\bar{P}_{out_{Baj}}$  se reduce a un valor sólo ligeramente superior a  $P_{off}$ . Esta potencia de la central queda ilustrada por la distancia 13, que, sin embargo, también debe multiplicarse por el número de fuentes de energía activas para reflejar la aportación de energía de la central en su conjunto. Sin embargo, la distancia 13 indica cuánto combustible puede ahorrar la central eléctrica en cada generador de combustión activa que sirve de fuente de energía.

Después del tiempo  $t_1$ , aumenta el consumo de energía de las cargas y, por lo tanto, la potencia de salida de las fuentes de alimentación de la red de corriente alterna.  $\bar{P}_{out_{Baj}}$  supera el valor de  $P_{on}$  sin tener en cuenta la central eléctrica. Esto indica que se debe activar otra fuente de energía para mantener la reserva de energía necesaria. Para asegurar que esta señal no se suprima en el controlador del generador 6 según la figura 1, la entrada de energía de la central eléctrica se cancela mediante el dispositivo de control 11. En este caso, el suministro se reduce incluso a cero. Esto equivale al hecho de que la potencia de la central 8 no está incluida en la reserva de potencia (lo que, sin embargo, podría hacerse en principio). Si se supera el valor de  $P_{on}$  y se activa una fuente de alimentación adicional 5, la potencia media de salida  $\bar{P}_{out_{Baj}}$  de todas las fuentes de alimentación disminuye, con lo que es inferior de forma estable a  $P_{on}$  en un momento  $t_2$  (las relaciones de potencia mostradas corresponden al caso en el que antes de  $t_1$  sólo se ha activado la fuente de alimentación 4, es decir, la formadora de red 3 según la figura 1, y el controlador de la fuente de alimentación 6 activa una de las fuentes de alimentación 5 después de  $t_1$ ). Dado que la reserva de energía vuelve a ser suficiente, la energía puede ser aportada de nuevo desde la central eléctrica, como lo indica la nueva distancia 13. En el tiempo  $t_3$ , el consumo de energía de las cargas en la red de corriente alterna disminuye. Esta disminución se compensa esencialmente con una disminución de la potencia suministrada por la central eléctrica. Esto evita que  $\bar{P}_{out_{Baj}}$  caiga por debajo de  $P_{off}$  y que se desconecte una de las fuentes de alimentación activas actualmente, ya que todos los generadores de combustión son necesarios para la potencia de reserva deseada. En un momento  $t_4$ , el consumo de energía ha vuelto a subir a su nivel anterior antes de seguir subiendo en el tiempo  $t_5$ , pero sin superar de nuevo el valor de  $P_{on}$ . En la medida en la que lo permite la capacidad de la central eléctrica, este aumento se compensa mediante la alimentación de energía adicional de la central eléctrica. Sin embargo, en este caso esto no es completamente posible, por lo que incluso la potencia restante  $\bar{P}_{out_{Baj}}$  (línea de puntos) después de la compensación muestra un cierto aumento. En  $t_6$ , el consumo de energía ha vuelto a su valor anterior antes de aumentar de nuevo en  $t_7$ , esta vez un poco menos que entre  $t_5$  y  $t_6$ , de modo que se pueda aportar energía adicional desde  $\bar{P}_{out_{Baj}}$  justo por encima de  $P_{off}$ . En  $t_8$ , el valor de consumo de energía anterior se alcanza de nuevo hasta que cae en  $t_9$ , esta vez por debajo de  $P_{off}$ . En este caso, la entrada de energía de la central eléctrica se retira tan pronto como no se alcance el valor de  $P_{off}$ , a fin de evitar que tampoco se alcance el valor de  $P_{min}$ . Al estar por debajo de  $P_{off}$ , se desactiva una de las fuentes de alimentación activas anteriormente.

Como resultado,  $\bar{P}_{out_{Baj}}$  se eleva hasta un momento  $t_{10}$  en el que se puede volver a suministrar una potencia considerable desde la central eléctrica, lo que se indica por medio de la distancia 13.

La rutina esbozada en la figura 5 por medio de un diagrama de flujo, que puede ser llevada a cabo por un dispositivo de control según la invención 11 de acuerdo con la figura 1, no es idéntica al procedimiento explicado en la figura 4, aunque existan grandes similitudes. La rutina comienza con la determinación del consumo total de energía de todas las cargas 7. Se considera lo siguiente:

$$\sum_i Pin_{Li} = P_{out_{NB}} + \sum_j P_{out_{Baj}} + P_{out_{PV}},$$

siendo  $Pin_{Li}$  el consumo de energía de la i-énimesima carga 7,  $P_{out_{NB}}$  la salida de energía de la formadora de red 3,  $P_{out_{Baj}}$  la salida de energía de la j-énimesima fuente de energía activada 5 y  $P_{out_{PV}}$  la salida de energía de la central eléctrica 8 según la figura 1.

Sobre esta base se determina en el siguiente paso la potencia de reserva  $P_{Res}$  disponible en la red de corriente alterna 1. Esto se puede hacer de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P_{Res} = P_{max_{NB}} + \sum_j P_{max_{Baj}} + s * P_{max_{PV}} - \sum_i Pin_{Li}.$$

En este caso,  $P_{max_{NB}}$  es la capacidad máxima de la formadora de red 3,  $P_{max_{Baj}}$  es la capacidad máxima de la j-énimesima fuente de energía,  $P_{max_{PV}}$  es la capacidad máxima de la central eléctrica, y s es un factor de seguridad que tiene en cuenta que  $P_{max_{PV}}$  está sujeto a fluctuaciones, por ejemplo, debido a la formación de nubes.

A continuación se comprueba si  $P_{Res}$  es mayor que una reserva de potencia mínima deseada  $P_{Res,min}$ . Esta reserva de potencia se puede especificar como un valor constante. En el procedimiento explicado a la vista de la figura 4, la reserva de potencia mínima aumenta con la suma del consumo de potencia de cada una de las cargas. Además, puede ser útil incluir en la reserva de potencia mínima una proporción de la potencia de salida actual de la central eléctrica cuando ésta funcione cerca de su capacidad máxima.  $P_{Res,min}$  se puede representar especialmente por medio de la siguiente suma:

$$P_{Res,min} = c + v * \sum_i Pin_{Li} + r * P_{out_{PV}}.$$

Aquí, c es una constante, v es un factor de variabilidad y r es un factor de riesgo. c, v y r también pueden ser cero. Al menos uno de estos valores, preferiblemente c o v, es mayor que cero.

Si la potencia de reserva actual cae por debajo de la potencia de reserva mínima, esta alimentación se reduce hasta tal punto que el control de la fuente de alimentación activa una fuente de alimentación adicional, siempre que la central eléctrica aporte actualmente la potencia  $P_{out_{PV}}$  a la red de corriente continua. A continuación, se reinicia el proceso.

En caso contrario, se comprueba que la potencia de reserva disponible en ese momento no supere una potencia de reserva máxima  $P_{Res,max}$ . Esta superación indica que hay demasiadas fuentes de alimentación activadas. Para el valor de la potencia de reserva máxima  $P_{Res,max}$  se puede considerar:

$$P_{Res,max} = P_{Res,min} + k * P_{max_{Baj}}.$$

En este caso, k es un factor de estabilización mayor que 1 y  $P_{max_{Baj}}$  es la salida de potencia máxima de la fuente de energía j que se desactivaría si se superara  $P_{Res,max}$ . Con esta desactivación, la potencia de reserva disminuiría exactamente en  $P_{max_{Baj}}$ . El factor de estabilidad k asegura que como resultado no se produzca inmediatamente una caída por debajo de  $P_{Res,min}$ , ya que esto daría lugar a que la misma fuente de alimentación se volviera a conectar en seguida de nuevo, etc..

El procedimiento se puede variar de varias maneras, especialmente en lo que se refiere a la consideración de la eficiencia de la central eléctrica. Por ejemplo, una capacidad de una central eléctrica actualmente no utilizada se puede incluir en la reserva de energía, o se puede omitir deliberadamente debido a la incertidumbre sobre si la capacidad de la central eléctrica continuará o no. Aunque la capacidad no utilizada de la central eléctrica no esté incluida en la reserva de energía, puede tener sentido considerar la energía actualmente suministrada por la central al especificar la capacidad de reserva mínima. La razón de ello es que esta energía también se puede perder, incluso si la capacidad de la central eléctrica no se utiliza plenamente en este momento. El Procedimiento de consideración también puede depender de los pronósticos meteorológicos, la estación del año, la hora del día y/o la ubicación de la central eléctrica.

#### LISTA DE REFERENCIAS

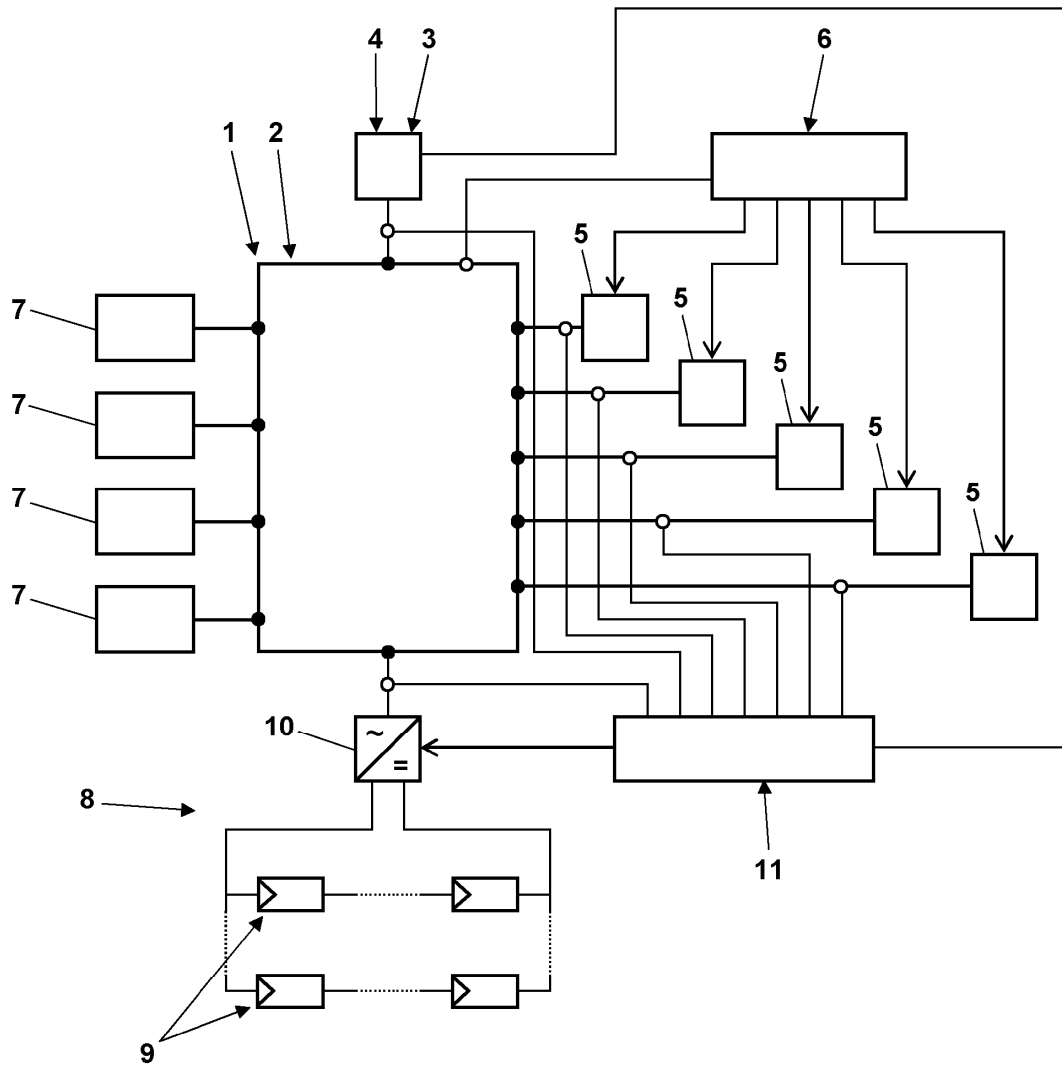
- 50 1 Red de corriente alterna
- 2 Red de isla
- 3 Formador de red

	4	Fuente de energía
	5	Fuente de energía (adicional)
	6	Controlador de la fuente de alimentación
	7	Carga
5	8	Central eléctrica
	9	Generador fotovoltaico
	10	Inversores
	11	Dispositivo de control
	12	Distancia
10	13	Distancia
	21	Rango de funcionamiento
	22	Rango de funcionamiento
	23	Rango de funcionamiento
	24	Rango de funcionamiento
15	25	Rango de funcionamiento
	26	Rango de funcionamiento
	27	Punto de funcionamiento
	28	Límite de potencia
	$P_{Res}$	Potencia de reserva actualmente disponible
20	$P_{Res,min}$	Potencia de reserva mínima
	$P_{Res,max}$	Potencia máxima de reserva
	$P_{in}$	Consumo de corriente actual
	$P_{outPV}$	Potencia de salida actual de la central eléctrica
	$P_{maxPV}$	Rendimiento actual de la central eléctrica
25	$P_{maxBaj}$	Máximo rendimiento de un generador de combustión
	$k$	Factor estabilizador
	$P_{min}$	Potencia mínima de salida de un generador de combustión interna

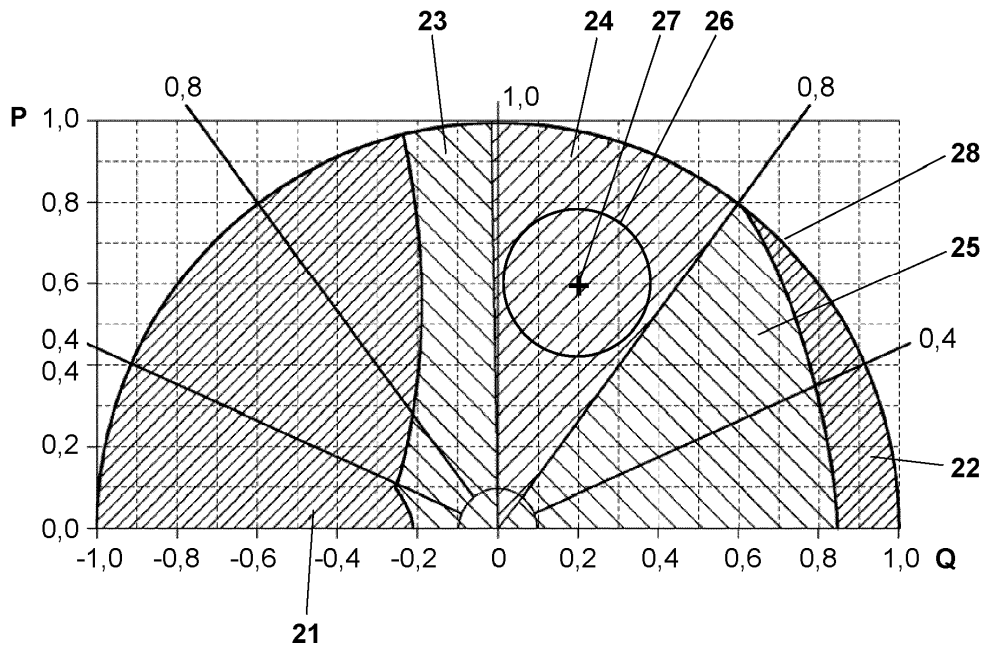
## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de una central eléctrica de capacidad eléctrica fluctuante (8) que, además de a una formadora de red (3) reguladora de tensión que proporciona potencia activa (P) y potencia reactiva (Q) y a al menos una carga (7), está conectada a una red de corriente alterna limitada (1),  
5 - definiéndose en el nivel PQ un área de funcionamiento cerrada de la formadora de red, al ser la formadora de red capaz de regular eficazmente las fluctuaciones de una tensión alterna en la red de corriente alterna (1), caracterizado por que se determina un punto de funcionamiento actual de la formadora de red (3) en el plano PQ, y por que una salida de potencia activa y reactiva es controlada por la central (8) de manera que el punto de funcionamiento de la formadora de red (3) se mantenga en el rango de funcionamiento deseado.  
10
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que, mientras el punto de funcionamiento de la formadora de red (3) permanece en el rango de funcionamiento deseado, se maximiza el suministro de potencia activa desde la central eléctrica (8).  
15
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la formadora de red (3) es un generador hidroeléctrico o un generador de combustión interna o un inversor de batería.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos una fuente de energía adicional (5) conectada a la red de corriente alterna limitada (1) se activa o desactiva según las necesidades para mantener el punto de funcionamiento de la formadora de red (3) en el rango de funcionamiento deseado, siendo especialmente la fuente de energía adicional (5) un generador de combustión interna.  
20
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que al menos una fuente de energía adicional (5) es activada y desactivada por un controlador de la fuente de energía (6) y por que el suministro de energía activa desde la central eléctrica (8) se reduce hasta tal punto que al menos una u otra fuente de energía adicional (5) sea activada por el controlador de la fuente de energía (6), cuando el punto de funcionamiento de la formadora de la red (3) sale del rango de funcionamiento deseado al exterior, aumentándose especialmente la entrada de energía de la central eléctrica (8) de manera que el controlador de la fuente de alimentación (6) desactive al menos una o la otra fuente de alimentación adicional (5), cuando el punto de funcionamiento de la formadora de la red (3) sale del rango de funcionamiento deseado hacia el interior.  
25  
30
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 5, caracterizado por que se determina una potencia de reserva ( $P_{Res}$ ) actualmente disponible en la red de corriente alterna (1), teniendo en cuenta únicamente las fuentes de potencia activadas (4, 5), y por que, cuando la potencia de reserva determinada ( $P_{Res}$ ) cae por debajo de una potencia de reserva mínima ( $P_{Res,min}$ ), la entrada de potencia de la central eléctrica (8) se reduce de manera que el controlador de la fuente de alimentación (6) active al menos una fuente de energía u otra fuente de energía adicional (5), o bien, cuando la potencia de reserva determinada ( $P_{Res}$ ) supera una potencia de reserva máxima ( $P_{Res,max}$ ), la entrada de energía de la central (8) aumente hasta el punto de que el controlador de la fuente de energía (6) desactive al menos una o la otra fuente de energía adicional (5), calculándose especialmente la potencia de reserva máxima ( $P_{Res,max}$ ) como la suma de la potencia de reserva mínima ( $P_{Res,min}$ ) y de la potencia máxima de la fuente de energía adicional ( $P_{maxBaj}$ ), que el controlador del generador (6) desactivaría primero, multiplicada por un factor de estabilización ( $k$ ) superior a 1.  
35  
40
7. Procedimiento según la reivindicación 3 y la reivindicación 6, caracterizado por que si la potencia de reserva determinada ( $P_{Res}$ ) se encuentra en el rango entre la potencia de reserva mínima ( $P_{Res,min}$ ) y la potencia de reserva máxima ( $P_{Res,max}$ ), la potencia de entrada de la central eléctrica (8) sólo se maximiza mientras que el controlador de la fuente de alimentación (6) no desactive ninguna otra fuente de energía (5).  
45
8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, caracterizado por que un consumo de corriente ( $P_{in}$ ) de todas las cargas (7) en la red de corriente alterna (1) se registra directamente y/o como salida de corriente de todas las fuentes de energía (4, 5, 8), en especial la potencia de reserva mínima ( $P_{Res,min}$ ) y/o por que la potencia de reserva máxima ( $P_{Res,max}$ ) se calcula utilizando un porcentaje del consumo de corriente ( $P_{in}$ ) de todas las cargas (7) como suma.  
50  
55
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se registran una potencia de salida de corriente ( $P_{outPV}$ ) y la eficiencia de corriente ( $P_{maxPV}$ ) de la central (8).  
60
10. Procedimiento según la reivindicación 9 y según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado por que la potencia de reserva actualmente disponible ( $P_{Res}$ ) se determina teniendo en cuenta un porcentaje de diferencia entre la capacidad de corriente ( $P_{maxPV}$ ) y la potencia de salida actual ( $P_{outPV}$ ) de la central eléctrica (8).  
65
11. Procedimiento según la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que la potencia de reserva mínima ( $P_{Res,min}$ ) y/o la potencia de reserva máxima ( $P_{Res,max}$ ) se calculan utilizando un porcentaje de la potencia de salida actual ( $P_{outPV}$ ) de la central eléctrica (8) como suma.

12. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se evita una infrautilización a largo plazo de una potencia mínima ( $P_{min}$ ) y una infrautilización de una potencia nula en todas las fuentes de energía reduciendo la potencia de entrada de la central eléctrica (8).
- 5 13. Dispositivo de control (11) para el control de una central eléctrica (8) que, además de a al menos una formadora de red (3) reguladora de tensión, que proporciona potencia activa (P) y una potencia reactiva (Q) y a al menos una carga (7), se puede conectar a una red de corriente alterna limitada (1), caracterizado por que el dispositivo de control (11) se diseña para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.
- 10 14. Dispositivo de control (11) según la reivindicación 13 con al menos otra fuente de alimentación adicional (5), activándose y desactivándose otra fuente de alimentación adicional de acuerdo con las necesidades.
15. Central fotovoltaica con un dispositivo de control (11) según una de las reivindicaciones 13 y 14.

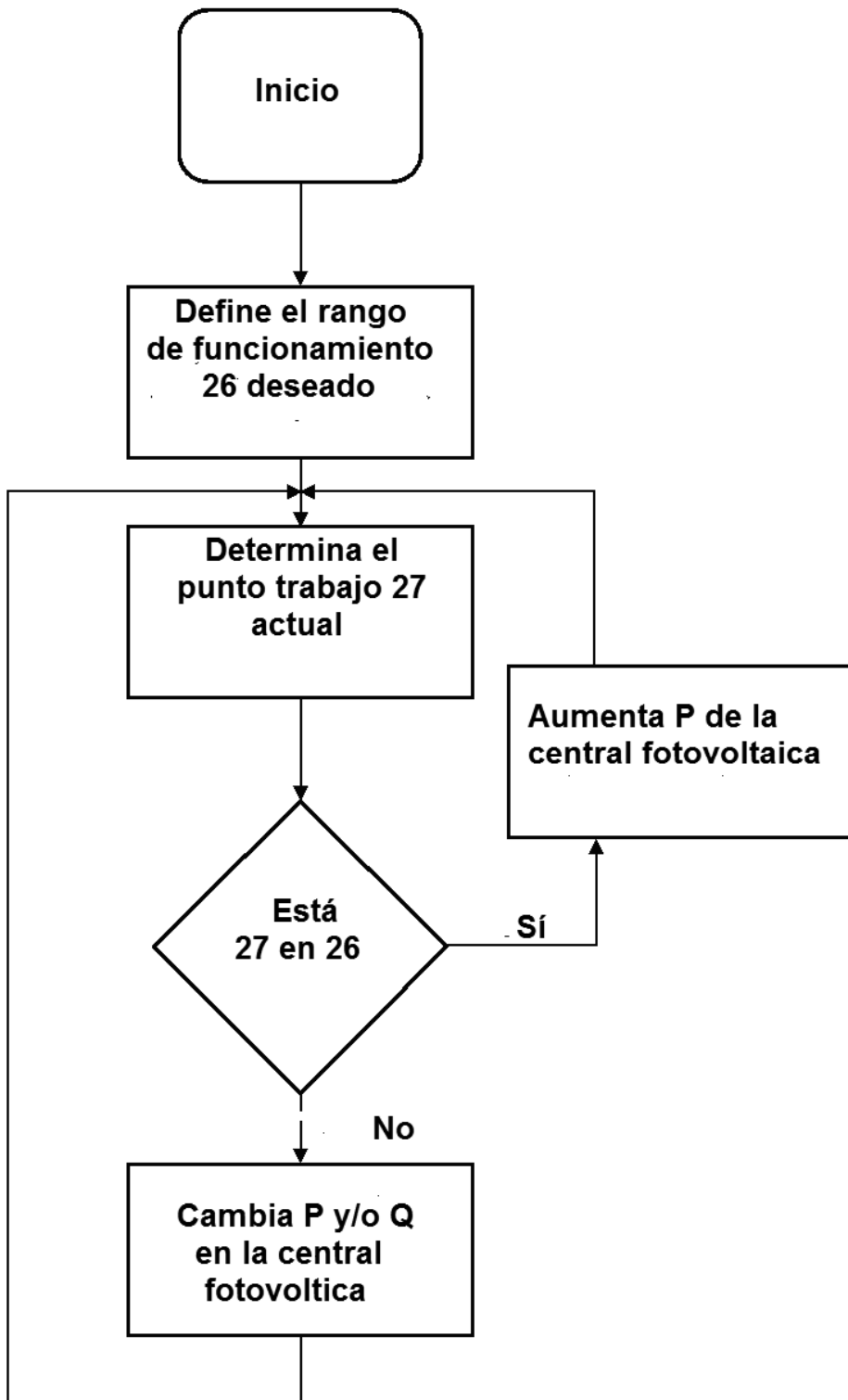


**Fig. 1**

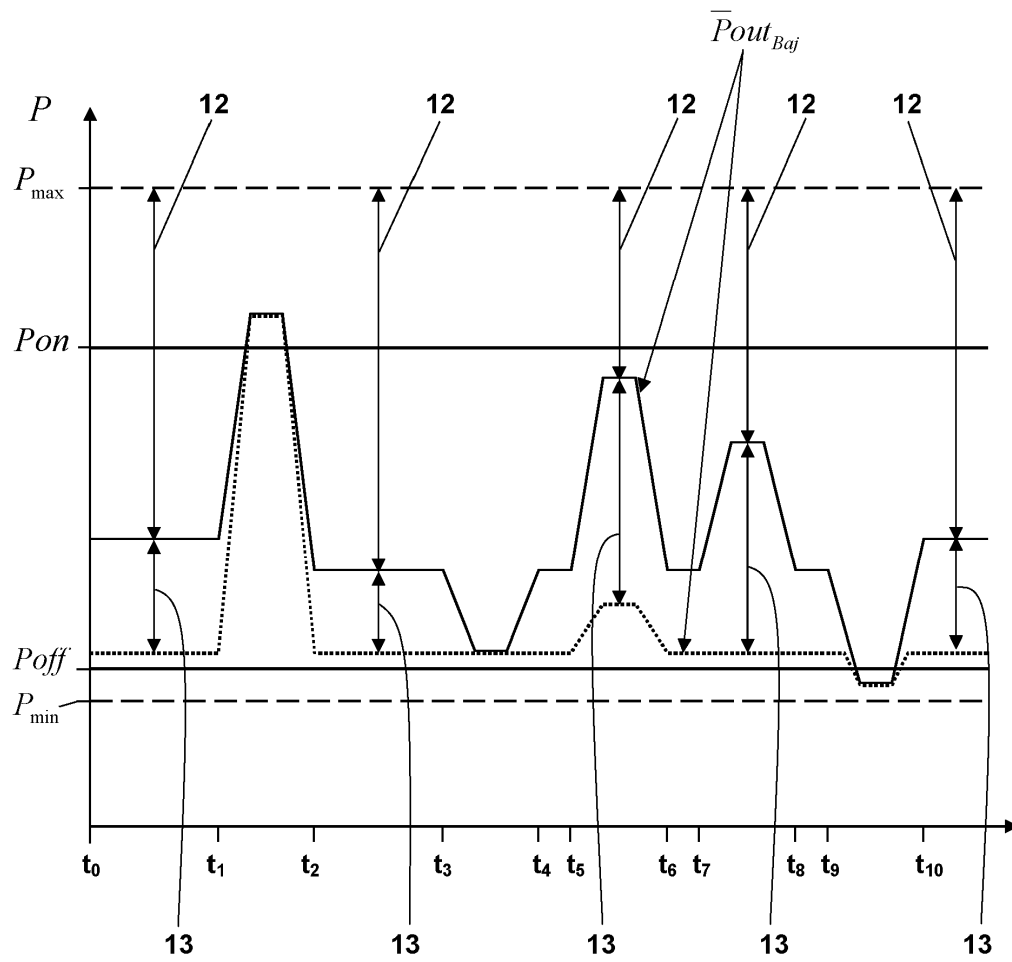


**Fig. 2**

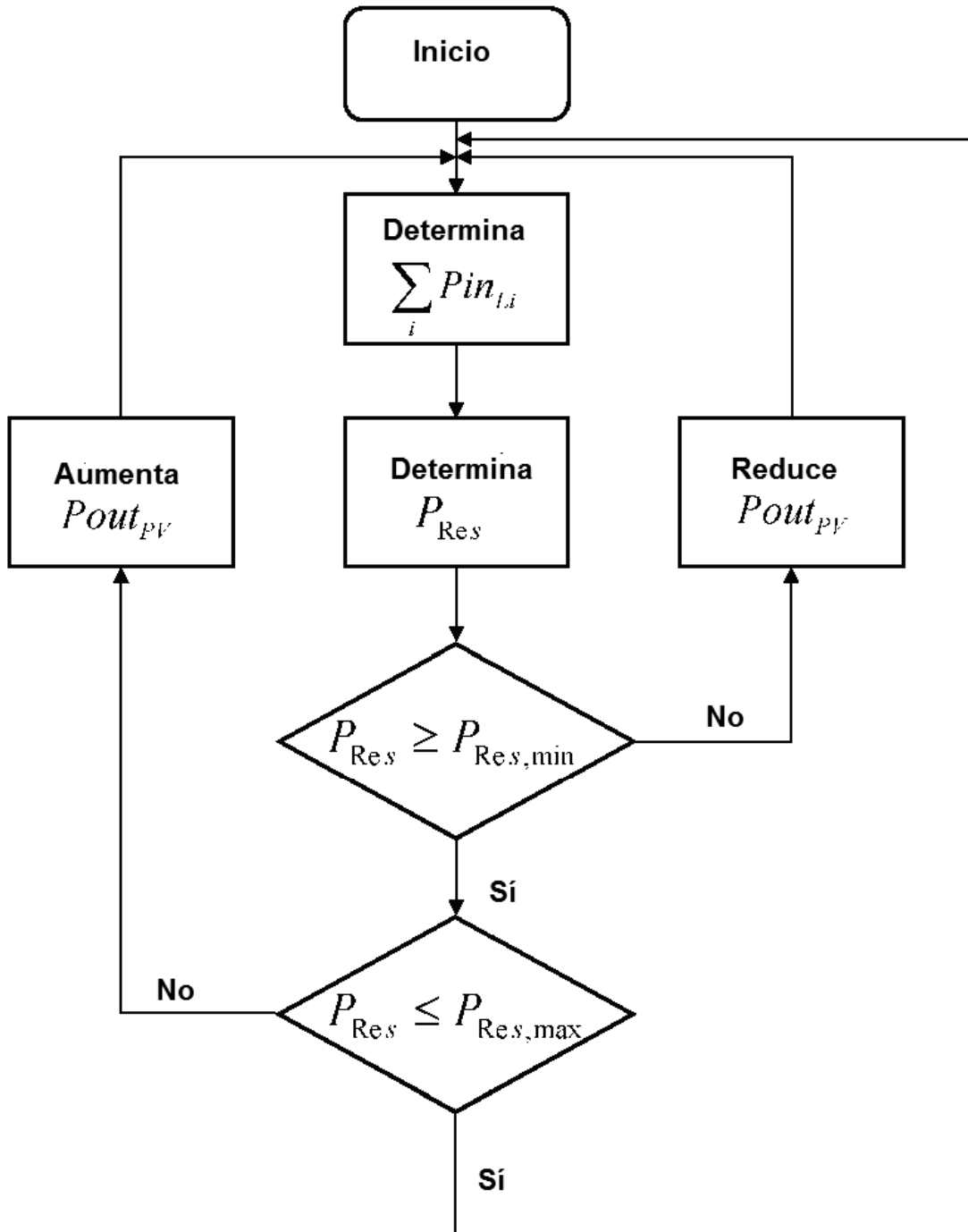




**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**