

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 710**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/18** (2006.01)

**H02J 3/24** (2006.01)

**G05F 1/66** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2011 E 11727444 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2015 EP 2724438**

54 Título: **Método en un sistema de suministro eléctrico, controlador, programa de ordenador, producto de programa de ordenador y sistema de suministro eléctrico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.06.2015**

73 Titular/es:

**ABB RESEARCH LTD. (100.0%)  
Affolternstrasse 44  
8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

**LARSSON, TOMAS;  
RIVAS, RICHARD;  
THORBURN, STEFAN y  
HOLMBERG, MARGUERITE**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 537 710 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**

Método en un sistema de suministro eléctrico, controlador, programa de ordenador, producto de programa de ordenador y sistema de suministro eléctrico.

**Campo de la invención**

5 La invención se refiere en general al campo de los sistemas de suministro eléctrico y, en particular, al respaldo de la frecuencia dentro de tales sistemas de suministro eléctrico.

**Antecedentes de la invención**

10 Los usuarios de un sistema de suministro eléctrico esperan del mismo un suministro de energía fiable y hay varias formas de asegurar un funcionamiento ininterrumpido del sistema de suministro eléctrico. Por ejemplo, el sistema de suministro eléctrico debería estar diseñado de modo que, incluso si se pierde su mayor fuente de generación de energía individual, se siga manteniendo el equilibrio global entre la producción y el consumo de electricidad.

El documento US 2002/039299 (D1) y el EP 1 887 674 (D2) describen la compensación de la potencia en los sistemas de suministro eléctrico.

15 D1 describe la compensación de la potencia en un sistema de suministro que comprende fuentes de energía (2, 7 en D1) y un compensador de potencia ("dispositivo inversor 18" en D1). Son monitorizadas las perturbaciones de frecuencia, a las que se hace referencia como "fluctuaciones de tensión" en el párrafo [0080] en D1. Una fuente de energía ("fuente de energía eólica 7" en D1) proporciona un suministro de energía variable, por ejemplo durante la puesta en marcha o debido a fluctuaciones de energía eólica. Las variaciones en la potencia son compensadas (párrafo [0086]-[0088] en D1) inyectando energía (párrafo [0081] en D1) mediante la unidad de compensación de potencia ("dispositivo inversor 18" en D1), en el que la energía es inyectada en función del contenido armónico de las perturbaciones de frecuencia, de manera que se evitan las fluctuaciones de tensión del sistema de suministro (véase también la reivindicación 1 de D1).

25 D2 describe un método para la compensación de fluctuaciones de tensión y frecuencia en un sistema de suministro que usa un compensador de potencia ("sistema 1" en D2) que comprende una batería de almacenamiento de energía ("medios de almacenamiento de energía 4" y párrafo [0014], en D2). El compensador de potencia incluye también un inversor (5 en D2) conectado a la batería de almacenamiento de energía (4 en D2) para convertir la potencia de corriente continua de la batería de almacenamiento de energía en potencia de corriente alterna para el sistema de suministro. El inversor es controlado para compensar la potencia en función de la potencia activa y reactiva monitorizada en una red de suministro conectada al compensador de potencia (1 en D2).

30 En general, una pérdida de una fuente de generación de energía en un sistema de suministro eléctrico hará que caiga la frecuencia del sistema. Otras fuentes de generación de energía pueden aumentar su producción para compensar la contribución de potencia de la fuente de generación perdida respecto a la generación de potencia. Por tanto, para recuperar el sistema de suministro eléctrico a una situación estable y con ello evitar la interrupción del servicio, tienen que ser aplicadas otras fuentes de generación de energía convencionales. Tales fuentes, por ejemplo, turbinas de gas, motores diesel, turbinas de vapor, energía hidroeléctrica, etc., necesitan un tiempo de puesta en marcha y tienen limitaciones en cuanto a fiabilidad. Por ejemplo, las centrales de energía térmica responden de forma relativamente lenta debido a la dificultad para aumentar las temperaturas lo suficientemente rápido en las calderas sin imponer tensión mecánica sobre ellas. Otras fuentes de generación de energía tienen otras limitaciones, por ejemplo las turbinas de gas, a pesar de tener tiempos de respuesta rápidos, tienen menor eficiencia y, por tanto, mayores costes de producción.

A la vista de lo anterior, sería deseable mejorar el manejo de las perturbaciones de frecuencia en la transición entre una caída de frecuencia inicial y el estado estable que sigue a una recuperación.

**Sumario de la invención**

45 Un objeto de la invención es proporcionar medios y métodos para mejorar la etapa de transición al detectar una caída de frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico que requiere que sean activadas fuentes de generación de energía adicionales.

50 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, el objeto se consigue por un método en un sistema de suministro eléctrico que comprende una o más fuente(s) de generación de energía y un compensador dinámico de potencia que tiene una batería de almacenamiento de energía. El método comprende las etapas de: detectar una perturbación de frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico que requiere que sea conectada una fuente de generación de energía adicional al sistema de suministro eléctrico para satisfacer una demanda de potencia; y controlar la salida de potencia desde la batería de almacenamiento de energía del compensador dinámico de potencia durante la puesta en marcha de la fuente de generación de energía adicional, limitando así la perturbación de la frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico.

- 5 Por medio de la invención, la salida de potencia desde la batería de almacenamiento de energía es usada para reducir las caídas de frecuencia que resultan por ejemplo de la pérdida de una fuente de generación de energía. La invención proporciona medios y métodos para manejar rápidamente las perturbaciones a corto plazo y proporciona a un operador de red más tiempo para los procedimientos de puesta en marcha de las fuentes de generación de energía adicionales. Por tanto, pueden ser utilizadas fuentes de generación de energía convencionalmente menos adecuadas como fuentes de respaldo, por ejemplo fuentes de generación de energía que tienen procedimientos de puesta en marcha lentos antes de alcanzar su capacidad plena. Además, la batería de almacenamiento de energía puede tener dimensiones óptimas, es decir, la energía instalada en la batería de almacenamiento de energía puede ser minimizada.
- 10 En una realización, la etapa de controlar la potencia de salida desde la batería de almacenamiento de energía del compensador dinámico de potencia comprende controlar la salida de potencia en un modo de pico.
- 15 En una realización, el método comprende la etapa adicional de controlar la batería de almacenamiento de energía en un modo de autonomía, durante el cual la potencia de salida de la batería de almacenamiento de energía es utilizada sola o en combinación con potencia de salida procedente de la fuente de generación de energía adicional durante la puesta en marcha de la fuente de generación de energía adicional.
- En la realización anterior, la salida de potencia de la batería de almacenamiento de energía puede ser controlada mediante la caída de frecuencia o mediante la desviación de frecuencia del sistema de suministro eléctrico.
- 20 En una realización, el método comprende la etapa adicional que consiste en después del modo de autonomía, reducir gradualmente la salida de potencia de la fuente de energía de la batería hasta que la fuente de generación de energía adicional esté funcionando a su capacidad plena.
- En una realización, el método comprende una etapa adicional de reducción gradual de la salida de potencia desde la batería de almacenamiento de energía desde el nivel de salida de potencia del modo de pico hasta el nivel de salida de potencia del modo de autonomía.
- 25 En una realización, el modo de pico comprende un primer periodo de tiempo de detección de la perturbación de frecuencia, estando dispuesta la batería de almacenamiento de energía en el modo de pico para proporcionar su capacidad de salida de potencia plena al sistema de suministro eléctrico.
- En una realización, el compensador dinámico de potencia comprende un convertidor de fuente de tensión o un compensador síncrono estático conectado por un lado de corriente continua del mismo a la batería de almacenamiento de energía.
- 30 En una realización, la perturbación de frecuencia resulta de la pérdida de una de las fuentes de generación de energía.
- 35 El objeto según un segundo aspecto de la invención se consigue por un controlador para controlar un compensador dinámico de potencia que tiene una batería de almacenamiento de energía, estando conectado el compensador dinámico de potencia a un sistema de suministro eléctrico que comprende una o más fuentes de generación de energía. El controlador está dispuesto para: detectar una perturbación de frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico que requiere que sea conectada una fuente de generación de energía adicional al sistema de suministro eléctrico para satisfacer una demanda de potencia; y controlar la salida de potencia desde la batería de almacenamiento de energía del compensador dinámico de potencia durante la puesta en marcha de la fuente de generación de energía adicional, limitando así la perturbación de frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico.
- 40 De acuerdo con un tercer aspecto de la invención el objeto se consigue mediante un programa de ordenador para un controlador que controla un compensador dinámico de potencia, estando conectado el compensador dinámico de potencia a un sistema de suministro eléctrica. El programa de ordenador comprende un código de programa de ordenador, que cuando se ejecuta en el controlador hace que el controlador realice las etapas de: detectar una perturbación de frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico que requiere que sea conectada una fuente de generación de energía adicional al sistema de suministro eléctrico para satisfacer una demanda de energía; y controlar la salida de potencia de la batería de almacenamiento de energía del compensador dinámico de potencia durante la puesta en marcha de la fuente de generación de energía adicional, limitando así la perturbación de frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico.
- 45 La invención abarca también un producto de programa de ordenador que comprende un programa de ordenador como se explicó anteriormente, y medios legibles por ordenador en los que está almacenado el programa de ordenador.
- 50 Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto al leer la siguiente descripción y los dibujos adjuntos.

**Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 ilustra esquemáticamente un entorno en el que pueden ser implementadas realizaciones de la invención.

La figura 2 ilustra diferentes posibles modos de uso de la batería de almacenamiento de energía en función de su estado de carga.

5 La figura 3 ilustra las definiciones de modo de pico y modo de mantenimiento de una batería de almacenamiento de energía.

La figura 4 ilustra una secuencia esquemática para el funcionamiento de la batería de almacenamiento de energía.

La figura 5 ilustra el control de caída de la frecuencia.

La figura 6 ilustra un control de la batería de almacenamiento de energía.

10 La figura 7 ilustra con ejemplos regiones de frecuencia para la variación de la frecuencia de la red de suministro.

La figura 8 ilustra un diagrama de flujo de etapas de un método según la invención.

La figura 9 ilustra medios para implementar los métodos de la figura 8, y, en particular, un controlador.

**Descripción detallada de realizaciones**

15 En la siguiente descripción, para propósitos de explicación y no de limitación, los detalles específicos son establecidos como arquitecturas, interfaces, técnicas, etc. particulares para proporcionar una comprensión completa de la invención. Sin embargo, será evidente para los expertos en la técnica que la invención puede ponerse en práctica en otras realizaciones que se desvíen de estos detalles específicos. En otros casos, las descripciones detalladas de dispositivos, circuitos y métodos bien conocidos se omiten para no oscurecer la descripción de la invención con detalles innecesarios. Los números iguales se refieren a elementos iguales en toda la descripción.

20 La figura 1 ilustra esquemáticamente un entorno en el que pueden ser implementadas realizaciones de la invención. En particular, un sistema de suministro eléctrico 1, en lo que sigue denotado red de suministro 1, comprende una red de transmisión de energía 2. La red de transmisión de energía 2 puede comprender una única línea de transmisión de energía o varias de tales líneas de transmisión de energía adecuadamente interconectadas.

25 Varias fuentes de generación de energía 3, 4, 5 están conectadas a la red de suministro 1, típicamente a través de transformadores elevadores. Las fuentes de generación de energía 3, 4, 5 pueden comprender por ejemplo turbinas de gas, motores diesel, turbinas de vapor, generadores de energía hidroeléctrica, generadores de energía eólica, etc. Una o más carga(s) 11 que consumen la potencia generada están también conectadas a la red de transmisión de energía 2, típicamente a través de transformadores reductores.

30 Además, un compensador dinámico de potencia 6, en lo que sigue denotado simplemente compensador de potencia 6, está también conectado a la red de suministro 1. El compensador de potencia 6 puede comprender, por ejemplo, un compensador síncrono estático (STATCOM). El compensador de energía 6 está conectado a la red de suministro 1 por su lado de corriente alterna, típicamente a través de un reactor 7 y un transformador 8. El compensador de potencia 6 puede estar conectado a un banco de condensadores 9 por su lado de corriente continua. El compensador de potencia 6 comprende además una batería de almacenamiento de energía 10, conectada a él por su lado de corriente continua, y conectado en paralelo al otro banco de condensadores 9. La batería de almacenamiento de energía 10 puede comprender un sistema de baterías de iones de litio que comprende una o más cadenas de unidades de batería.

35 Un controlador 12 está dispuesto para controlar al compensador de potencia 6, y comprende en particular medios para controlar la fuente de energía de la batería 10 del mismo, como se describirá más adelante. El controlador 12 está dispuesto para recibir entradas desde dispositivos de medición remotos (no ilustrados), tales como transformadores de tensión y transformadores de corriente, típicamente proporcionados a través de dispositivos electrónicos inteligentes. El controlador 12 también puede recibir entradas de los sistemas de control, tales como SCADA (Supervisión, control y adquisición de datos) y/o unidades de gestión de batería dispuestas para medir diferentes parámetros de la batería de almacenamiento de energía 10, tales como corrientes de batería, voltajes de células y baterías, temperatura, y también el estado de carga de la batería (SOC). Las unidades de gestión de la batería también pueden estar dispuestas para realizar el equilibrio de la célula, el manejo de la comunicación interna entre los módulos de la batería de almacenamiento de energía 10 y manejar la comunicación para enviar y recibir datos a/desde el controlador 12.

40 Brevemente, en un esquema de control convencional para controlar una red de suministro, las variaciones de carga espontáneas son compensadas dentro de un par de segundos por medio de un control primario. Así pues, el control primario proporciona control automático local, suministrando energía en respuesta a pequeños cambios de frecuencia. Tales pequeñas variaciones de carga espontáneas pueden ser, por ejemplo, del orden del 0,5 % de la

- potencia en la red de suministro. El esquema de control convencional comprende además un control secundario, que es un control automático centralizado que suministra potencia para restaurar la frecuencia dentro de la red de suministro por ejemplo de una pérdida mayor de la fuente de generación de energía y consiguientes perturbaciones de frecuencia. Tal pérdida mayor puede comprender, por ejemplo una desviación de potencia del 2-3 %. Una
- 5 perturbación de frecuencia dentro de la red de suministro debida a tal pérdida de la fuente de generación de energía requiere típicamente que sea conectada una fuente de generación de energía adicional a la red de suministro para satisfacer la demanda de potencia dentro de la red de suministro. Tal perturbación de frecuencia que resulta de una pérdida de la fuente de generación de energía puede ser detectada de diversas maneras, por ejemplo mediante la medición de la frecuencia o de forma equivalente de desviaciones de frecuencia dentro de la red de suministro 1.
- 10 El esquema de control convencional puede comprender todavía otros niveles de control, tales como un control terciario que comprende órdenes de envío de potencia establecidos manualmente y la gestión de congestiones, etc.
- La potencia del compensador de potencia 6 y, en particular, la batería de almacenamiento de energía 10 del mismo está disponible inmediatamente en contraste con las fuentes convencionales de generación de energía 3, 4, 5. Este hecho es utilizado de acuerdo con aspectos de la invención.
- 15 La figura 2 ilustra los diferentes modos posibles de uso de la batería de almacenamiento de energía 10 en función de su estado de carga (SOC). El eje x ilustra el tiempo y el eje y ilustra la potencia de salida de la batería de almacenamiento de energía 10. En un instante de tiempo,  $t_{start}$ , es detectada pérdida de generación de energía y se produce una caída de frecuencia consiguiente en la red de suministro 1. En a) está ilustrada una primera opción: utilizar la máxima potencia de la batería de almacenamiento de energía 10 durante tanto tiempo como permita el
- 20 SOC de la batería de almacenamiento de energía 10. En b) está ilustrada una segunda opción: habilitar el respaldo de energía que esté disponible durante un periodo de tiempo especificado preestablecido, por ejemplo 15 minutos.
- En un aspecto de la invención, descrito con referencia a las figuras 3, 4, 5, y 6, la salida desde la batería de almacenamiento de energía es optimizada durante la alta o baja frecuencia que opera en el control de frecuencia primario y secundario. Cuando cae la frecuencia de la red de suministro 1, se adoptan ciertas acciones para
- 25 controlar la batería de almacenamiento de energía 10.
- La primera etapa después de la perturbación de frecuencia se define como un modo de pico, ilustrado en la figura 3. En esta etapa, la batería de almacenamiento de energía 10 es aplicada inmediatamente para limitar la caída de frecuencia inicial en la red de suministro 1 y la batería de almacenamiento de energía 10 es utilizada sola mientras se espera a que sean conectadas las fuentes de generación de energía convencionales 3, 4, 5. La batería de
- 30 almacenamiento de energía 10 proporciona así una función de puente para permitir que se pongan en marcha las fuentes convencionales de generación de energía 3, 4, 5 y mientras tanto proporcionar la potencia necesaria en la red de suministro 1.
- En una etapa siguiente, un modo de autonomía, la batería de almacenamiento de energía 10 puede ser controlado para que entre en el modo de autonomía. El modo de mantenimiento se define como una fase en la que la energía que queda en la batería de almacenamiento de energía se usa sola o en combinación con las fuentes
- 35 convencionales de generación de energía 3, 4, 5 hasta que estas últimas se han aplicado de forma plena.
- La figura 4 ilustra una secuencia esquemática para el funcionamiento de la batería de almacenamiento de energía 10 que ilustra la salida de potencia P (eje y) de la energía de la batería 10 en función del tiempo (eje x). En el tiempo  $t_{start}$  es detectada una pérdida de potencia en la red de suministro 1, y una perturbación de frecuencia consiguiente. La batería de almacenamiento de energía 10 es activada entonces inmediatamente durante el modo de pico inicial,
- 40 secuencia S1, proporcionando, por ejemplo su capacidad de potencia plena.
- Las perturbaciones en la red de suministro 1 durante la transición del modo de pico, S1, al modo de autonomía, S3, tienen que ser limitadas. Esto se puede lograr por ejemplo por un limitador de tasa aplicado a la demanda de potencia enviada. La salida de potencia P de la batería de almacenamiento de energía 10 es entonces reducida
- 45 progresivamente de forma adecuada, secuencia S2, para evitar otra variación de frecuencia repentina en la red de suministro 1. Finalmente, en la secuencia S4, se asegura que el suministro de potencia desde la batería almacenamiento de energía 10 a la red de suministro 1 no termine abruptamente. Para este fin, la salida de potencia P de la batería de almacenamiento de energía 10 puede ser reducida progresivamente de forma adecuada en función del SOC restante de la batería de almacenamiento de energía 10.
- 50 La figura 5 ilustra que la salida de potencia de la batería de almacenamiento de energía 10 durante el modo de mantenimiento puede ser controlada por ejemplo por el control de caída constante.
- La figura 6 ilustra una alternativa a lo anterior, en particular, que la salida de potencia de la batería de almacenamiento de energía 10 durante el modo de mantenimiento puede ser controlada por la desviación de frecuencia de la red de suministro 1.
- 55 El período de tiempo durante el cual la batería de almacenamiento de energía 10 está en funcionamiento en el modo de mantenimiento puede ser determinado mediante la función aplicada, por ejemplo, una reducción gradual en la forma característica de 1/T o similar, que será ejemplificada a continuación.

- La salida de potencia desde el compensador de potencia 6 puede también, como se indicó anteriormente, seguir una función de caída de la frecuencia, que está ilustrada en la figura 7. En particular, se indica el nivel de salida de pico del compensador de potencia 6. El modo de mantenimiento descrito anteriormente puede verse como un eje adicional, donde la salida es ajustada después del primer pico para resistir el tiempo prometido. Hay varias maneras de obtener el nivel de salida durante el modo de autonomía.
- 5 Un primer enfoque consiste en dividir la energía disponible después del modo de pico por el tiempo de mantenimiento deseado y maximizar la salida a ese nivel.
- Un método ligeramente más avanzado es relacionar el tiempo de mantenimiento restante con el SOC restante y volver a calcular una salida, por ejemplo, cada segundo. La energía SOC es dividida entonces por el tiempo restante, por ejemplo 15 minutos, y la salida tendrá una forma "1/T" en el extremo (S4 como en la figura 4). En un caso ideal con señales constantes esto daría la misma salida que el primer método en el que S3 y S4 en la figura 4 serían entonces líneas "rectas". En un caso práctico, la frecuencia varía y puede ser beneficioso incluir también una función de caída bajo el modo de autonomía, pero todavía reconocer el requisito de 15 minutos.
- 10 Como un ejemplo práctico se puede mencionar lo siguiente: si se sabe que hay por ejemplo una turbina de gas disponible para la puesta en marcha, el modo de mantenimiento puede hacerse más avanzado. Pues se sabe que tardará alrededor de 1-2 minutos en ponerse en funcionamiento la turbina de gas y después una aumento gradual de algunos minutos hasta la máxima potencia. El modo de mantenimiento puede entonces hacerse un poco más potente durante los primeros minutos y luego a reducir más su salida. La reducción S2 en la Fig. 4 por tanto no está ilustrada como escarpada.
- 15 La figura 7 ilustra así con ejemplos regiones de frecuencia para la variación frecuencia de la red de suministro. Pueden ser definidas varias regiones o intervalos de frecuencia durante los cuales la fuente de energía de la batería 10 es utilizada de diferentes maneras. Una frecuencia normal  $f_0$  es definida como la frecuencia con la que debería estar funcionando la red de suministro 1, por ejemplo, 50 Hz en Europa y en 60 Hz en EE.UU. La frecuencia normal  $f_0$  puede desviarse dentro de un intervalo  $f_0 - \Delta f_{\text{deadband}} < f_0 < f_0 + \Delta f_{\text{deadband}}$  y todavía ser considerada normal, y ser afrontada por medio del control primario, usando una banda muerta.
- 20 En un estado de emergencia la frecuencia se desvía de la frecuencia normal deseada  $f_0$  en una cantidad  $\Delta f_{\text{low}}$  o  $\Delta f_{\text{high}}$ , es decir, para frecuencias superiores a  $f_0 + \Delta f_{\text{high}}$  y por debajo de  $f_0 - \Delta f_{\text{low}}$  se introduce el estado de emergencia. En el estado de emergencia, el estado de energía de la batería 10 puede ser usado en su plena capacidad mientras que su SOC lo permita.
- 25 En un estado de alerta para variaciones de frecuencia fuera de  $\Delta f_{\text{deadband}}$  pero dentro del rango  $\Delta f_{\text{high}}$  y  $\Delta f_{\text{low}}$ , la batería de almacenamiento de energía 10 puede ser operada como un dispositivo de control de la frecuencia con una caída específica constante, es decir en el modo de mantenimiento como se describió antes.
- La figura 8 ilustra un diagrama de flujo a través de etapas de un método de acuerdo con la invención. El método 20 es realizado en un controlador de la red de suministro 1 que comprende la única o varias fuentes de generación de energía 3, 4, 5 y el compensador de potencia 6 que tiene una batería de almacenamiento de energía 10. El método 35 20 comprende la primera etapa de detectar 21 una perturbación de frecuencia dentro del sistema de energía eléctrica 1 que requiere que sea conectada una fuente adicional de generación de energía 3, 4, 5 al sistema de suministro eléctrico 1 para satisfacer una demanda de potencia. Como se mencionó anteriormente, esta detección se puede realizar de varias maneras, ya que el controlador 12 recibe los datos de medición y características de la red de suministro 1.
- 40 El método 20 comprende la segunda etapa de control de 22 de la salida de potencia de la batería de almacenamiento de energía 10 del compensador de potencia 6 durante la puesta en marcha de la fuente de generación de energía adicional 3, 4, 5. La perturbación de frecuencia que se produce en la red de suministro 1 debido a la pérdida de generación de energía puede ser limitada de ese modo.
- 45 En una realización, la etapa de control 22 de la salida de potencia desde la batería de almacenamiento de energía 10 del compensador de potencia 6 comprende controlar la potencia de salida en un modo de pico. El modo de pico puede comprender un primer periodo de tiempo después de la detección de la perturbación de frecuencia. En el modo de pico la batería de almacenamiento de energía 10 está dispuesta, por ejemplo, para ofrecer su capacidad de salida de potencia plena al sistema de suministro eléctrico 1. La cantidad de energía ajustada para ser suministrada por la batería de almacenamiento de energía 10 depende de su capacidad, así como de la necesidad dentro de la red de suministro 1.
- 50 En una realización, el método 20 comprende la etapa adicional de controlar la batería de almacenamiento de energía 10 en un modo de autonomía. En este modo, la salida de potencia de la batería de almacenamiento de energía 10 es utilizada sola o en combinación con la salida de potencia de la fuente de generación de potencia adicional 3, 4, 5 durante una puesta en marcha de la fuente adicional de generación de energía 3, 4, 5. Cuando es incrementada la potencia de la fuente de generación de energía adicional, la salida de potencia de la fuente de energía de la batería 10 puede ser disminuida.
- 55

En una realización, el método 20 comprende la etapa adicional que consiste en, después del modo de autonomía, reducir gradualmente la salida de potencia de la fuente de energía de la batería 10 hasta que la fuente de generación de energía adicional 3, 4, 5 está funcionando a su plena capacidad.

5 En una realización, el método 20 comprende la etapa adicional de reducir gradualmente la salida de potencia de la batería de almacenamiento de energía 10 desde el nivel de salida de potencia del modo de pico hasta el nivel de salida de potencia del modo de autonomía. Se evitan así cambios de frecuencia repentinos no deseados.

10 La invención también incluye el controlador 12. La figura 9 ilustra el controlador 12 y en particular medios para la implementación de los métodos descritos. El controlador 12 comprende un procesador 33, por ejemplo, una unidad central de procesamiento, un microcontrolador, un procesador de señal digital (DSP), etc., capaz de ejecutar instrucciones de software almacenadas en un producto de programa de ordenador 32, por ejemplo en forma de una memoria. El procesador 33 está conectado a un dispositivo de entrada/salida 30 que recibe entradas desde dispositivos de medición remotos y/o desde sistemas de control tales como SCADA, como se mencionó anteriormente. Se observa que aunque sólo se ilustra un procesador 33 en la figura 8, la implementación puede comprender hardware distribuido para que sean usadas varias CPUs en lugar de una cuando se ejecuta el software.

15 Los métodos y algoritmos o partes de los mismos descritos para su uso en el control del compensador de potencia 6 pueden ser implementados por ejemplo mediante software y/o aplicación de circuitos integrados específicos en el controlador 12. Para este fin, el controlador 12 puede comprender además un programa de ordenador 31 almacenado en el producto 32 de programa de ordenador.

20 Con referencia todavía a la figura 9, la invención también incluye tal programa de ordenador 31 para controlar el compensador de potencia 6. El programa de ordenador 31 comprende un código de programa de ordenador que cuando se ejecuta en el controlador 12, y en particular el procesador 33 del mismo, hace que el controlador 12 realice los métodos, como se ha descrito.

25 Está previsto que el producto 32 de programa de ordenador también comprenda el programa de ordenador 31 y medios legibles por ordenador en los que está almacenado el programa de ordenador 31. El producto 33 de programa de ordenador puede ser cualquier combinación de memoria de lectura y escritura (RAM) o memoria de sólo lectura (ROM). El producto 62 de programa de ordenador también puede comprender un almacenamiento persistente que, por ejemplo, puede ser único o una combinación de memoria magnética, memoria óptica, o memoria de estado sólido.

30 Una diferencia entre la invención, como se ha descrito en diversos aspectos, y la solución de hoy en día se puede resumir en que: cuando la frecuencia cae debido a la pérdida de producción, si el almacenamiento de energía funciona entonces a su nivel máximo hasta que SOC = 0, ninguna acción de remedio conocida tendrá la misma posibilidad de respaldar a la red de forma favorable. La alta salida del almacenamiento de energía está "cercenando" la necesidad de respuesta adicional. Si, por el contrario, la salida del almacenamiento de energía siempre está limitada de tal manera que puede inyectar potencia durante por ejemplo, "15 minutos" cuando la frecuencia pasa fuera de la banda muerta, el sistema de suministro no podría sobrevivir más de unos pocos segundos debido a la demora de tiempo en la producción de energía. Las tasa de reducción progresiva para, por ejemplo, una planta de energía térmica pueden ser de hasta el 10% en un espacio de tiempo razonablemente breve (segundos) y luego del orden de 1-3 (4) % por minuto. Una planta de energía hidroeléctrica puede estar en una variación del 5% por segundo con usualmente una respuesta de etapa de fase no mínima.

40

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Método (20) en un sistema de suministro eléctrico (1) que comprende una o más fuente(s) de generación de energía (3, 4, 5) y un compensador dinámico de potencia (6) que tiene una batería de almacenamiento de energía (10) y que tiene un convertidor de fuente de tensión o un compensador síncrono estático conectado a la batería de almacenamiento de energía (10) por el lado de corriente continua, caracterizado el método (20) por comprender las etapas de:
- medir el estado de carga (SOC) de la batería de almacenamiento de energía (10),
  - detectar (21) una caída de frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico (1) que requiere que sea conectada una fuente de generación de energía adicional (3, 4, 5) al sistema de suministro eléctrico (1) para satisfacer una demanda de potencia, y
  - controlar (22) la salida de potencia desde la batería de almacenamiento de energía (10) del compensador dinámico de potencia (6) durante la puesta en marcha de la fuente de generación de energía adicional (3, 4, 5), limitando así la caída de frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico (1), siendo controlada dicha salida de potencia en función del estado de carga (SOC)
- 15 2. Método (20) según la reivindicación 1, en el que la etapa de controlar (22) la salida de potencia desde la batería de almacenamiento de energía (10) del compensador dinámico de potencia (6) comprende controlar la salida de potencia en un modo de pico, en el que la batería de almacenamiento de energía (10) es usada sola mientras que se espera que se ponga en marcha la fuente de generación de energía adicional (3, 4, 5).
3. Método (20) según la reivindicación 1 o 2, que comprende la etapa adicional de:
- controlar la batería de almacenamiento de energía (10) en un modo de autonomía, durante el cual la salida de potencia de la batería de almacenamiento de energía (10) es utilizada sola o en combinación con la salida de potencia de la fuente de generación de energía adicional (3, 4, 5) durante la puesta en marcha de la fuente de generación de energía adicional (3, 4, 5).
- 25 4. Método (20) según la reivindicación 3, en el que la salida de potencia de la batería de almacenamiento de energía (10) es controlada por la caída de frecuencia o por la desviación de frecuencia del sistema de suministro eléctrico (1).
5. Método (20) según la reivindicación 3 o 4, que comprende la etapa adicional que consiste en., después del modo de autonomía, reducir progresivamente la salida de potencia de la fuente de energía de la batería (10) hasta que la fuente de generación de energía adicional (3, 4, 5) esté funcionando a su máxima capacidad.
- 30 6. Método (20) según cualquiera de las reivindicaciones 3-5, que comprende una etapa adicional de reducción progresiva de la salida de potencia de la batería de almacenamiento de energía (10) desde el nivel de salida de potencia del modo de pico hasta el nivel de salida de potencia del modo de autonomía.
- 35 7. Método (20) según cualquiera de las reivindicaciones 2-6, en el que el modo de pico comprende un primer período de tiempo de detección de perturbación de la frecuencia, de modo que en el modo de pico la batería de almacenamiento de energía (10) está dispuesta para proporcionar su plena capacidad de salida de potencia al sistema de suministro eléctrico (1).
8. Método (20) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la perturbación de la frecuencia resulta de la pérdida de una de las fuentes de generación de energía (3, 4, 5).
- 40 9. Controlador (12) para controlar un compensador dinámico de potencia (6) que tiene una batería de almacenamiento de energía (10) y que tiene un convertidor de fuente de tensión o un compensador síncrono estático conectado por el lado de corriente continua del mismo a la batería de almacenamiento de energía (10), estando conectado el compensador dinámico de potencia (6) a un sistema de suministro eléctrico (1) que comprende una o más fuentes de generación de energía (3, 4, 5), estando caracterizado el controlador (12) por estar dispuesto para:
- recibir mediciones del estado de carga de la batería (SOC) de la batería de almacenamiento de energía (10),
  - detectar una caída frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico (1) que requiere que sea conectada una fuente de generación de energía adicional (3, 4, 5) al sistema de suministro eléctrico (1) para satisfacer una demanda de potencia, y
  - controlar la salida de potencia de la batería de almacenamiento de energía (10) del compensador dinámico de potencia (6) durante la puesta en marcha de la fuente de generación de energía adicional (3, 4, 5), limitando así la caída de frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico (1), siendo controlada dicha salida de potencia en función del estado de carga (SOC).
- 50

10. Programa de ordenador (31) para un controlador (12) que controla un compensador dinámico de potencia (6), que comprende una batería de almacenamiento de energía (10) y que comprende un convertidor de fuente de voltaje o un compensador síncrono estático conectado por su lado de corriente continua a la batería de almacenamiento de energía (10), estando conectado el compensador dinámico de potencia (6) a un sistema de suministro eléctrico (1), comprendiendo el programa de ordenador (21) un código de programa de ordenador que cuando es ejecutado en el controlador (12) hace que el controlador (12) realice las etapas características de:
- 5
- recibir mediciones del estado de carga de la batería (SOC) de la batería de almacenamiento de energía (10),
  - detectar una caída de frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico (1) que requiere que sea conectada una fuente de generación de energía adicional (3, 4, 5) al sistema de suministro eléctrico (1) para satisfacer una
- 10
- demanda de potencia, y
  - controlar la salida de potencia desde la batería de almacenamiento de energía (10) del compensador dinámico de potencia (6) durante la puesta en marcha de la fuente de generación de energía adicional (3, 4, 5), limitando así la caída de frecuencia dentro del sistema de suministro eléctrico (1), y dicha salida de potencia es controlada en función del estado de carga (SOC).
- 15
11. Producto (32) de programa de ordenador que comprende un programa de ordenador (31) según la reivindicación 10, y medios legibles por ordenador en los que está almacenado el programa de ordenador (31).

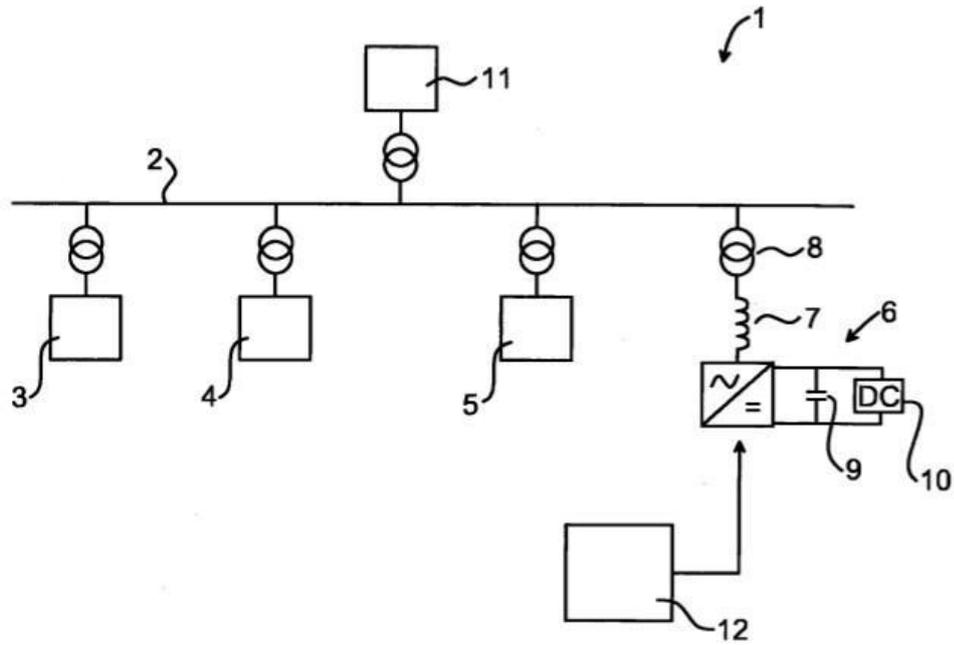


Fig. 1

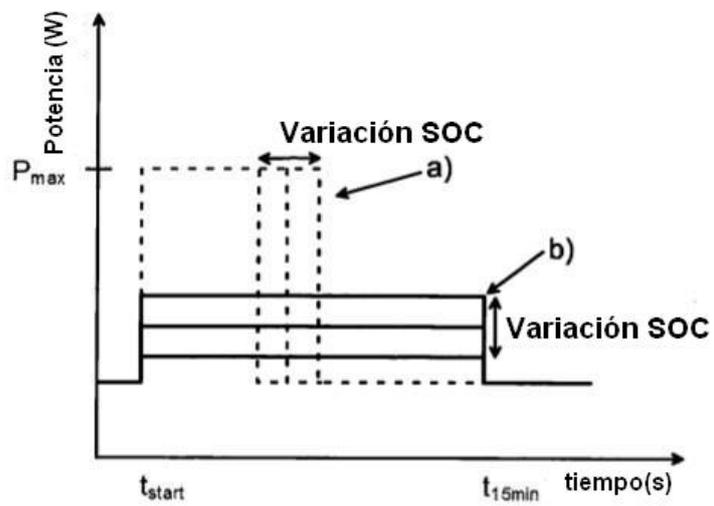


Fig. 2

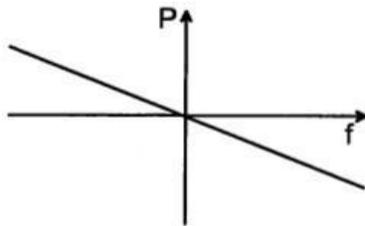
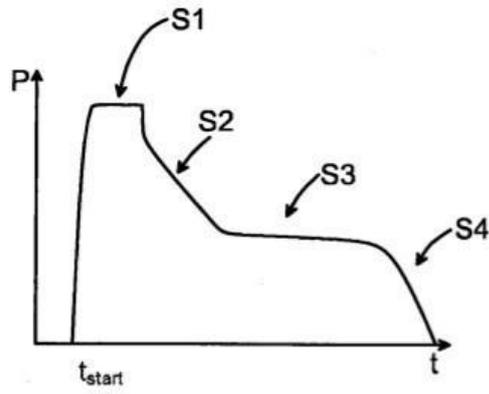
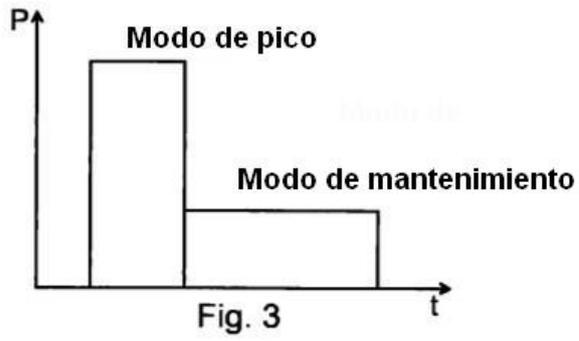


Fig. 5

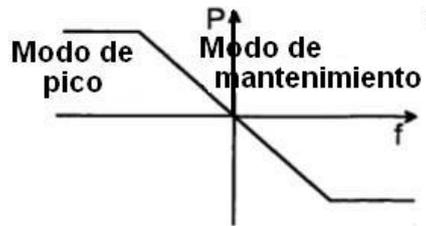


Fig. 6

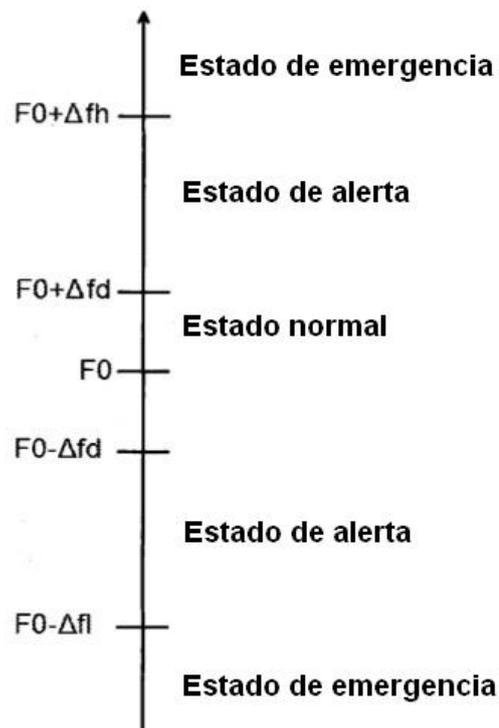


Fig. 7

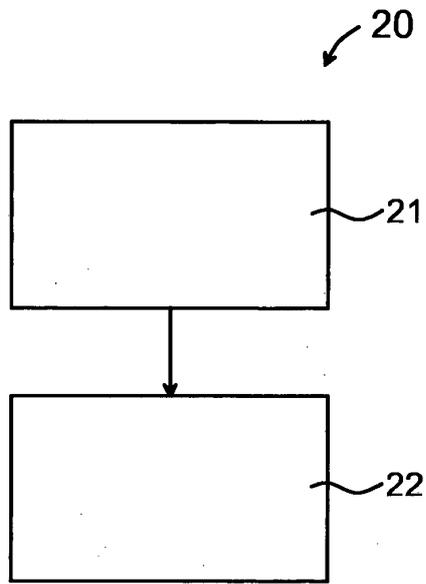


Fig. 8

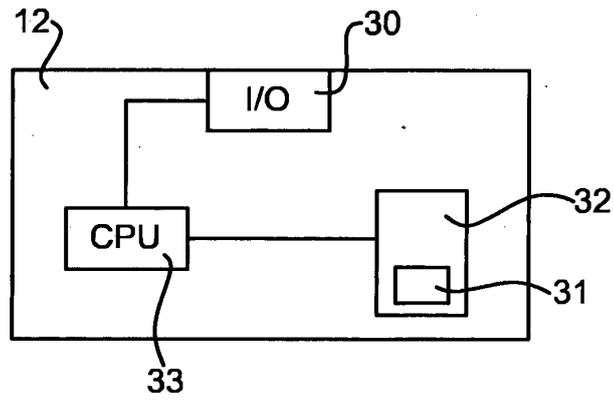


Fig. 9