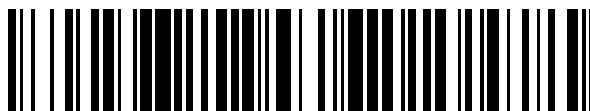


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 749**

51 Int. Cl.:

H02J 3/14

(2006.01)

H02J 3/24

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04754827 .6**

96 Fecha de presentación: **08.06.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1634356**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.03.2006**

54 Título: **Método y dispositivo de control y gestión de la potencia**

30 Prioridad:
13.06.2003 US 461137

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.05.2012

73 Titular/es:
**BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE
PACIFIC NORTHWEST LABORATORIES
INTELLECTUAL PROPERTY DIVISION P.O. BOX
999R
RICHLAND, WA 99352, US**

72 Inventor/es:
**CHASSIN, David, P.;
DONNELLY, Matthew, K. y
DAGLE, Jeffrey, E.**

74 Agente/Representante:
Rizzo, Sergio

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).

ES 2 380 749 T3

DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo de control y gestión de la potencia

ÁMBITO TÉCNICO

- 5 [0001] La presente invención hace referencia a métodos de control de la distribución eléctrica, métodos de control de la demanda de energía eléctrica, y dispositivos de gestión de la potencia.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 [0002] El consumo y la dependencia de la energía eléctrica están aumentando. El uso de la energía eléctrica es omnipresente en casi todos los aspectos de la vida. Las empresas, el entretenimiento, las comunicaciones, etc., son fuertemente dependientes de la energía eléctrica para su funcionamiento fundamental. Los sistemas o redes de distribución eléctrica proporcionan energía eléctrica a viviendas, empresas, instalaciones de fabricación, hospitales, etc. Tales sistemas son típicamente fiables.
- 15 Sin embargo, numerosos sistemas emplean reservas de energía eléctrica en caso de que falle el sistema de distribución de energía que utilizan.

- [0003] Algunos sistemas de distribución eléctrica son sistemas dinámicos en constante cambio y las operaciones a menudo tienen que ver con equilibrar la generación con la carga. La frecuencia del voltaje de la energía eléctrica puede usarse como indicador
- 20 de las variaciones entre la generación de energía eléctrica y el uso de energía eléctrica mediante las cargas asociadas al sistema de distribución eléctrica. Por ejemplo, cuando la demanda sobrepasa la generación, la frecuencia de la energía eléctrica en el sistema de distribución eléctrica puede caer, y a la inversa, cuando hay un exceso de energía eléctrica disponible, la frecuencia aumenta. Durante un periodo
- 25 dado de 24 horas, es deseable equilibrar los excedentes y déficits de energía de manera que la frecuencia media sea 60 Hz, u otra frecuencia deseada.

- [0004] Normalmente, el control del estado del sistema de distribución eléctrica se lleva a cabo mediante el control de las operaciones de los generadores asociados al sistema. Por ejemplo, cuando hay un aumento de la demanda, la salida de los
- 30 generadores puede aumentarse y/o se pueden incorporar otros generadores para ayudar con el suministro de la energía eléctrica. Además, se pueden utilizar reservas rodantes para satisfacer fluctuaciones significativas e inesperadas en la demanda de energía eléctrica. Disponer de reservas rodantes resulta costoso, y la mayoría de las veces no se utilizan.

- 35 [0005] Se han diseñado algunos enfoques de distribución eléctrica para reducir los picos de carga mediante el uso de mecanismos de gestión de la demanda (Demand Side Management, DSM). Las técnicas de DSM incluyen el control directo de la carga,

en el que las empresas públicas tienen la capacidad de reducir cargas específicas cuando las condiciones lo justifiquen. En estas disposiciones, una empresa pública puede emitir una señal de control a cargas específicas cuando se desee una reducción (p.ej., durante los periodos de máximo pico de consumo).

5 **[0006]** Otros enfoques de la distribución de energía eléctrica intentan estabilizar las redes de transmisión de energía en cantidades industriales utilizando dispositivos de sistema de transmisión AC flexible (FACTS, en inglés) externo para mejorar el rendimiento dinámico de los sistemas de transmisión. Los dispositivos FACTS, como los compensadores estáticos de VAR (SVC, en inglés) y condensadores
10 en serie controlados con tiristores (TCSC), son diseñados para proporcionar una mejora de la estabilidad, permitiendo que las instalaciones de transmisión sean cargadas a niveles cercanos a su capacidad térmica máxima. Estos dispositivos pueden proporcionar potencia reactiva para apoyar el voltaje o proporcionar una modulación para amortiguar las oscilaciones electromecánicas.

15 **[0007]** Las empresas públicas pueden utilizar otros dispositivos en los puntos de distribución (p.ej., subestaciones y/o estaciones de clasificaciones) para gestionar las operaciones de distribución de la energía eléctrica. Los ejemplos de dispositivos de gestión incluyen relés de baja frecuencia y baja tensión. Estos dispositivos pueden “apagar” todo un vecindario cuando hay un problema en una red, permitiendo que la
20 red se recupere antes de que se aplique potencia a la zona apagada.

[0008] Las oscilaciones de los flujos de potencia en los sistemas de distribución eléctrica son un motivo de preocupación para las empresas públicas. Algunas técnicas utilizan grandes controladores de flujo de potencia en las líneas de transporte de gran capacidad para reducir o minimizar las oscilaciones de los flujos de potencia. Estos
25 dispositivos normalmente resultan relativamente caros y exigen una importante inversión por parte de las empresas públicas.

[0009] La WO89/08342 revela un método en el que, al detectar una caída en la frecuencia medida de un suministro a una carga por debajo de un umbral, se produce un retardo predeterminado antes de desconectar la potencia de la carga. Se realiza
30 esto para evitar la desconexión prematura que resulta del ruido o pérdida de energía de ciclo sencillo.

[0010] Los aspectos de la presente invención proporcionan un aparato y métodos mejorados para el suministro de energía eléctrica.

35 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0011] Se describen a continuación los modos de realización de la invención preferidos en relación a los siguientes dibujos adjuntos.

La Fig. 1 es un diagrama funcional en bloques de un sistema de distribución eléctrica ejemplar según un modo de realización.

La Fig. 2 es un diagrama funcional en bloques de un dispositivo de gestión de la potencia ejemplar según un modo de realización.

5 La Fig. 3 es una representación ilustrativa de una pluralidad de estados operativos ejemplares del dispositivo de gestión de la potencia según un modo de realización.

La Fig. 4 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de metodología de control para aplicar energía eléctrica a una carga según un modo de
10 realización.

La Fig. 5 es un diagrama de flujo que ilustra otro ejemplo de metodología de control para aplicar energía eléctrica a una carga según un modo de realización.

15 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN PREFERIDOS

[0012] Según la presente invención se proporciona un método de control de la distribución eléctrica como se define en la reivindicación 1 y un dispositivo de gestión de la potencia como se define en la reivindicación 22.

[0013] Los modos de realización de la invención pueden comprender características
20 de cualquiera de los siguientes aspectos relacionados.

[0014] En un aspecto relacionado, un método de control de la distribución eléctrica comprende suministrar energía eléctrica desde un sistema de distribución eléctrica, aplicar la energía eléctrica a una carga, proporcionar una pluralidad de valores diferentes para un umbral en una pluralidad de momentos en el tiempo y
25 correspondientes a una característica eléctrica de la energía eléctrica, y ajustar la cantidad de energía eléctrica aplicada a la carga que en respuesta a una característica eléctrica de la energía eléctrica que activa uno de los valores del umbral en el momento correspondiente en el tiempo.

[0015] En otro aspecto relacionado, el método de control de la distribución eléctrica
30 comprende suministrar energía eléctrica desde un sistema de distribución eléctrica, aplicar la energía eléctrica a una carga, seleccionar aleatoriamente un valor de umbral correspondiente a una característica eléctrica de la energía eléctrica del sistema de distribución eléctrica, y ajustar una cantidad de energía eléctrica aplicada a la carga en respuesta a la característica eléctrica de la energía eléctrica que activa el valor del
35 umbral.

[0016] En otro aspecto relacionado, el método de control de la distribución eléctrica comprende recibir energía eléctrica desde un sistema de distribución eléctrica

utilizando circuitería de control, aplicar energía eléctrica del sistema de distribución eléctrica a una carga utilizando la circuitería de control, vigilar una característica eléctrica de la energía eléctrica recibida utilizando la circuitería de control, y ajustar la aplicación en una pluralidad de momentos en el tiempo en respuesta a la vigilancia, en el que el ajuste comprende el ajuste a una pluralidad de periodos de tiempo de distinta duración en los momentos en el tiempo respectivos.

[0017] En otro aspecto relacionado más, el método de control de la distribución eléctrica comprende suministrar energía eléctrica desde un sistema de distribución eléctrica, aplicar la energía eléctrica a una pluralidad de cargas conectadas al sistema de distribución eléctrica, proporcionar un sistema de gestión de la potencia que comprende una pluralidad de dispositivos de gestión de la potencia conectados a las cargas respectivas, y controlar una característica eléctrica de la energía eléctrica del sistema de distribución eléctrica utilizando el sistema de gestión de la potencia.

[0018] En un aspecto relacionado adicional, un método de control de la demanda de energía eléctrica comprende suministrar energía eléctrica desde un sistema de distribución eléctrica, aplicar la energía eléctrica a una pluralidad de cargas conectadas al sistema de distribución eléctrica, vigilar una característica eléctrica de la energía eléctrica, ajustar la cantidad de energía eléctrica aplicada a al menos una de las cargas que responden al control, y calcular un déficit de la energía eléctrica del sistema de distribución eléctrica en respuesta a la vigilancia.

[0019] En otro aspecto relacionado, el método de control de la distribución eléctrica comprende suministrar energía eléctrica utilizando un sistema de distribución eléctrica, aplicar la energía eléctrica a una carga utilizando un dispositivo de gestión de la potencia, detectar una oscilación de potencia en el sistema de distribución eléctrica, y ajustar una cantidad de energía eléctrica aplicada a la carga utilizando el dispositivo de gestión de la potencia y en respuesta a la detección.

[0020] En otro aspecto relacionado, un dispositivo de gestión de la potencia comprende una interfaz configurada para recibir energía eléctrica desde un sistema de distribución eléctrica y circuitería de control configurada para controlar la cantidad de energía eléctrica que se suministra a la carga conectada al dispositivo de gestión de la potencia, acceder a una pluralidad de valores diferentes para un umbral en una pluralidad de momentos en el tiempo y correspondientes a una característica eléctrica de la energía eléctrica, vigilar la característica eléctrica de la energía eléctrica con respecto al umbral, y ajustar la cantidad de energía eléctrica suministrada a la carga en respuesta a la característica eléctrica de la energía eléctrica que activa uno de los valores respectivos del umbral.

[0021] En otro aspecto relacionado más, un dispositivo de gestión de la potencia comprende una interfaz configurada para recibir energía eléctrica desde un sistema de distribución eléctrica y circuitería de control configurada para controlar una cantidad de energía eléctrica que se suministra a una carga conectada al dispositivo de gestión de la potencia, detectar una oscilación de potencia en el sistema de distribución eléctrica, y ajustar la cantidad de energía eléctrica suministrada a la carga en respuesta a la detección de la oscilación de potencia.

[0022] En relación a la Fig. 1, se muestra un sistema de distribución de energía eléctrica 10 configurado según un ejemplo de modo de realización ilustrativo. El sistema 10 comprende cualquier sistema de suministro eléctrico adecuado configurado para suministrar energía eléctrica al sector residencial, comercial, industrial, o de cualquier otro tipo, desde un suministro a los clientes o consumidores. El sistema de ejemplo 10 representado comprende un suministro de energía eléctrica 12, una red de distribución 14, y un ejemplo de sistema de gestión de la potencia 15 que comprende una pluralidad de dispositivos de gestión de la potencia 16. Se muestra una pluralidad de cargas 18 conectadas al sistema de distribución eléctrica 10 y se configuran para que consuman energía eléctrica proporcionada desde el suministro 12. El sistema 10 puede comprender cargas 18 en algunos modos de realización (p.ej., configuraciones en las que las operaciones de gestión de la potencia se implementan por la propia carga completamente o de forma parcial.)

[0023] El suministro 12 está configurado para suministrar energía eléctrica para el consumo de las cargas 18. El suministro 12 puede estar dispuesto como uno o más generadores u otras estructuras configuradas para suministrar energía eléctrica. Los generadores pueden conectarse o desconectarse individualmente, o la salida de los mismos puede ajustarse, según el uso de la energía eléctrica. En un ejemplo de puesta en práctica, el suministro 12 está configurado para suministrar energía eléctrica de corriente alterna a una frecuencia del sistema de 60 Hz. La frecuencia del sistema es la frecuencia del voltaje del sistema.

[0024] La red de distribución 14 opera de manera que conduce la energía eléctrica desde el suministro 12 a los destinos adecuados para su consumo. En un modo de realización, la red de distribución 14 puede comprender una pluralidad de líneas y transformadores de distribución de diferentes voltajes configurados para que conduzcan la energía eléctrica lo largo de distancias considerables entre ubicaciones geográficas distantes. La red de distribución 14 puede suministrar energía eléctrica a voltajes de ejemplo de 120/240 VCA (residencial), 120/208 VCA (comercial), 277/480 VCA (industrial) u otros voltajes adecuados para el uso de las cargas 18 de clientes en un ejemplo.

[0025] Los dispositivos de gestión de la potencia 16 están configurados para aplicar de manera selectiva energía eléctrica desde el suministro 12 a las respectivas cargas 18 como se describe a continuación. En el ejemplo de puesta en práctica mostrado, todas las cargas ilustradas 18 tienen asociados dispositivos de gestión de la potencia 16. En otras configuraciones, sólo algunas cargas 18 pueden tener asociados dispositivos de gestión de la potencia 16.

[0026] Los dispositivos de gestión de la potencia 16 están configurados para vigilar al menos una característica de la energía eléctrica proporcionada desde el suministro 12. En un modo de realización, los dispositivos de gestión de la potencia 16 están configurados para vigilar la frecuencia del sistema de la energía eléctrica y ajustar la cantidad de energía eléctrica suministrada a las carga respectiva 18 en respuesta a la vigilancia. Por ejemplo, en una puesta en práctica operativa, los dispositivos de gestión de la potencia 16 pueden reducir la cantidad de energía eléctrica suministrada a las cargas respectivas 18 en respuesta a la detección de una caída en la frecuencia del sistema de la energía eléctrica proporcionada por el suministro 12.

[0027] En un ejemplo de modo de realización, los dispositivos de gestión de la potencia 16 se ilustran separados de las cargas 18. En otros modos de realización posibles, los dispositivos de gestión de la potencia 16 pueden colocarse de forma próxima a las cargas respectivas 18, situarse físicamente de forma adyacente a las cargas respectivas 18, integrarse en las cargas 18 (p.ej., situando los dispositivos de gestión de la potencia 16 dentro de las carcasas de las cargas 18), etc. También es posible llevar a cabo las operaciones de gestión de la potencia aquí descritas (u otras operaciones de la circuitería de control descritas a continuación) utilizando la circuitería de control de la carga misma y configurada para controlar las operaciones con respecto a la carga. Estas implementaciones se citan a modo de ejemplo y son posibles otras implementaciones u operaciones.

[0028] Las cargas 18 pueden tener cualquier configuración que consuma la energía eléctrica suministrada. Se puede hacer referencia a las cargas 18 también con los términos aparatos, motores, o equipos de utilización. Además, una o más cargas 18 pueden comprender una pluralidad de cargas internas diferentes. El consumo de energía eléctrica por dichas cargas 18 puede ajustarse desconectando una carga interna mientras se deja otra carga interna conectada. Por ejemplo, para un aparato dado, puede haber una carga de control en la que se lleva a cabo el procesamiento (p.ej., circuito de 3-5 voltios) y cargas de mayor voltaje incluyendo ejemplos de motores, serpentines de calentamiento, etc. Durante las operaciones de gestión de la potencia de ejemplo, puede ser deseable ajustar una cantidad de energía eléctrica aplicada a una de las cargas internas mientras que se continúa suministrando la

cantidad total de energía eléctrica a otra de las cargas internas. Alternativamente, la potencia puede reducirse en todas las cargas internas o interrumpirse por completo. Se pueden utilizar otros métodos para ajustar la cantidad de energía eléctrica consumida en una carga dada 18.

5 **[0029]** En un modo de realización, las cargas representadas 18 corresponden a cargas en una o más ubicaciones de los clientes. Las cargas 18 pueden configurarse para consumir la energía eléctrica recibida a través de cualquier conector eléctrico adecuado (p.ej., una toma de corriente en pared) desde el suministro 12. En un modo de realización, la vigilancia del sistema de energía eléctrica 10 y/o el control de los
10 modos operativos de las cargas 18 puede llevarse a cabo mediante circuitería de control (p.ej., la circuitería de control 24 de los dispositivos 16 descrita a continuación) en la ubicación del cliente (p.ej., próxima a las cargas 18). Se describen detalles adicionales de ejemplos de operaciones de gestión de la potencia y de circuitería de control para poner en práctica operaciones de gestión de la potencia en la solicitud de
15 patente estadounidense co-pendiente US 2004/0254654 titulada "Métodos de control del consumo de energía de los aparatos eléctricos y sistemas de consumo de energía eléctrica".

[0030] En relación a la Fig. 2, se muestra una configuración de ejemplo de un dispositivo de gestión de la potencia 16 configurado para ajustar la cantidad de
20 energía eléctrica suministrada a una carga. El dispositivo de gestión de la potencia ilustrado 16 comprende una interfaz 20, un transformador de potencia 22, circuitería de acondicionamiento de frecuencia 23, circuitería de control 24, un reloj 26, y un relé 28.

[0031] La interfaz 20 está configurada para conectarse a la red 14 del sistema de distribución eléctrica 10 y recibir energía eléctrica. La interfaz 20 puede adaptarse al
25 tamaño y ser configurada según las necesidades energéticas de la carga respectiva 18.

[0032] El transformador de potencia 22 está conectado a una interfaz 20 y está configurado para transformar la energía eléctrica para el procesamiento en los dispositivos de gestión de la potencia 16. En un ejemplo de puesta en práctica, el
30 transformador de potencia se configura de manera que reduzca el voltaje de la energía eléctrica recibida desde la red 14 y producir la salida de energía eléctrica con un voltaje aproximado de 30 VCA.

[0033] La circuitería de acondicionamiento de frecuencia 23 en una posible puesta en práctica está configurada inicialmente para convertir la energía eléctrica de corriente
35 alterna sinusoidal recibida en una onda cuadrada indicativa del cruce por cero de la onda sinusoidal. Por ejemplo, la circuitería de acondicionamiento de frecuencia 23 puede comprender un divisor de voltaje para proporcionar una onda sinusoidal de 8

VCA a un amplificador de alta velocidad de la circuitería de control 23 y estar configurado para proporcionar una onda cuadrada de ± 5 VCA. La circuitería de acondicionamiento de la frecuencia 23 puede comprender además circuitos de recorte del voltaje configurados para recibir las ondas cuadradas de ± 5 VCA y proporcionar una onda de pulso en la que el flanco ascendente representa un evento de cruce por cero positivo de la energía eléctrica de la red 14 y un flanco descendente representa un evento de cruce por cero negativo de la energía eléctrica de la red 14 (aunque no se muestra, el divisor de voltaje, el amplificador de alta velocidad y el circuito de recorte del voltaje de un ejemplo de circuitería de acondicionamiento de frecuencia 23 puede configurarse en serie). En consecuencia, estos flancos de la onda de pulso corresponden a los cruces por cero respectivos de la onda de CA. La circuitería de acondicionamiento de frecuencia 23 puede comprender circuitería de acondicionamiento adicional (no mostrada) en el divisor del voltaje, amplificador y/o circuito de recorte para filtrar las pequeñas fluctuaciones del voltaje correspondientes al ruido. Otras disposiciones de la circuitería de acondicionamiento de la frecuencia 23 son posibles.

[0034] La circuitería de control 24 está configurada para vigilar la energía eléctrica recibida y controlar las operaciones del dispositivo de gestión de potencia 16 y/o de la carga 18 para mantener el funcionamiento del sistema de distribución eléctrica 10 dentro del rango deseado. En un modo de realización, la circuitería de control 24 puede comprender circuitería configurada para implementar la programación deseada. Por ejemplo, la circuitería de control 24 puede ejecutarse como procesador u otra estructura configurada para ejecutar instrucciones ejecutables incluyendo, por ejemplo, instrucciones del software y/o firmware. En una configuración, la programación adecuada puede almacenarse en la memoria 25 de la circuitería de control 24. Otros ejemplos de modos de realización de la circuitería de control 24 incluyen lógica de hardware, PGA, FPGA, ASIC, u otras estructuras. Estos ejemplos de circuitería de control 24 tienen propósitos ilustrativos, y son posibles otras configuraciones.

[0035] En una configuración, el sistema de gestión de la potencia 15 y los dispositivos de gestión de la potencia 16 están configurados para ejecutar operaciones de gestión de la potencia del sistema de distribución eléctrica 10. La circuitería de control 24 de los dispositivos 16 está configurada para vigilar la energía eléctrica del sistema 10 y ejecutar y/o controlar las operaciones de gestión de la potencia en respuesta al control en un ejemplo. Los ejemplos de operaciones de gestión de la potencia incluyen ajustar una cantidad de energía eléctrica suministrada a las cargas respectivas 18 utilizando los dispositivos de gestión de la potencia 16.

[0036] Por ejemplo, la circuitería de control 24 puede emitir una señal de control a un controlador 30 de la carga respectiva 18 para ejecutar operaciones de gestión de la potencia. La señal de control puede ordenar a la carga 18 que entre en un modo de operación en el que consuma menos energía eléctrica.

5 **[0037]** Alternativamente, o además de la aplicación de una señal de control al controlador 30, la circuitería de control 24 puede controlar un relé 28 para ajustar una cantidad de energía eléctrica aplicada a la carga 18. Por ejemplo, la circuitería de control 24 puede controlar un relé 28 para que interrumpa o reduzca la cantidad de energía eléctrica que pasa el mismo a la carga 18. A continuación se describen
10 detalles adicionales de ejemplos de vigilancia y control de la circuitería de control 24. Además, los dispositivos de gestión de la potencia 16 pueden utilizar otras operaciones de gestión de la potencia en respuesta a la supervisión de la energía eléctrica del sistema de distribución eléctrica 10.

[0038] Es deseable minimizar la desviación de la frecuencia de la energía eléctrica del sistema de distribución eléctrica 10 de un valor nominal deseado (p.ej., 60 Hz). Se
15 pueden emprender diversas acciones de corrección para minimizar dichas desviaciones. En una configuración, la salida de los generadores de suministro 12 puede ajustarse o pueden conectarse o desconectarse generadores adicionales al suministro 12 en un intento de corregir las condiciones de desviación de la frecuencia
20 del sistema.

[0039] Según los aspectos de la invención, los dispositivos de gestión de la potencia 16 pueden emprender operaciones de gestión de la potencia en un intento de equilibrar la generación de energía eléctrica y el consumo y de mantener una frecuencia de la energía eléctrica dentro de un intervalo deseado. Por ejemplo, en una
25 configuración, la circuitería de control 24 supervisa al menos una característica eléctrica de la energía eléctrica suministrada por la red 14 (p.ej., la frecuencia del sistema en el ejemplo descrito) y ajusta una cantidad de energía eléctrica consumida por la carga 18 en respuesta a la supervisión.

[0040] Se puede emprender un ejemplo de supervisión de la frecuencia del sistema utilizando un reloj 26 en la configuración ilustrada. Por ejemplo, el reloj 26 proporciona
30 una señal del reloj de referencia, como una señal de 7,2 MHz, a la circuitería de control 24. La circuitería de control 24 está configurada para contar el número de pulsos de la señal del reloj correspondientes a pulsos de la onda de pulso recibida de la circuitería de acondicionamiento de frecuencia 23. Por ejemplo, la circuitería de
35 control 24 puede contar el número de pulsos de la señal del reloj entre flancos ascendentes de la onda de pulsos. El número de pulsos contados corresponde a la frecuencia del sistema de la energía eléctrica recibida.

[0041] La circuitería de control 24 también está configurada para acceder a un valor de un umbral de deslastre para operaciones de comparación que pueden activar operaciones de gestión de la potencia. La circuitería de control 24 compara el número de pulsos del reloj contabilizados con respecto al valor del umbral de deslastre para comparar la frecuencia de la energía eléctrica recibida con respecto al valor del umbral de deslastre. Como se describe a continuación, la supervisión puede activar operaciones de control de la gestión de la potencia de los dispositivos de gestión de la potencia 16, incluyendo, por ejemplo, ajustar o interrumpir el suministro de energía eléctrica de la red 14 a la carga respectiva 18.

[0042] En algunas configuraciones, se pueden conectar, y normalmente se conectan, simultáneamente a una red dada 14 numerosos dispositivos de gestión de la potencia 16 configurados para ejecutar operaciones de gestión de la potencia. Se pueden introducir altas tensiones si se configuraran todos o un número importante de dispositivos 16 para ejecutar simultáneamente las operaciones de ajuste de la potencia.

[0043] Según un aspecto, los dispositivos de gestión de la potencia 16 están configurados para ejecutar operaciones de gestión de la potencia en distintos momentos en el tiempo para distribuir los efectos de tales ajustes de los dispositivos 16 en un periodo de tiempo más largo para evitar o minimizar las tensiones al suministro 12 y la red 14 como resultado de las operaciones de ajuste de la potencia. En un modo de realización, los dispositivos de gestión de la potencia 16 están configurados para ejecutar operaciones de ajuste de la potencia en respuesta a diferentes criterios. En un modo de realización, los dispositivos 16 pueden estar configurados con diferentes valores del umbral de deslastre para controlar la activación de las operaciones de gestión de la potencia. El uso de distintos valores del umbral de deslastre provoca que los dispositivos 16 inicien, en respuesta a diferentes valores de la frecuencia de la energía eléctrica en el ejemplo descrito, la propagación de los efectos de las operaciones de gestión de la potencia.

[0044] Según un ejemplo de modo de realización, si la frecuencia de sistema de la energía eléctrica alcanza un primer valor (p.ej., 59,95 Hz), todos los dispositivos 16 configurados con el primer valor llevarán a cabo operaciones de gestión de la potencia. A partir de entonces, si la frecuencia del sistema continúa cayendo hasta un segundo valor (p.ej., 59,93 Hz), todos los dispositivos configurados con el segundo valor ejecutarán operaciones de gestión de la potencia. Este ejemplo de metodología puede utilizar diferentes valores adicionales del umbral de deslastre para dispositivos adicionales 16 para propagar los efectos o inconvenientes de las operaciones de gestión de la potencia a lo largo de un periodo de tiempo más extenso.

[0045] Según el ejemplo arriba descrito, los dispositivos 16 configurados para iniciarse en un valor más cercano a la frecuencia de sistema nominal activarán las operaciones de gestión de la potencia primero. Algunas de dichas operaciones (p.ej., reducir o interrumpir la aplicación de energía eléctrica) pueden afectar negativamente al funcionamiento de las cargas asociadas 18.

[0046] Según aspectos adicionales de ejemplo, se desea configurar dispositivos de gestión de la potencia individuales 16 para utilizar una pluralidad de valores diferentes para el umbral de deslastre en diferentes momentos en el tiempo para operaciones de comparación para evitar o minimizar que uno o más de los dispositivos 16 sea propenso más frecuentemente a operaciones de gestión de la potencia que otros de los dispositivos 16. Por lo tanto, el uso de distintos valores de los umbrales de deslastre respectivos por los dispositivos 16 proporciona una distribución equitativa de los inconvenientes de la gestión de la potencia a los usuarios asociados en una ejecución.

[0047] En un modo de realización, los dispositivos de gestión de la potencia 16 están configurados de manera individual para variar los valores del umbral de deslastre en diferentes momentos en el tiempo para proporcionar una pluralidad de valores diferentes para el umbral de deslastre. En los aspectos de ejemplo descritos a continuación, los dispositivos de gestión de la potencia 16 asignan aleatoriamente el valor respectivo en diferentes momentos temporales. La asignación aleatoria por parte de los dispositivos individuales 16 proporciona valores para el umbral de deslastre entre un valor límite superior y un valor límite inferior que controlan las frecuencias respectivas a las que se ejecutarán las operaciones de gestión de potencia en respuesta a la frecuencia del sistema. Puede desearse establecer el valor límite superior en un punto por debajo de una frecuencia o un valor críticos para evitar que los dispositivos se activen con demasiada frecuencia en respuesta a las fluctuaciones operativas normales de la frecuencia de sistema del sistema de distribución eléctrica 10. Utilizando como ejemplo la red eléctrica del oeste de Norteamérica (western grid), el valor límite superior correspondiente al valor crítico podría ser 59,95 Hz. El valor crítico puede variar de un sistema a otro y también en diferentes momentos del año.

[0048] Al fijar el valor límite inferior se establece un intervalo o distribución deseados de la activación de los dispositivos de gestión de la potencia 16 desde el valor límite superior, así como también se iniciarían todos los dispositivos de gestión de la potencia 16 si la frecuencia del sistema cayera al valor límite inferior. En un modo de ejecución, el valor límite inferior se selecciona de manera que proporcione un intervalo de distribución de al menos 0,01 Hz, y quizá 0,05 Hz, entre el valor límite superior y el valor límite inferior. Se pueden facilitar otros intervalos en otros modos de realización.

[0049] Se puede utilizar la distribución estadística para asignar valores para el umbral de deslastre de los respectivos dispositivos 16 entre los valores límite superior e inferior. Una puesta en práctica de la aleatorización incluye la asignación de valores de los respectivos umbrales de deslastre en el momento del encendido de los dispositivos de gestión de la potencia 16 para proporcionar una distribución uniforme de los valores del umbral de deslastre entre los dispositivos de gestión de la potencia 16 presentes. El encendido puede incluir el suministro de energía operativa a la circuitería de control 24 del dispositivo 16.

[0050] Como se ha mencionado con anterioridad, la circuitería de control 24 de un dispositivo 16 puede comprender una memoria 25, y la memoria 25 puede utilizarse para asignar aleatoriamente valores respectivos para el umbral de deslastre en el momento del encendido del dispositivo 16. Por ejemplo, la memoria 25 puede comprender una memoria de matriz de puertas programable (PGA) o una memoria estática de acceso aleatorio (SRAM). En el momento del encendido, dichas configuraciones de la memoria inicializan con un número aleatorio resultante del ruido eléctrico. Por lo tanto, una parte de la memoria 25 puede utilizarse para establecer el valor del umbral de deslastre en el momento del encendido. La circuitería de control 24 puede acceder a partir de entonces a los números generados aleatoriamente de la memoria y utilizar el número accedido como desviación u *offset* (y se fija el umbral de deslastre en consecuencia) para fines comparativos con respecto a los valores contabilizados del reloj 26 durante las operaciones de control de la frecuencia del sistema. En un ejemplo, el número generado aleatoriamente para un dispositivo dado 16 puede restarse al valor límite superior para definir el umbral de deslastre respectivo del dispositivo 16. La desviación generada de manera aleatoria se elige de manera que el valor de activación no exceda el valor límite inferior. Una configuración proporciona una desviación de 0,001 Hz del umbral de deslastre por valor de bit. Por lo tanto, si se desea un intervalo entre los valores límite superior e inferior de 0,05 Hz, se utilizan 50 posibles valores de bit diferentes. Se pueden emplear otros métodos para la ejecución de la variación de valores del umbral de deslastre.

[0051] Los valores del umbral de deslastre pueden actualizarse o modificarse a intervalos o en respuesta a condiciones distintas de las operaciones de encendido. Por ejemplo, en un modo de realización posible, la circuitería de control 24 puede reinicializar la memoria 25 en los momentos temporales deseados para restablecer los valores generados aleatoriamente. La reinicialización en respuesta a las acciones de la circuitería de control 24 u otra estructura puede ser deseable en situaciones en las que un dispositivo 16 pueda sufrir periodos significativos de tiempo en los que no se realiza ninguna operación de encendido (p.ej., el dispositivo 16 está encendido durante

largos periodos de tiempo). En otros modos de realización, el umbral de deslastre es fijo para los dispositivos 16.

[0052] Tras la ejecución de las operaciones de gestión de la potencia iniciadas en respuesta a la activación del umbral de deslastre, la circuitería de control 24 continúa supervisando la energía eléctrica del sistema 10 para determinar un momento apropiado para la vuelta al funcionamiento normal (p.ej., un consumo aumentado). En un modo de realización, el umbral de restauración puede usarse para controlar la reanudación de las operaciones de consumo de energía normales con respecto a la carga 18. Según una configuración, el valor para el umbral de deslastre puede utilizarse como un valor del umbral de restauración para determinar cuando reanudar las operaciones normales (p.ej., en respuesta a que la frecuencia del sistema haya aumentado por encima del valor del umbral de deslastre). En otro modo de realización, el valor de histéresis puede utilizarse para definir el valor del umbral de restauración.

[0053] En relación a la Fig. 3, se muestran ejemplos de estados de los dispositivos de gestión de la potencia 16 con respecto a la frecuencia del sistema y un ejemplo de umbral de deslastre y umbral de restauración. El umbral de deslastre se representa mediante TH1 y el umbral de restauración mediante TH2. La frecuencia nominal del sistema puede ser 60 Hz. El valor de histéresis puede definirse como la diferencia entre TH1 y TH2. La histéresis se usa en un aspecto para minimizar las operaciones de reanudación en condiciones continuadas de inestabilidad de la red.

[0054] En el estado 0, el dispositivo de gestión de la potencia 16 se encuentra en modo de consumo normal de energía en el que el dispositivo 16 suministra la energía eléctrica deseada a la carga respectiva 18. Tras la detección de la frecuencia del sistema que da lugar a TH1 (p.ej., una caída por debajo de TH1), el dispositivo 16 entra en el estado 1 en el que la energía eléctrica bien no se aplica a la carga 18 o bien se aplica una cantidad reducida de energía eléctrica. Durante el estado 1, la circuitería de control 24 vigila la frecuencia del sistema con respecto al umbral de restauración. Una vez que la frecuencia del sistema aumenta por encima del umbral de restauración, el estado del sistema de distribución eléctrica 10 se está recuperando y el dispositivo 16 entra en el estado 3.

[0055] En el estado 3, se puede activar un temporizador de retardo para establecer un periodo de retardo para devolver el dispositivo respectivo 16 al modo operativo normal. En un modo de realización, la duración del retardo es diferente para los distintos dispositivos 16. En un aspecto, es deseable que los dispositivos realicen las operaciones de reanudación o restauración en momentos diferentes para minimizar las fluctuaciones de carga simultáneas y significativas en respuesta a los numerosos dispositivos 16 que están restaurando el consumo en un mismo momento. Por lo tanto,

los diferentes dispositivos 16 tienen periodos de retardo diferentes que se inician en respuesta a la frecuencia del sistema que activa el umbral de restauración TH2. Los periodos de retardo son contados por los respectivos dispositivos 16 en respuesta a la activación de TH2 y a continuación las cargas respectivas 18 pueden ser restauradas tras los respectivos periodos de retardo.

[0056] En un modo de realización, la cantidad de retardo para un dispositivo individual dado 16 cambia en diferentes momentos temporales. Por ejemplo, el periodo de retardo puede ser generado aleatoriamente en diferentes momentos temporales. El retardo puede calcularse utilizando el valor de la memoria 25 descrito arriba en un ejemplo. Como se ha descrito en el ejemplo previo, el número aleatorio puede ser generado a partir de 50 o más posibles números aleatorios diferentes por la memoria 25. La circuitería de control 24 puede utilizar el número generado aleatoriamente para obtener una duración de retardo en segundos correspondiente a la magnitud del número generado de forma aleatoria. Tras detectar que la frecuencia del sistema asciende por encima de TH2, la circuitería de control 24 puede contar el respectivo periodo de retardo durante el estado 3 (p.ej., en modo de espera), y después volver al estado 0 incluyendo la restauración de la carga y el seguimiento de la frecuencia del sistema con respecto a TH1. Es posible utilizar otros métodos para variar los valores del umbral de deslastre y/o el periodo de retardo antes de la restauración de la carga. Por ejemplo, se puede llevar a cabo la variación mediante un número de valores rotativos u otro mecanismo que no comprenda la generación aleatoria.

[0057] Ejemplos adicionales de aspectos operativos proporcionan operaciones de periodo preestablecido (*time-out*). Por ejemplo, es posible que la frecuencia de sistema pueda permanecer por debajo del umbral de deslastre durante un largo periodo de tiempo. Puede no ser aceptable deslastrar la carga asociada durante periodos de tiempo excesivos. En un modo de realización, la circuitería de control 24 está configurada para controlar una duración de tiempo que se está en el estado 1 con respecto al periodo de preestablecido. Si la duración de tiempo excede el periodo preestablecido, la circuitería de control 24 podrá entrar en el estado 2 para iniciar las operaciones de restauración de la carga tras el periodo de retardo, o alternativamente, proceder a la restauración inmediata de la carga 18. En otros modos de realización, un usuario puede introducir una orden vía una interfaz u otro dispositivo adecuado (no mostrado) para darle instrucciones a la circuitería de control 24 de omitir las operaciones de deslastre de cargas.

[0058] En relación a la Fig. 4, se muestra una metodología de ejemplo utilizada por la circuitería de control 24 que representa un ejemplo de supervisión de la energía

eléctrica y realización de operaciones de gestión de la potencia. Es posible utilizar otros métodos incluyendo más o menos fases, o fases alternativas.

[0059] En la fase S10, la circuitería de control se configura para determinar el umbral de deslastre. En una configuración, el umbral de deslastre se calcula utilizando un valor generado aleatoriamente por la memoria.

[0060] En la fase S12, la circuitería de control se configura para situar al dispositivo de gestión de la potencia en un modo de operación normal en el que se aplica una cantidad de energía eléctrica deseada a la carga asociada para facilitar el funcionamiento adecuado de la carga.

[0061] En la fase S14, la circuitería de control realiza operaciones de control de la energía eléctrica del sistema de distribución eléctrica incluyendo la obtención de valores del reloj asociado y valores de datos de la circuitería de acondicionamiento de frecuencia (p.ej., la onda de pulso descrita previamente) para determinar una característica eléctrica de la energía eléctrica del sistema de distribución eléctrica (p.ej., la circuitería de control puede calcular el valor del sistema).

[0062] En la fase S16, la circuitería de control compara la frecuencia de sistema calculada con respecto al umbral de deslastre para determinar si se desea llevar a cabo operaciones de gestión de la potencia (p.ej., en respuesta a una caída de la frecuencia del sistema por debajo del valor límite superior).

[0063] Si la condición de la fase S16 es negativa, la circuitería de control vuelve a la fase S14 para continuar controlando la característica eléctrica.

[0064] Si la condición de la fase S16 es afirmativa, la circuitería de control avanza a la fase S18 para realizar operaciones de gestión de la potencia ejemplares. En el ejemplo descrito, la circuitería de control ajusta una cantidad de consumo de energía a una carga asociada. La circuitería de control puede realizar una operación de deslastre de la carga en la que se reduce o interrumpe una cantidad de energía eléctrica consumida por una carga. La fase S18 corresponde al momento en que el dispositivo de gestión de la potencia entra en el modo de operación del estado 1 desde el estado 0.

[0065] En la fase S20, la circuitería de control obtiene valores del reloj y de datos actualizados para continuar con el control de la característica eléctrica de la energía eléctrica del sistema de distribución eléctrica.

[0066] En la fase S22, la circuitería de control determina si el funcionamiento del sistema de distribución de la potencia ha vuelto a un nivel aceptable. La fase S22 puede comprender que la circuitería de control compare la frecuencia del sistema con respecto al umbral de restauración.

[0067] Si la condición de la fase S22 es negativa, la circuitería de control vuelve a la fase S20 para obtener datos actualizados para las operaciones de control continuadas.

[0068] Si la condición de la fase S22 es afirmativa, la circuitería de control avanza a la fase S24 para contar el periodo de retardo deseado. El periodo de retardo puede calcularse aleatoriamente, o de lo contrario puede ser variado o fijado. Avanzar de la fase S22 a la fase S24 corresponde al estado del dispositivo de gestión de la potencia que cambia del estado 2 al estado 3.

[0069] Tras contar el periodo de retardo, la circuitería de control opera para restaurar la carga en la fase S26 en la que puede aumentarse la cantidad de energía eléctrica aplicada a la carga respectiva.

[0070] Como se ha descrito arriba en relación a la Fig. 1, el sistema de gestión de la potencia 15 puede ejecutarse utilizando una pluralidad de dispositivos de gestión de la potencia 16 en la configuración ejemplar ilustrada. El sistema de gestión de la potencia 15 puede considerarse como un sistema para gestionar operaciones del sistema de distribución eléctrica 10 mediante el control de la cantidad de energía eléctrica consumida utilizando cargas asociadas 18. Las operaciones del sistema de gestión de la potencia 15 pueden utilizarse para controlar una característica eléctrica de la energía eléctrica del sistema de distribución eléctrica 10 si se pone en práctica utilizando un número suficiente de dispositivos de gestión de la potencia 16, o una cantidad suficiente de la totalidad de la carga conectada al sistema de distribución eléctrica 10 es controlada mediante los dispositivos 16. Por ejemplo, se cree que el control de aproximadamente un 3% de la carga o más de un sistema 10 puede dar cambios perceptibles en la operación del sistema.

[0071] Los dispositivos de gestión de la potencia de ejemplo 16 aquí descritos están configurados para supervisar la frecuencia del sistema de la energía eléctrica del sistema de distribución eléctrica 10 y para llevar a cabo operaciones de gestión de la potencia en respuesta a dicha supervisión. Si se facilitan en una cantidad suficiente, los dispositivos de gestión de la potencia 16 del sistema 15 pueden utilizarse para controlar una característica eléctrica de la energía eléctrica. En el ejemplo descrito, los dispositivos de gestión de la potencia 16 realizan automáticamente operaciones de deslastre de la carga en respuesta a que la frecuencia del sistema se esté desviando lo suficiente de la frecuencia nominal deseada. Si se utilizan en una cantidad suficiente, el efecto agregado de las operaciones de deslastre de cargas de los dispositivos 16 puede provocar automáticamente que la frecuencia del sistema vuelva a un intervalo de desviación aceptable de la frecuencia nominal del sistema. Como se ha mencionado previamente, la desviación de la frecuencia del sistema de la

frecuencia nominal representa disparidades entre la generación de energía eléctrica y el consumo. Si el consumo de energía eléctrica es mayor que la producción, la frecuencia del sistema cae en relación con la frecuencia nominal deseada. Por lo tanto, el deslastre de cargas automático utilizando los dispositivos 16 en respuesta a las operaciones de supervisión de la frecuencia del sistema reduce la disparidad de consumo y generación en un momento dado, y la frecuencia del sistema empieza a volver a un intervalo aceptable sin alterar las operaciones del suministro 12.

[0072] Como se ha mencionado arriba, los dispositivos de gestión de la potencia 16 están configurados según una pluralidad de reglas definidas para llevar a cabo el deslastre de la carga y las operaciones de restauración en los ejemplos mostrados. Los modos de realización descritos facilitan las reglas que controlan el deslastre y restauración de las cargas en respuesta a la supervisión de la energía eléctrica del sistema de distribución eléctrica 10. Como se ha descrito arriba, las reglas ejemplares de los dispositivos 16 reducen o interrumpen la aplicación de energía eléctrica a las respectivas cargas 18 en respuesta a la característica eléctrica de la energía eléctrica que activa los valores de los respectivos umbrales de los dispositivos 16.

[0073] Si se utiliza un número suficiente de dispositivos 16 configurados según las reglas ejemplares aquí descritas, esto resulta en un comportamiento emergente del sistema 15 en el que los dispositivos 16, de acuerdo con una reglas comunes bien definidas, cambian el comportamiento de grupo agregado de dichos dispositivos 16 que actúan conjuntamente (p.ej., cambian el comportamiento del sistema 10 correspondiente a un cambio en la característica eléctrica de la energía eléctrica en el sistema 10) y los dispositivos individuales 16 son autónomos y ajenos a los objetivos del sistema 15 en una configuración.

[0074] La provisión de valores límite superiores e inferiores define un intervalo operativo deseado del sistema de distribución eléctrica 10 para la respectiva característica eléctrica que se está observando. El uso de un número suficiente de dispositivos de gestión de la potencia 16 del sistema 15 configurados con los valores límite superior e inferior puede mantener las operaciones del sistema de distribución eléctrica 10 dentro del intervalo operativo deseado.

[0075] Si se utiliza un número suficiente de dispositivos 16 en el sistema 10, es posible, según un aspecto adicional, determinar o brindar un cálculo aproximado de la magnitud del déficit de la producción de energía eléctrica (también conocida como carga no abastecida) en momentos temporales utilizando la información de la frecuencia del sistema. Por ejemplo, si los dispositivos 16 están asociados a las cargas 18 que presentan cantidades conocidas de consumo de energía (y también se conoce a qué valores aproximados de la frecuencia del sistema en los que los

dispositivos 16 realizan operaciones de deslastre de cargas), entonces es posible conocer la cantidad aproximada de déficit de energía eléctrica en los momentos temporales correspondientes a la frecuencia del sistema. En otras palabras, si la frecuencia del sistema está en un valor dado en el que se sabe que un número de dispositivos 16 y cargas asociadas 18 se encuentran en modo de operación de deslastre debido al intervalo respectivo de umbrales de activación (el número de cargas en modo de deslastre está determinado por la frecuencia del sistema y los respectivos umbrales de activación, y se conoce la cantidad de energía eléctrica asociada consumida o deslastrada por las cargas), entonces es posible calcular la cantidad de energía eléctrica que falta con respecto al sistema 10. Además, al utilizar el precio de la energía eléctrica en el momento temporal concreto, así como la curva de suministro y de demanda, es posible estimar el precio de la energía eléctrica si la cantidad del déficit se suministra mediante el incremento de la salida del suministro 12. Por lo tanto, la frecuencia del sistema puede utilizarse para determinar o proporcionar una estimación de una cantidad de carga no abastecida en diferentes momentos y ofrecer una aproximación de la información del precio si la carga no abastecida debiera abastecerse mediante el incremento de la salida de energía eléctrica del suministro 12.

[0076] Como se ha descrito arriba, los aspectos ejemplares del sistema de gestión de la potencia 15 descritos aquí cuentan con dispositivos de gestión de la potencia 16 que cambian los respectivos umbrales para crear una distribución equitativa de la inconveniencia (p.ej., deslastre de carga) a los usuarios. Además, el uso de un número suficiente de dispositivos 16 configurados según las reglas ejemplares aquí descritas da lugar a un comportamiento emergente.

[0077] Según aspectos adicionales, el sistema de gestión de la potencia 15 que comprende dispositivos 16 puede utilizarse para evitar o minimizar las oscilaciones en el flujo de potencia dentro del sistema de distribución eléctrica 10. Más específicamente, pueden surgir problemas operativos alguna vez cuando las condiciones del suministro y la demanda dictan transferencias de potencia por una línea de transmisión inadecuada del sistema 10. En tal situación de ejemplo, pueden darse transferencias inestables de energía eléctrica de una o más unidades de generación en una región geográfica del sistema 10 a otro grupo de generadores en otra región geográfica. Estas transferencias inestables de potencia se manifiestan en forma de oscilaciones. Este fenómeno a menudo se conoce como inestabilidad dinámica o inestabilidad de pequeña señal. Esta forma de inestabilidad puede provocar que los operarios del sistema limiten la capacidad del sistema de transmisión,

aumentando así el coste de la potencia distribuida. En los casos más graves, la inestabilidad puede causar apagones generalizados.

[0078] Las oscilaciones de potencia pueden detectarse mediante la supervisión de los flujos de potencia a través de una línea de transmisión o mediante la supervisión de la frecuencia del sistema. Cuando se observa una fase de series temporales de la frecuencia del sistema, por ejemplo, las pequeñas oscilaciones son visibles a menudo incluso para el observador inexperto. A medida que estas oscilaciones aumentan su magnitud, pueden convertirse en serias amenazas para el funcionamiento estable del sistema de potencia.

[0079] Según aspectos adicionales, los dispositivos de gestión de la potencia pueden estar configurados para detectar oscilaciones de potencia y minimizar o eliminar dichas oscilaciones antes de que se produzcan problemas.

[0080] En relación con la Fig. 5, se muestra una metodología de ejemplo ejecutable por la circuitería de control 24 según un modo de realización para detectar oscilaciones de potencia y llevar a cabo acciones correctivas en respuesta a dicha detección. También son posibles otros métodos que incluyan más o menos fases, o fases alternativas.

[0081] En la fase S40, la circuitería de control obtiene la frecuencia del sistema en una pluralidad de momentos temporales. Se ha descrito con anterioridad un método ejemplar para determinar la frecuencia del sistema. La vigilancia de la frecuencia del sistema puede utilizarse para detectar oscilaciones de la potencia, que tiene una frecuencia de oscilación respectiva, y que corresponde a los flujos de potencia en partes geográficas intermedias diferentes del sistema 10. La circuitería de control puede detectar la frecuencia de oscilación (p.ej., normalmente 1-3 Hz) mediante la detección de oscilaciones en la frecuencia del sistema (p.ej., la frecuencia del sistema que oscila entre 59 y 61 Hz a la frecuencia de oscilación de ejemplo de 1-3 Hz).

[0082] En la fase S42, la circuitería de control diezma los datos de frecuencia del sistema en una tasa de muestra que se puede ajustar al análisis de Fourier en el ejemplo descrito. Por ejemplo, los datos pueden obtenerse a una tasa de muestra de aproximadamente 100 Hz y diezmarse a 20 Hz. El diezmo aumenta la resolución de los datos recibidos en el intervalo de interés en el que se espera que ocurran las oscilaciones de potencia (p.ej., 0-5 Hz).

[0083] En la fase S44, la circuitería de control aplica a los datos un filtro de paso bajo para eliminar datos superficiales, incluyendo el ruido asociado al uso del sistema y/o el muestreo. Para los datos de interés de 1-3 Hz en el ejemplo descrito, la circuitería de control que lleva a cabo el filtrado de paso bajo puede tener un punto de -3 dB a 5

Hz. Se puede procesar información de otros intervalos en otros modos de realización. El resultado del filtrado de paso bajo incluye componentes de la frecuencia oscilatoria.

[0084] En la fase S46, la circuitería de control ejecuta un procesamiento de Fourier para obtener información relativa a la magnitud de las oscilaciones de potencia a las frecuencias de interés. Los ejemplos de procesamiento de Fourier incluyen la transformada rápida de Fourier (como se muestra en el ejemplo ilustrado), transformada discreta de Fourier, y transformada continua de Fourier. También son posibles otros tipos de procesamiento.

[0085] En la fase S48, la circuitería de control determina si la magnitud de las oscilaciones de potencia excede un umbral de oscilación. En un ejemplo, se puede utilizar un umbral de oscilación correspondiente a un amortiguamiento del 1%. El porcentaje de amortiguamiento puede ser una medida de la magnitud de la oscilación como se utiliza comúnmente en la industria.

[0086] Si la condición de la fase S48 es negativa, la circuitería de control puede volver a la fase S40 para continuar vigilando la oscilación de la potencia.

[0087] Si la condición de la fase S48 es afirmativa, la circuitería de control puede avanzar a la fase S50 para tomar medidas correctivas apropiadas. Como se indica, las medidas correctivas ejemplares pueden incluir ajustar la demanda eléctrica de las cargas asociadas mediante operaciones de deslastre de cargas y/o operaciones de modulación de cargas.

[0088] Más específicamente, la circuitería de control 24 está configurada en un aspecto para ejecutar acciones correctivas en un intento de reducir la magnitud de las oscilaciones de potencia que pueden darse en respuesta a las configuraciones dinámicas del sistema de distribución eléctrica 10 (p.ej., las oscilaciones de potencia correspondientes a la frecuencia resonante de una configuración del sistema de distribución eléctrica 10 en un momento determinado).

[0089] Una medida correctiva de ejemplo incluye el deslastre de carga como se ha descrito previamente. Por ejemplo, la cantidad de energía consumida por la carga respectiva 18 conectada al dispositivo 16 puede reducirse o interrumpirse del todo. La magnitud de las oscilaciones de potencia puede reducirse a un nivel aceptable como resultado del deslastre de la carga que elimina la condición resonante del sistema 10. En concreto, la frecuencia resonante del sistema 10 puede alterarse o modificarse un grado suficiente si la cantidad necesaria de carga es deslastrada por uno o más dispositivos 16 en respuesta al control de las oscilaciones de potencia. Además, mediante la simple reducción de la demanda, el sistema 10 está sometido a menos tensión y la oscilación de potencia presente puede estabilizarse sin aplicar más

medidas. Alternativamente, la reducción en la demanda puede “ganar tiempo” para que la intervención humana de los operarios del sistema corrija los problemas subyacentes. Normalmente, el operario puede reconfigurar el sistema 10 para atenuar las oscilaciones de potencia siguiendo las operaciones de ajuste aquí descritas. Tras la estabilización, las cargas 18 pueden reanudar su funcionamiento de manera manual o automática, por ejemplo, utilizando un temporizador.

[0090] En otra configuración ejemplar, la cantidad de energía eléctrica aplicada a una carga 18 por el respectivo dispositivo 16 puede modularse según las oscilaciones de potencia en un esfuerzo por amortiguar las oscilaciones y reducir la magnitud de las oscilaciones a un nivel aceptable. Por ejemplo, la circuitería de control 24 puede determinar la dirección del flujo de potencia supervisando si la frecuencia del sistema está aumentando o disminuyendo. Posteriormente, el sistema de control 24 puede sincronizar la modulación de la carga 18 con la frecuencia de oscilación. Por ejemplo, si la oscilación del flujo de la potencia está viajando de un primer punto geográfico del sistema 10 a un segundo punto geográfico del sistema 10, los dispositivos 16 en el primer punto geográfico pueden cambiarse del modo operativo de restauración de carga al modo de deslastre de carga y los dispositivos 16 del segundo punto geográfico pueden cambiarse del modo operativo de deslastre de carga al modo operativo de restauración de carga en un intento de amortiguar las oscilaciones de potencia. También son posibles otros modos de realización para el control y/o la reducción de las oscilaciones de potencia en el sistema 10.

[0091] En cumplimiento del reglamento, la invención se ha descrito en un lenguaje más o menos específico en cuanto a las características estructurales y metódicas. Se debe entender, sin embargo, que la invención no se limita a las características específicas mostradas y descritas, puesto que los medios aquí revelados comprenden ejemplos de modos de puesta en práctica de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Método de control de la distribución de la energía eléctrica que comprende:
5 suministrar energía eléctrica de un sistema de distribución de energía eléctrica (10) a una carga (18);
 vigilar una característica eléctrica de la energía eléctrica; y
 controlar el suministro de energía eléctrica del sistema de distribución de energía eléctrica a la carga como resultado de la vigilancia,
 caracterizado porque el control comprende interrumpir el suministro de
10 energía eléctrica del sistema de distribución de energía eléctrica a la carga o suministrar cantidades reducidas de energía eléctrica del sistema de distribución de energía eléctrica a la carga en una pluralidad de momentos temporales durante el control, y en el que el control comprende la interrupción del suministro de energía eléctrica o el suministro de cantidades reducidas de
15 energía eléctrica durante una pluralidad de periodos de tiempo de diferente duración en los respectivos momentos temporales.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la vigilancia comprende vigilar la frecuencia de la energía eléctrica.
3. El método de la reivindicación 1, que también comprende seleccionar
20 aleatoriamente periodos de tiempo de diferente duración.
4. El método de la reivindicación 1, en el que la carga (18) comprende circuitería de control (24) para el control.
5. El método de la reivindicación 1, que también comprende:
25 restaurar el suministro de la cantidad de energía eléctrica suministrada antes de la interrupción del suministro de la energía eléctrica o del suministro de cantidades reducidas de energía eléctrica en los momentos temporales.
6. El método de la reivindicación 5, en el que la restauración comprende aumentar una cantidad de energía eléctrica aplicada a la carga (18).
- 30 7. El método de la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en el que la característica eléctrica que se está vigilando es la frecuencia.
8. El método de la reivindicación 7, en el que la restauración comprende la restauración en respuesta a la detección mediante la vigilancia de la frecuencia de la energía eléctrica que activa un umbral.
- 35 9. El método de la reivindicación 8, en el que el umbral comprende un umbral de restauración, y en el que el control es sensible a la detección, mediante la

vigilancia, de la frecuencia de energía eléctrica que activa un umbral de deslastre.

10. El método de la reivindicación 9, en el que el umbral de restauración se encuentra más cerca de la frecuencia de la energía eléctrica deseada del sistema de distribución de energía eléctrica 10 que el umbral de deslastre.

11. El método de la reivindicación 1, que además comprende recibir energía eléctrica desde un sistema de distribución de la energía eléctrica, y la vigilancia comprende vigilar la característica eléctrica de la energía eléctrica recibida.

12. El método de la reivindicación 1 que además comprende:

vigilar el periodo de temporización (time-out) después de las interrupciones individuales de suministro de energía eléctrica y el suministro de cantidades reducidas de energía eléctrica en momentos temporales; y

aumentar la cantidad de energía eléctrica aplicada a la carga en respuesta a la duración de tiempo en la que el control excede el periodo de temporización (time-out).

13. El método de la reivindicación 1, que también comprende seleccionar aleatoriamente diferentes duraciones de tiempo en respuesta a la inicialización de la circuitería de un dispositivo de gestión de la potencia (16) que comprende circuitería de control (24).

14. El método de la reivindicación 13, en el que la selección aleatoria comprende inicializar la circuitería en una pluralidad de momentos temporales.

15. El método de la reivindicación 13, en el que la circuitería inicializada comprende circuitería de memoria (25).

16. El método de la reivindicación 15, en el que la circuitería de memoria (25) proporciona una pluralidad de números aleatorios durante la inicialización en diferentes momentos temporales, y la selección aleatoria comprende seleccionar aleatoriamente distintas duraciones de tiempo utilizando los números aleatorios respectivos.

17. El método de la reivindicación 16, en el que la circuitería de memoria (25) proporciona los números aleatorios que resultan del ruido eléctrico.

18. El método de la reivindicación 15, en el que la circuitería de memoria (25) comprende circuitería de memoria (25) de la circuitería de control (24).

19. El método de la reivindicación 15, que comprende además aplicar una potencia a la circuitería de memoria (25) para facilitar la inicialización.

20. El método de la reivindicación 19, en el que la inicialización comprende reinicializar la circuitería de memoria (25) después de la aplicación de la potencia.

21. El método de la reivindicación 1, en el que la vigilancia comprende vigilar la característica eléctrica con respecto a diferentes valores de un umbral en diferentes momentos temporales.

22. Un dispositivo de gestión de la potencia (16) que comprende:

circuitería de control (24) configurada para vigilar una característica eléctrica de la energía eléctrica que se recibe desde un sistema de distribución de la energía eléctrica (10) y suministrada a una carga (18), y para controlar una cantidad de la energía eléctrica suministrada a la carga (18) como resultado de la vigilancia,

y **caracterizada porque**

la circuitería de control está configurada para controlar la cantidad de energía eléctrica suministrada a la carga mediante la interrupción del suministro de energía eléctrica desde un sistema de distribución de la energía eléctrica a la carga o el suministro de cantidades reducidas de energía eléctrica desde un sistema de distribución de energía eléctrica a la carga en una pluralidad de momentos temporales durante el control, y en el que el control comprende la interrupción del suministro de energía eléctrica o el suministro de cantidades reducidas de energía eléctrica durante una pluralidad de periodos de tiempo de diferente duración en los respectivos momentos temporales.

23. El dispositivo de la reivindicación 22, en el que la circuitería de control (24) está configurada para vigilar la característica eléctrica que comprende la frecuencia de la energía eléctrica.

24. El dispositivo de la reivindicación 23, en el que la circuitería de control (24) está configurada para controlar la cantidad de la energía eléctrica en respuesta a que la frecuencia de la energía eléctrica haya caído por debajo de un umbral.

25. El dispositivo de la reivindicación 24, en el que la circuitería de control está configurada para acceder a una pluralidad de valores diferentes para dicho umbral en diferentes momentos temporales.

26. El dispositivo de la reivindicación 25, en el que la circuitería de control (24) está configurada para acceder a diferentes valores que comprenden valores generados aleatoriamente.

27. El dispositivo de la reivindicación 25, en el que la circuitería de control (24) está configurada para acceder a los diferentes valores que comprenden valores generados según una distribución estadística.
- 5 28. El dispositivo de la reivindicación 22, en el que la circuitería de control (24) está configurada para controlar la cantidad de energía eléctrica durante periodos de tiempo de duración variable en los momentos temporales.
29. El dispositivo de la reivindicación 22, en el que la circuitería de control (24) está configurada para controlar la cantidad de energía eléctrica durante duraciones aleatorias de los momentos temporales.
- 10 30. El dispositivo de la reivindicación 22, en el que la circuitería de control (24) del dispositivo de gestión de la potencia (16) está ubicado próximo a la carga (18).
31. El dispositivo de la reivindicación 22, en el que la circuitería de control (24) del dispositivo de gestión de la potencia (16) está ubicado dentro de la carga (18).
- 15 32. El dispositivo de la reivindicación 22, que además comprende una interfaz configurada para recibir energía eléctrica del sistema de distribución de energía eléctrica.
33. El dispositivo de la reivindicación 22, en el que la circuitería de control (24) del dispositivo de gestión de la potencia (16) comprende la circuitería de control (24) de la carga (18).
- 20 34. El dispositivo de la reivindicación 25, en el que la circuitería de control (24) está configurada para controlar la cantidad de energía eléctrica suministrada a la carga (18) en respuesta a la característica eléctrica de la energía eléctrica que activa un valor respectivo de los valores del umbral en uno de los momentos temporales.
- 25 35. El dispositivo de la reivindicación 22, en el que la circuitería de control (24) está configurada para vigilar una duración de tiempo de la interrupción del suministro de energía eléctrica o del suministro de una cantidad reducida de energía eléctrica, y para aumentar una cantidad de energía eléctrica suministrada a la carga (18) en respuesta a la duración de tiempo que excede
- 30 el periodo de temporización (time-out).

Dibujos

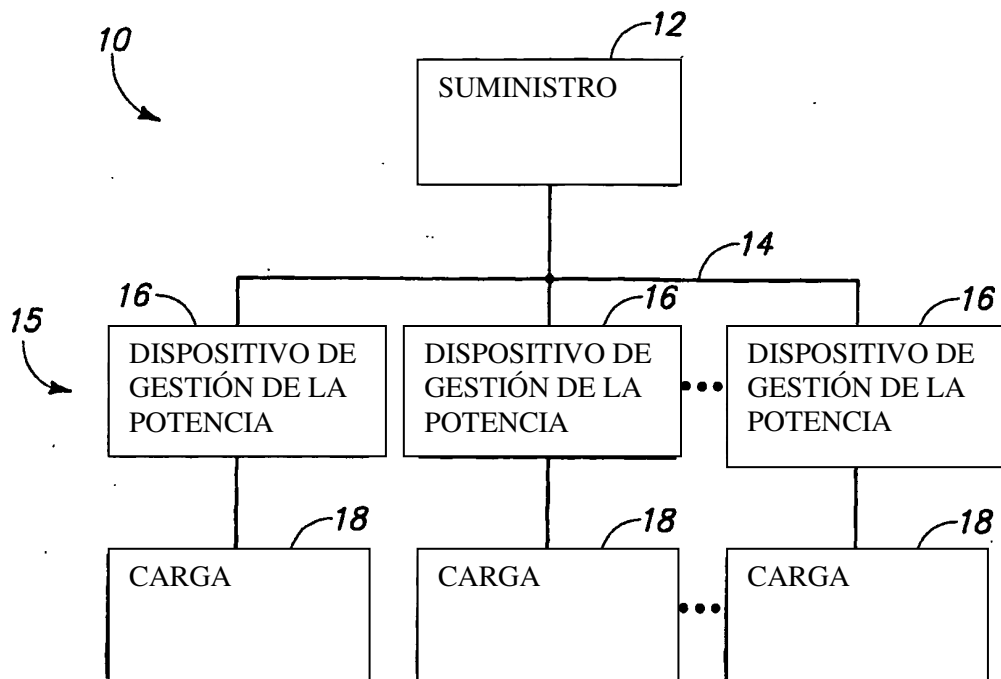


FIGURA 1

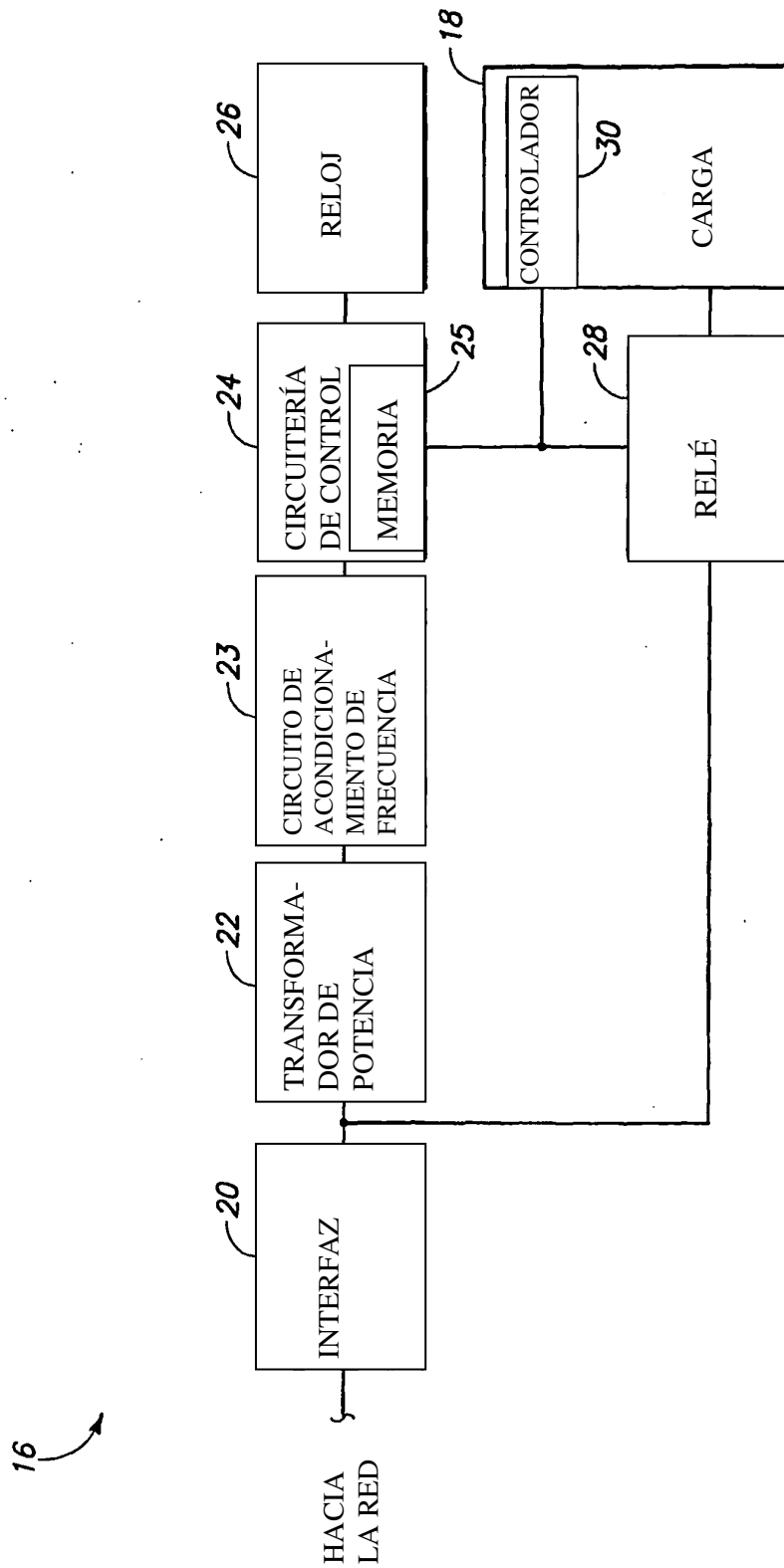


FIGURA 2

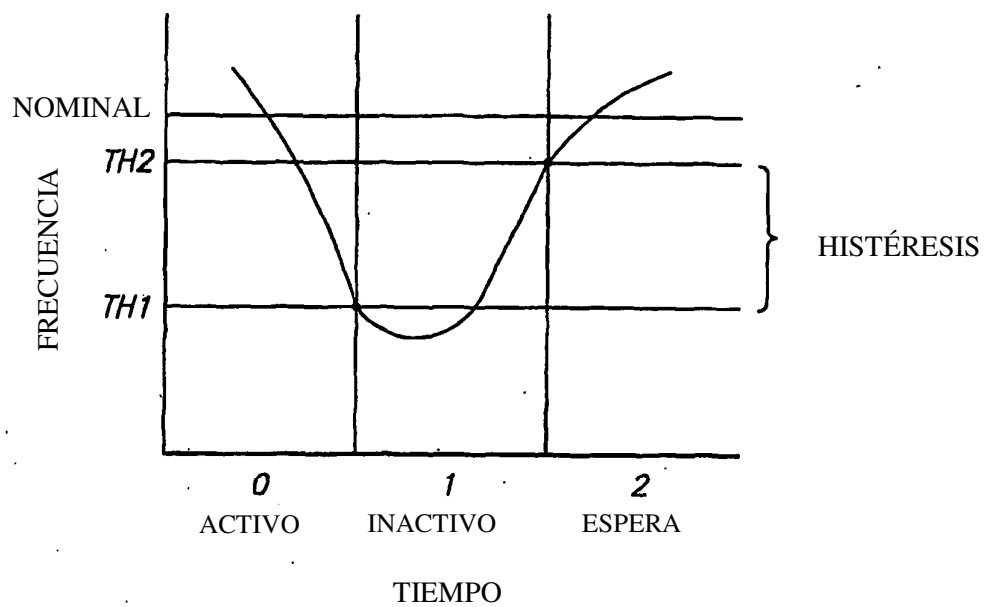
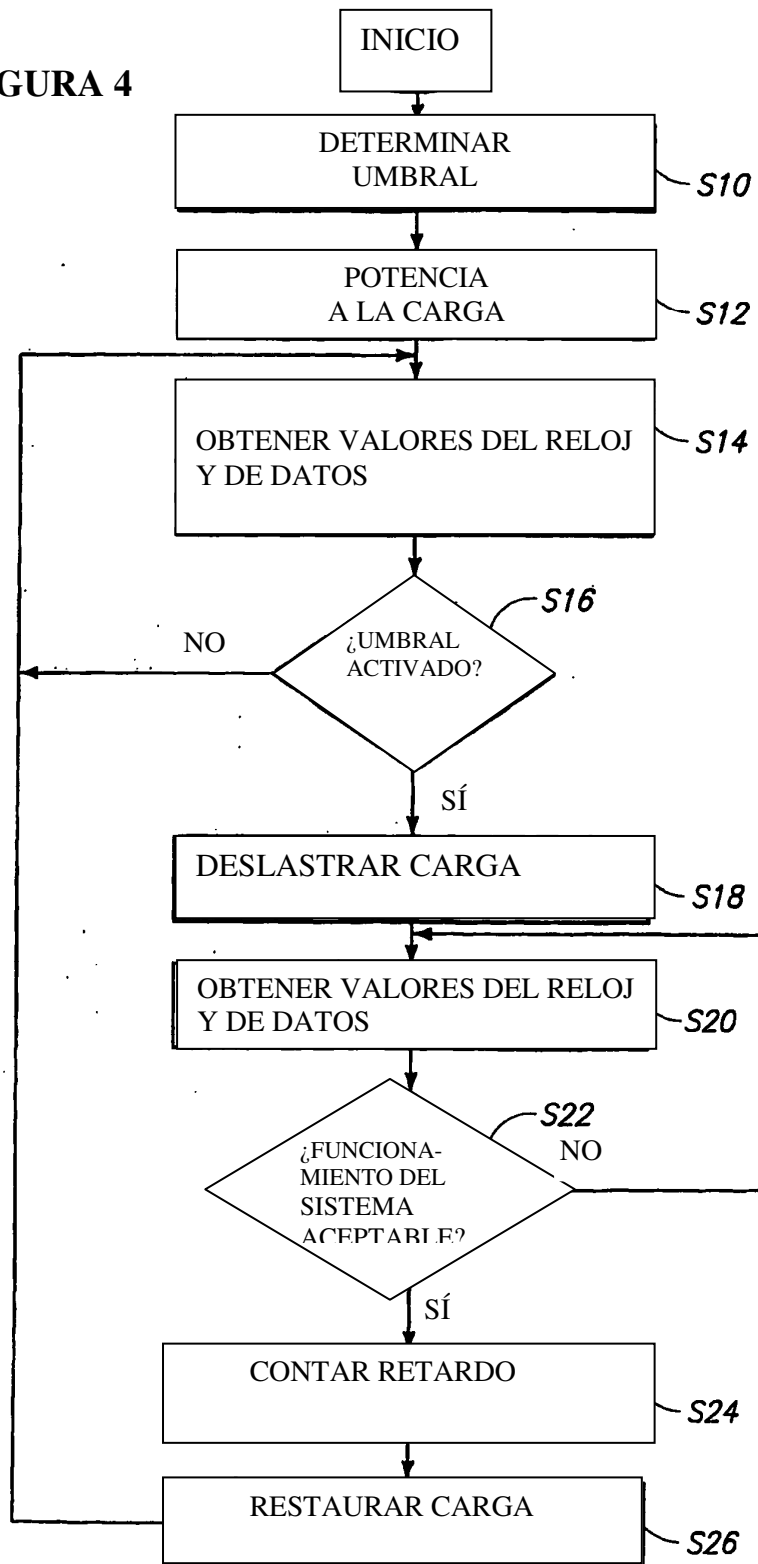


FIGURA 3

FIGURA 4



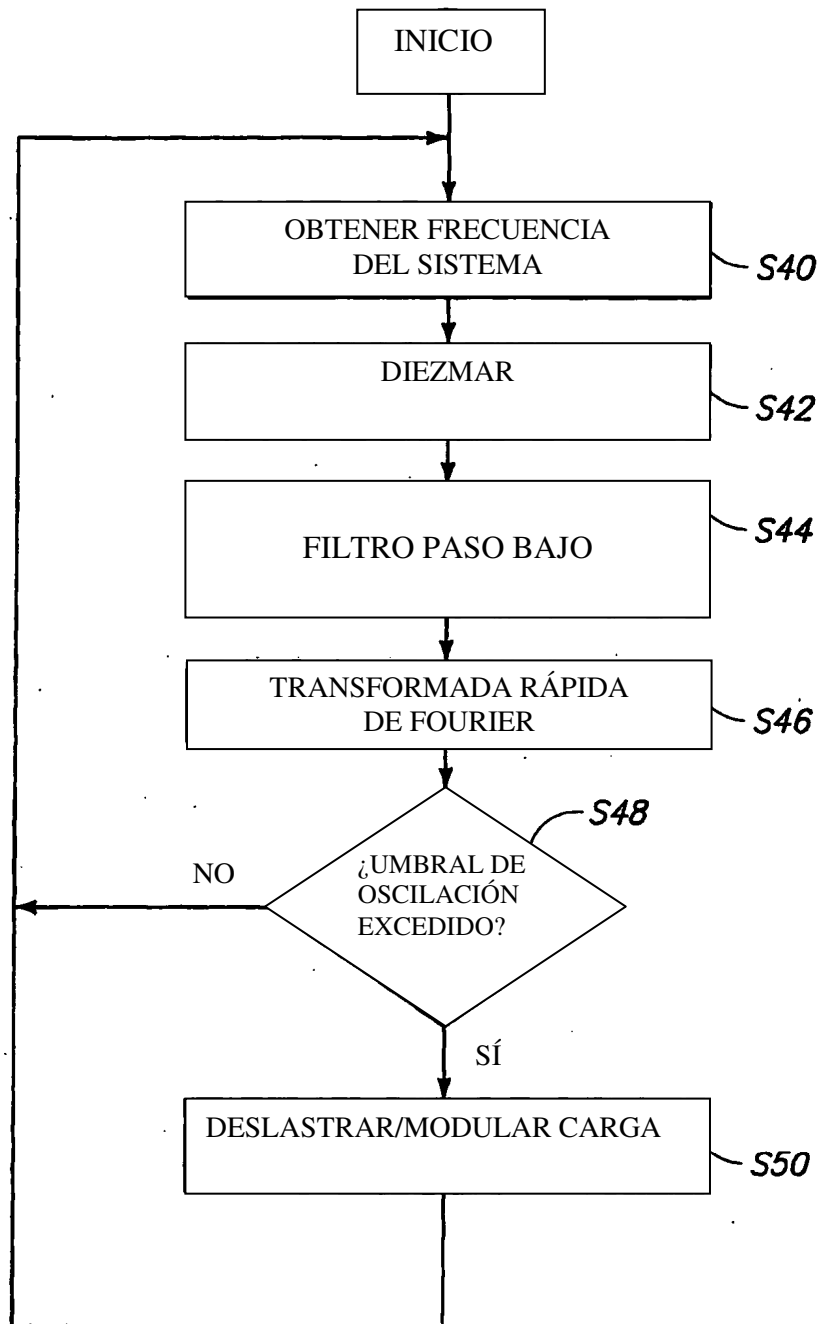


FIGURA 5