

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 355**

51 Int. Cl.:

H02J 3/14

(2006.01)

G06F 1/26

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06754058 .3**

96 Fecha de presentación: **01.06.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1891724**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.02.2008**

54 Título: **DISPOSITIVO DE CONTROL SENSIBLE A LA RED.**

30 Prioridad:
03.06.2005 GB 0511361

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
30.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
30.12.2011

73 Titular/es:
**RESPONSIVELOAD LTD.
70 DITCHLING ROAD
BRIGHTON, EAST SUSSEX BN1 4SG, GB**

72 Inventor/es:
HIRST, David

74 Agente: **Tomas Gil, Tesifonte Enrique**

ES 2 371 355 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

Dispositivo de control sensible a la red

Campo de la invención

5 [0001] La presente invención es un medio y un método para el control del equilibrio entre suministro y generación en una red eléctrica.

Antecedentes de la invención

[0002] Una fuente de electricidad fiable es esencial para casi todos aspectos de la vida de moderna.

10 [0003] El suministro de electricidad fiable es, actualmente, un desafío técnico de gran complejidad. Implica la evaluación en tiempo real y el control de un sistema eléctrico que consiste en la generación, de todo tipo, (nuclear, carbón, aceite, gas natural, hidroenergía, geotérmico, fotovoltaico, etc.), y la carga, por ejemplo los aparatos, los instrumentos etc. que utilizan electricidad.

15 [0004] La electricidad se suministra a través de una red de distribución que consiste en líneas de transmisión interconectada por estaciones de conmutación. La electricidad generada suele intensificarse mediante transformadores de alto voltaje (230 - 765 kV) para reducir las pérdidas de transmisión de electricidad (mediante calor). Los generadores, las redes de distribución y las cargas forman una red de energía eléctrica.

[0005] El funcionamiento fiable de una red de energía es complejo dado que, actualmente, la electricidad debe producirse en el momento en el que se utiliza, lo que significa que la generación y la demanda deben estar en continuo equilibrio. En los sistemas de gestión de energía existentes, el suministro de electricidad se equilibra con la demanda por planificación, control y coordinación de la generación de electricidad.

20 [0006] Si se produce un error al ajustar la generación a la demanda, la frecuencia de un sistema CA aumenta cuando la generación supera a la demanda y desciende cuando la generación es inferior a la demanda.

25 [0007] En el Reino Unido, los cuadros eléctricos deben mantener una frecuencia nominal de 50 Hz y se permiten una variación de $\pm 1/2$ %. En Estados Unidos, esta frecuencia nominal es de 60 Hz. En algunos sistemas de bucle cerrado, tales como los de un avión, la frecuencia nominal es de 400 Hz. La frecuencia nominal es la frecuencia de CA para la que se diseñó una red y ésta sirve para mantener dicha frecuencia controlada y estable.

[0008] Las pequeñas variaciones aleatorias en la frecuencia son normales, ya que las cargas aumentan y caen y los generadores modifican su salida para responder a los cambios de demanda. No obstante, las grandes desviaciones en la frecuencia pueden causar que la velocidad de rotación de los generadores supere los límites de tolerancia, lo cual puede dañar las turbinas de los generadores y otros equipos.

30 [0009] La variación en la frecuencia puede también dañar las cargas.

[0010] Un cambio de frecuencia de sólo $\pm 1/2$ % es una señal grande en cuanto a la precisión de la instrumentación semiconductora de módem.

35 [0011] Hay problemas con la actual arquitectura de estilo suministro que ajusta la generación a la demanda. Actualmente, cuando no se pueden controlar las frecuencias extremadamente bajas, por ejemplo, cuando la demanda supera con creces a la generación, se puede desencadenar una emisión de carga de baja frecuencia automática, que desconecta bloques de usuarios para prevenir un colapso total de sistema eléctrico. Esto puede estabilizar el sistema, pero es extremadamente inconveniente e, incluso, peligroso para el usuario.

40 [0012] Tras un apagón, la red se encuentra en una fase particularmente sensible y su recuperación es lenta. Los generadores grandes suelen requerir que otros generadores generen algo de energía para iniciarlos o reiniciarlos. Si no hay energía disponible, estos generadores no pueden iniciarse. Así, los sistemas de red tienen servicios, conocidos como servicios de "arranque en frío", por la cual un subconjunto de generación tiene la capacidad de iniciar y continuar generando, incluso cuando el resto de la red está inactiva (es decir, fría). Los operadores de red han preparado secuencias planificadas para restaurar la generación y la carga. Éstos garantizan que los suministros iniciales limitados se utilicen primero para proporcionar comunicación y control, después para arrancar generadores mayores y, por último, se conecta la carga progresivamente para ajustar la disponibilidad en aumento de generación.

45 [0013] Todo el proceso de arranque en frío es complicado. Un apagón es algo raro y no se puede practicar a menos que suceda una crisis real. Todos los que participan se encuentran bajo una gran presión y los sistemas trabajan fuera de su intervalo operativo normal (y a veces fuera de su intervalo de diseño). Cada paso, cuando se añade carga o generación, supone un impacto para el sistema y la red puede tardar segundos o minutos en estabilizarse después de que esto ocurra. Sería prudente hacer cambios en los pequeños incrementos. Esto, inevitablemente, ralentiza todo el proceso, prolongando el apagón de aquellos que aún están por reconectar.

50 [0014] Para protegerse en lo posible del desbordamiento de carga, se accionará un sistema de potencia en todo momento capaz de contener la pérdida del generador o la instalación de transmisión más importante (es decir, la contingencia única más significativa). Así, la red normalmente opera por debajo de su capacidad, de manera que un fallo aleatorio grande no ponga en riesgo el conjunto del sistema. Esto, no obstante, significa que la generación no opera con la mayor eficiencia posible, dando como resultado un aumento en los costes de suministro eléctrico.

55

- [0015] El aire acondicionado alto y otras cargas de refrigeración en el verano y las altas cargas de calefacción en el invierno son una causa normal de carga máxima. Los operadores de red, no obstante, utilizan rigurosos estudios de planificación y operación, incluida evaluaciones a largo plazo, análisis de contingencia operativa con un año, una estación, una semana, un día, una hora por delante y en tiempo real para anticipar problemas.
- 5 [0016] De todos modos, aún puede ocurrir algo inesperado, razón por la cual el sistema funciona con margen para compensar las mayores contingencias. Las utilidades pueden usar generadores de pico máximo adicionales, que tienen un gasto de explotación alto, para proporcionar electricidad adicional cuando es necesario o, alternativamente, para no operar los generadores principales a capacidad y dejar algún potencial para generación extra para satisfacer cargas de exceso. Ambos métodos suponen un coste unitario mayor de electricidad que si el sistema operara más cerca de la capacidad.
- 10 [0017] Se ha propuesto una arquitectura alternativa para ajustar la carga y la generación a la usada actualmente. La idea es compensar las diferencias entre carga y generación utilizando la demanda a modo de gestión de carga.
- [0018] Existe poca bibliografía sobre el concepto del uso de carga, o demanda, para contribuir (por lo menos) a la estabilidad de la red.
- 15 [0019] El documento US 4,317,049 (Schweppe et al.) propone una filosofía básica diferente de la gestión de energía eléctrica existente en la que tanto el suministro como la demanda de electricidad responden entre sí y tratan de mantener un estado de equilibrio.
- [0020] Este documento identifica dos clases de dispositivos de uso. El primer tipo son dispositivos de uso tipo energía, caracterizados por necesitar una cierta cantidad de energía durante un período de tiempo para realizar su función y una indiferencia en el momento exacto en el que se proporciona la energía. Se dieron como ejemplos aparatos acondicionadores, calentadores de agua, frigoríficos, compresores de aire, bombas, etc.. La segunda clase fue un dispositivo de uso tipo potencia caracterizado por necesitar potencia en un momento específico. Dichos dispositivos no podrían cumplir (completamente) su función si la potencia no se suministrara en un tiempo e índice designados. Ejemplos: iluminación, ordenadores, TVs, etc.
- 20 [0021] El Replanificador de Potencia-Energía Adaptativo de Frecuencia (RPEAF) de la patente de Schweppe et al. proporcionaba su gestión de energía aplicando un RPEAF a dispositivos de uso tipo energía. La patente de Schweppe et al. aborda particularmente la aplicación del RPEAF en una bomba de agua para bombear agua a un tanque de almacenamiento.
- 25 [0022] El nivel de agua del tanque de agua tiene un nivel mínimo admisible Y_{min} y un nivel máximo admisible Y_{max} . Comúnmente, la bomba de agua se conectará para bombear agua al tanque de almacenamiento cuando el nivel descienda a o esté por debajo del nivel mínimo y desconectará la bomba cuando se alcance el nivel máximo. Por lo demás, la bomba permanecerá inactiva.
- 30 [0023] El RPEAF modifica estos límites (Y_{max} , Y_{min}) dependiendo de la frecuencia del sistema. Así, en un período de alta frecuencia (escasez de demanda eléctrica), es decir, cuando la frecuencia de red aumenta por encima del nominal, el nivel mínimo de agua que haría activarse la bomba (Y_{min}) se aumenta y el nivel de agua máxima (Y_{max}) también. Así, la bomba se acciona a un nivel más alto y para a un nivel más alto que el operativo, no bajo el control de un RPEAF. Esto significa que el exceso en la generación se absorbe. Al usar el mismo principio, cuando la frecuencia eléctrica cae por debajo de la frecuencia nominal de la red (una escasez de generación), los niveles de agua máximos y mínimos descienden. Este descenso da como resultado que las bombas encendidas se apaguen antes y que las apagadas se enciendan más tarde de lo normal, utilizando, de esta manera, menos energía y reduciendo, así, la carga.
- 35 [0024] Según Schweppe, el aumento de los límites (particularmente el máximo) y la disminución de los límites (particularmente el mínimo) deberían ser variables, dependiendo de las necesidades del usuario o de seguridad. Así, los límites deberían poder ampliarse, pero sólo hasta un punto, dado que, de otro modo, el tanque podría vaciarse o rebosarse, algo que es inadmisibles.
- 40 [0025] El amplio concepto que descubre Schweppe en esta patente es que los dispositivos de consumado, que incorporan algún tipo de almacenamiento de energía y que operan en un ciclo de funcionamiento, son útiles para facilitar un comportamiento sensible de red. Durante el funcionamiento, el depósito de energía se llena o rellena y, así, la energía potencial del depósito aumenta. Cuando los dispositivos no están en funcionamiento, se preserva su función gracias a la capacidad de la carga para almacenar energía.
- 45 [0026] El RPEAF los tiempos de consumo de la carga, sin afectar al servicio del dispositivo, utilizando la frecuencia de la red como una guía. Así, la energía potencial del dispositivo aumenta cuando la frecuencia de red es alta para maximizar la cantidad de energía que alimenta el dispositivo, que se almacena. Esto compensa cualquier exceso. Durante los momentos de generación insuficiente (frecuencia alta), la energía potencial del dispositivo desciende, liberando energía a la red y compensando la escasez.
- 50 [0027] Después del RPEAF, este inventor publicó un "sistema de carga sensible" diferente y mejorado en el GB 2361118. El sistema de carga sensible se basó en el mismo principio subyacente de los dispositivos RPEAF, que la estabilidad de red puede ser al menos ayudada utilizando una respuesta de red de demanda, y construida según el método de respuesta y ofrecía una mayor mejora del uso de métodos probabilísticos como el tiempo de encendido/apagado de la carga.
- 55

[0028] Un problema del dispositivo RPEAF es que, sin alguna aleatorización, el mínimo movimiento de la frecuencia podría suponer que todas las cargas con RPEAF respondieran de la misma forma y de manera simultánea. Este podría suponer una influencia desestabilizante en la red. Se necesita una respuesta más gradual y el sistema de carga sensible lo ofrecía al distribuir las frecuencias a lo que cada dispositivo es sensible usando una función aleatoria.

5 [0029] Como se ha mencionado anteriormente, el sistema de carga sensible de GB 2361118 define un método basado en la probabilidad para elegir la frecuencia a la que un dispositivo es sensible. De esta manera, una proporción progresivamente mayor de la tasa de fallos de la carga sensible cambia la carga cuando la frecuencia de sistema sale de la frecuencia nominal de la red.

10 [0030] En más detalle, el sistema de carga sensible usa un controlador aleatorio para elegir una alta frecuencia y una baja frecuencia a la que el dispositivo es sensible. Esto es ventajoso con respecto al dispositivo RPEAF ya que se conecta y se desconecta más y más carga de forma progresiva a medida que la frecuencia aumenta o disminuye, respectivamente.

15 [0031] Las entradas aleatorias para las frecuencias altas y bajas a las que los dispositivos son sensibles se revisan de vez en cuando. Este paso tiene la ventaja de que distribuye cualquier desventaja de los dispositivos sensibles entre la población y garantiza que ningún dispositivo se bloquee con activadores de frecuencia desfavorables. Por ejemplo, no sería apropiado si un dispositivo particular fuera constantemente sensible al mínimo cambio en la frecuencia mientras que otro dispositivo tuviera unas frecuencias de activación tan amplias que sólo ofreciera respuesta de frecuencia en situaciones de tensión de red extremas.

20 [0032] Un problema con este sistema es que el controlador no es inviolable. Ciertos usuarios, tales como usuarios de aire acondicionado, pueden mover sus controladores para subir en una habitación el calor/frío, dando como resultado la notificación de un cambio de carga sensible de frecuencia. Así, si el aparato de aire acondicionado está generando en un intervalo de temperatura inferior, el aparato de aire acondicionado está trabajando más y se enciende con más frecuencia, debido a un aumento en la frecuencia de red, y un usuario se da cuenta y lo baja, antes de que la frecuencia vuelva a un nivel aceptable, entonces la respuesta se ha perdido.

25 [0033] En parte debido al problema anterior, se formó el sistema de estabilidad de red de la solicitud de patente número 0322278.3 de Reino Unido. El sistema de estabilidad de red impide que un usuario invalide la función de respuesta de frecuencia fijando los activadores de frecuencia en los ajustes de tensión de la pre-red. De esta manera, la manipulación de un controlador de valor consignado, tal como un termostato, se hace ineficaz durante el período de alta tensión.

30 [0034] El sistema de estabilidad de red también define tres estados del sistema, normal, tensión y crisis. El nivel de tensión de la red determina cual de los tres estados de red anteriores es importante.

[0035] Se puede determinar el nivel de tensión de la red comparando la frecuencia de red actual con los valores límites para la frecuencia y determinando si la frecuencia actual cae dentro de los límites elegidos como estado normal, estado de tensión o estado de crisis.

35 [0036] Los cambios rápidos en la frecuencia, sea cual sea su valor absoluto, también se utilizan como indicadores del nivel de tensión de red definiendo los límites para el índice de cambio de la frecuencia de red.

[0037] El nivel de tensión de red puede también estar indicado por una integración, en el tiempo, de la desviación de la frecuencia de red a partir de la frecuencia de red nominal. Así, aunque el aumento de la salida de la frecuencia sea muy pequeño, si sale durante un tiempo suficientemente largo, entonces la tensión de red o la condición de crisis sigue siendo determinada.

40 [0038] Por tanto, el estado de la red se determina, según el sistema de estabilidad de red, teniendo en cuenta las grandes salidas de frecuencia instantáneas a partir del nominal, los cambios rápidos de frecuencia y las grandes y acumuladas, aunque no necesariamente fuera de un cambio de frecuencia preferida en un momento dado, salidas que son signos de tensión de red. Cada uno de estos posibles tipos de indicadores de red tiene un conjunto asociado de límites que, de forma individual o combinada, determinan si la red se encuentra en un estado normal, un estado de tensión o un estado de crisis.

45 [0039] Una vez determinado el estado de la red, es decir, si la red se encuentra en un estado normal, de tensión o de crisis, el controlador del sistema de estabilización de red adapta su comportamiento sensible de red, dependiendo del estado de red determinado. Si se determina un estado normal, el dispositivo proporciona respuesta a cambios de frecuencia de la misma manera que el dispositivo de carga sensible original. Por tanto, si la frecuencia de red aumenta por encima de la temperatura que determina la frecuencia de activación, los dispositivos apagados se encenderán para "recoger" la generación extra. En caso de que la frecuencia de red caiga por debajo de un valor de activación de frecuencia bajo, los dispositivos "encendidos" se apagarán para reducir la carga en la red.

50 [0040] Si se opera según el invento RPEAF, una variable física asociada con la carga (nivel de agua, temperatura) sigue siendo controlada dentro de los valores máximos y mínimos durante este tiempo, pero los límites se extienden de modo que los dispositivos que se encienden y los dispositivos que ya están encendidos permanecerán encendidos durante más tiempo que si el dispositivo controlado funcionara dentro de los límites de frecuencia normales. De forma similar, en períodos de frecuencia de red muy alta, los dispositivos permanecerán apagados más tiempo, dado que el límite inferior de la variable física también se ha ampliado.

- 5 [0041] En el ejemplo del tanque de agua, cuando la frecuencia de red aumenta por encima de los límites de frecuencia más altos, los dispositivos apagados se encenderán y los dispositivos encendidos permanecerán encendidos hasta que la variable física alcance su límite extendido o hasta que la frecuencia vuelva a estar por debajo de los límites de frecuencia más altos. Si el intervalo normal para la profundidad de tanque de agua está entre 1 y 1,5 metros, por ejemplo, si la frecuencia de red aumenta por encima de los límites de frecuencia más altos, los dispositivos apagados se encenderán y los dispositivos encendidos se mantendrán así hasta una profundidad del agua extendida a 1,7 metros, por ejemplo. Así, el nivel máximo potencial del tanque de agua se ha elevado sobre su nivel normal. Además, la energía potencial de una población de bombas de agua controlada de esta manera aumentará su media de profundidad de agua. Esto sirve para compensar la generación excesiva, que produjo la frecuencia de red alta, y almacenó la energía de red excesiva, que compensará, hasta cierto punto, la frecuencia más alta. Cuando la frecuencia cae por debajo de los límites de frecuencia más bajos, esta energía se devuelve a la red encendiendo dispositivos apagados y manteniendo apagados dispositivos apagados hasta que el límite de la variable física se extienda a uno menor, por ejemplo 0,8 metros. Este permite que una gran población de dispositivos reduzca su energía potencial y suministre la diferencia de energía a la red. Esto sirve para compensar la falta de generación que resultó de la baja frecuencia.
- 10 [0042] Según el sistema de carga sensible de GB2361118, los límites de control no cambiaron, pero el dispositivo pudo ser encendido o apagado si la frecuencia de sistema fuera más allá de la frecuencia a la que el dispositivo era sensible. Así el dispositivo pudo ser accionado antes de alcanzar sus límites de control, y esta conexión extra modificó la carga y contribuyó, así, al cambio de carga necesaria para equilibrar el sistema.
- 20 [0043] Con el ejemplo del tanque de agua nuevamente, la baja frecuencia haría que un dispositivo se apagara a, por ejemplo, 1,4 m, por tanto antes de alcanzar el límite de 1,5 m, y, a la inversa, la frecuencia alta provocaría que el dispositivo encendiera a, por ejemplo, 1,1 m, por tanto antes de alcanzar el límite inferior de 1 metro.
- [0044] Juntos, estos hacen que el nivel de agua medio en un conjunto de dispositivos sea inferior cuando la frecuencia es baja, y que sea más alta cuando la frecuencia fuera alta, aunque cada dispositivo individual operaría dentro de sus límites de control.
- 25 [0045] Los límites de frecuencia para un dispositivo en particular se eligen para que caigan dentro de un intervalo de frecuencia superior y un intervalo de frecuencia inferior. Como con la carga sensible que se ha explicado previamente, se utiliza un selector aleatorio para elegir la frecuencia de activación alta particular y la frecuencia de activación baja particular de manera que una población de dispositivos tenga frecuencias de activación altas y frecuencias de activación bajas distribuidas entre el intervalo de frecuencia superior y el intervalo de frecuencias inferior, respectivamente. Así, se crea una ventana entre la distribución de frecuencias de activación altas y frecuencias de activación bajas. Esta ventana se centra alrededor de la frecuencia nominal. La ventana permite que la carga controlada, por ejemplo un tanque de agua, frigorífico o aparato de aire acondicionado, opere totalmente como lo hace normalmente, es decir como si se le hubiera aplicado un controlador sensible de frecuencia, cuando la frecuencia de la red está lo suficientemente cerca para que la frecuencia de red nominal esté dentro de la ventana. Solo se genera respuesta cuando la frecuencia de red se extiende fuera de esta ventana.
- 30 [0046] En el caso de que se determine un estado de tensión, los límites de control del dispositivo se congelan a ajustes de pretensión, de modo que la manipulación de un panel de control para ajustar un valor consignado para la variable física detectada (p. ej. temperatura) es ineficaz. Así, el usuario de la carga controlada no puede ajustar la configuración de carga, por ejemplo mediante un termostato. Si el dispositivo sensible está controlando un aparato de aire acondicionado, un cambio sensible inducido de red en la temperatura ambiente podría ser detectado. Un usuario puede decidir intentar contrarrestar el cambio en la temperatura ajustando el termostato. El dispositivo de carga sensible del sistema estabilizante de red invalida tal ajuste del valor consignado cuando la red está en condición de tensión. Esto es importante dado que la red es particularmente sensible durante un período de tensión de red y usuarios que rechazan la respuesta proporcionada podrían empeorar la desestabilización de la red.
- 35 [0047] En circunstancias extremas, cuando existe riesgo de apagón, se puede determinar un estado de crisis de red. En el estado de crisis de red, el sistema de estabilización de red relaja el control de los límites de la variable física y los permite ir más allá del intervalo preferido. En un estado de red de frecuencia alta, las cargas se accionan hasta que se sale del estado de crisis de red y en un estado de crisis de red de frecuencia baja, la carga sensible (ej. frigorífico) se apaga hasta que se sale del estado de crisis. El encendido y apagado se lleva a cabo independientemente de los límites de control, así, un frigorífico, por ejemplo, podría continuamente refrigerar hasta bien por debajo de un mínimo preferido muy por encima de una temperatura máxima preferida. Estas medidas extremas son se dan en las condiciones de red más serias, cuando la alternativa es un apagón.
- 40 [0048] La adaptación de la anterior frecuencia y los dispositivos de control sensibles ha descubierto problemas que antes eran desconocidos con las arriba mencionadas cargas sensibles de red.
- 45 [0049] Se ha descubierto que después de que una respuesta se haya visto afectada durante un período de tiempo, una población de dispositivos tenderá a acercarse a los límites de control de la variable física y comenzará a conmutar a un índice excesivo. Por ejemplo, una unidad de refrigeración controlada por un dispositivo sensible de frecuencia alcanzará sus límites de temperatura extendida después de un período sostenido de frecuencia alta o baja. Con el ejemplo de una frecuencia de red más alta que nominal, los dispositivos arrancarán hasta que el límite de temperatura baja se haya alcanzado y luego se apagarán, pero tan pronto como la temperatura vuelva a superar el límite de temperatura baja, el dispositivo volverá a comprobar si la frecuencia de red está por encima de sus límites de frecuencia más altos, y si es
- 50
- 55
- 60

así arrancará otra vez inmediatamente. Esto tiene como consecuencia una conmutación muy frecuente, dado que el dispositivo está intentando proporcionar respuesta de frecuencia para una unidad que está cerca de sus límites de variable física. Este no es comportamiento deseado porque podría dañar las cargas controladas. La excesiva oscilación de conmutación on/off de la carga reducirá la durabilidad del dispositivo.

5 [0050] También, al utilizar las anteriores cargas sensibles de frecuencia de red se ha descubierto que tienen un efecto inesperado en la frecuencia de red. Se dio por hecho que los dispositivos sensibles suavizarían la frecuencia de red para proporcionar una frecuencia de red más clara, menos ruidosa. Sin embargo, no fue así del todo y se observaron algunos comportamientos extraños no conocidos hasta entonces de la frecuencia de red, como resultado de las cargas sensibles.

10 [0051] Los dispositivos de control sensible de red de la técnica anterior no proporcionan ninguna asistencia especial para que una red se recupere de un apagón, pero el efecto estabilizante de las cargas sensibles se necesitan más que nunca en ese momento.

[0052] Entre otros objetos, la presente invención pretende tener un efecto estabilizante mejorado en una red de potencia.

15 [0053] La presente invención también tiene por objeto reducir la conmutación de propulsión de un depósito de energía durante la operación de un dispositivo sensible de red que controla la propulsión del depósito de energía.

[0054] La presente invención también tiene como objetivo ayudar a que la red se ponga en marcha después de un apagón. En particular, la presente invención pretende suavizar los impactos al sistema durante el proceso de arranque en frío. Las cargas y los generadores pueden reconectarse más rápidamente, acelerando así su recuperación.

20 [0055] El dispositivo de la presente invención también tiene como objetivo superar los problemas identificados arriba mencionados con los dispositivos de control sensible de red de la técnica anterior.

[0056] En el US 2005/029670 se describe un dispositivo para controlar un aparato que consume potencia eléctrica de red para responder a los cambios en la demanda del suministro principal.

Resumen de la invención

25 [0057] La presente invención proporciona un dispositivo de control para controlar un consumo de energía de una carga en una red eléctrica, dicho dispositivo de control está formado por:

medios para detección durante un período de tiempo de valores de una variable física de la red, dicha variable física varía dependiendo de una relación entre generación eléctrica y carga en la red;

30 medios para determinar un promedio de movimiento de la variable física de la red a partir de lecturas pasadas de dichos valores de la variable física de la red; y

medios para aumentar el consumo de energía de dicha carga cuando un valor detectado de dicha variable física de dicha red está por encima de dicho promedio de movimiento, y para disminuir el consumo de energía de dicha carga cuando una válvula detectada de dicha variable física de dicha red está por debajo del promedio de movimiento.

35 [0058] La presente invención también proporciona un método correspondiente de control de consumo de energía de una carga en una red eléctrica.

[0059] De forma convencional, se utiliza una frecuencia nominal de la red y un valor actual de la variable física para controlar el consumo de energía de la carga. La presente invención, no obstante, utiliza alguna función de las lecturas anteriores de la variable física. Esto da un valor anterior a largo plazo para el valor del historial y es este valor el que se toma en cuenta para controlar el consumo de energía de la carga. La puesta en práctica de la presente invención ha demostrado que el uso de un valor de historial (central) para el control del consumo de energía de la carga elimina los efectos extraños en la frecuencia de red que se descubrieron en los dispositivos de control sensible de red de la técnica anterior.

40 [0060] La presente invención puede usarse en combinación con dispositivos de control sensible de red de la técnica anterior, como se ha mencionado anteriormente. Alternativamente, la forma preferida de la presente invención comprende un dispositivo de control sensible de red integral combinable con cualquiera de los otros aspectos de la invención o cualquiera de las características preferidas que se va a describir más adelante.

[0061] En un aspecto, la presente invención puede proporcionar un dispositivo de control para controlar el consumo de energía de una carga en una red eléctrica, dicho dispositivo de control está formado por:

50 medios para detectar un valor de una variable física de la red, dicha variable física varía dependiendo de una relación entre generación eléctrica y carga en la red;

medios para detectar un valor de una variable física de la carga, dicha variable física de la carga es representativa de la energía almacenada por la carga;

55 medios para variar el consumo de energía de dicha carga cuando dicha variable física de la red alcanza un valor de activación; y

medios para determinar el valor de activación, dicha determinación del valor de activación depende de dicha variable física de la carga detectada y además de un valor aleatorio.

[0062] En otro aspecto, la presente invención puede proporcionar un método conforme para controlar un consumo de energía de una carga en una red eléctrica.

5 [0063] Estos aspectos de la presente invención controlan la carga basada en un valor de la variable de la red, que se selecciona dependiendo de la variable de la carga. Así, estos aspectos de la invención permiten que se cambie el consumo de energía de las cargas, de manera que varía con la variable física detectada de la carga. Teniendo en cuenta la variable de la carga de esta manera, el consumo de energía de la carga se puede controlar hasta minimizar el índice de cambios en el consumo de energía de la carga. Esto es así porque las cargas más cercanas a sus puntos de conmutación naturales (que se determina por la variable de la carga) están favorecidas para el control sensible de red.

[0064] Nuevamente, la invención, que cuenta con estos aspectos, es ventajosa cuando se usa en combinación con los dispositivos de control sensibles de red de la técnica anterior. Estos aspectos son especialmente ventajosos cuando se combinan con el primer y segundo aspecto de la invención anteriormente descrita y proporcionan más ventajas cuando se combinan con las formas de realización preferidas que se detallan a continuación.

15 [0065] Las formas de realización preferidas descritas a continuación son aplicables como formas de realización preferidas de los métodos de la presente invención o del aparato. Así, las características de las formas de realización preferidas se pueden adaptar para que incluyan los medios de un dispositivo de control para desempeñar la función o se pueden adaptar para que incluyan los pasos del método. Las funciones preferidas suelen estar formuladas en las condiciones del aparato, pero son aplicables a todos los aspectos de la presente invención.

20 [0066] En una forma de realización preferida de la invención, el dispositivo de control se adapta para determinar un valor de activación de la variable física de la red, basado en dicho promedio de movimiento de la variable física de la red y para variar el consumo de energía de la carga cuando un valor actual de la variable física de la red detectado alcanza el valor de activación.

25 [0067] El dispositivo de control puede determinar un valor de activación basado sólo en la variable física detectada de la carga o tanto en la variable física detectada de la carga como en la variable física detectada de la red, o únicamente en la variable física detectada de la red. Esta combinación de funciones de la presente invención es ventajosa, como se describe con más detalle a continuación.

[0068] Según una forma preferida de los aspectos de la invención, los medios para determinar el valor de activación incluyen una función para proporcionar de forma aleatoria el valor de activación entre un determinado valor inferior o superior de la variable física de la red y el valor central.

30 [0069] El dispositivo de control puede también adaptarse preferiblemente para generar un valor aleatorio y para determinar el valor de activación basado más en dicho valor aleatorio y para controlar el consumo de energía de la carga dependiente del valor de activación.

35 [0070] Así, todos aspectos de la presente invención pueden utilizar con ventajas un valor aleatorio para determinar el valor de activación dado que éste proporcionará un elemento aleatorio para el valor de activación, lo que significa que una población de cargas controladas de esta manera no cambiarán todas su consumo de energía de forma sincronizada, lo cual desestabilizaría la red.

[0071] Según otra función preferida, el control del consumo de energía de las cargas se realiza por comparación del valor de activación de la variable física de la red con la variable física detectada actual de la red.

40 [0072] En una forma de realización preferida, la variable física de la red es una frecuencia y, así, es la frecuencia de la red la que se detecta. Alternativamente, una amplitud del voltaje de suministro podría ser detectada, lo que también muestra dependencia del equilibrio entre generación y carga de la red.

45 [0073] Así, según una forma de realización preferida de la presente invención, se determina una frecuencia central a partir de lecturas anteriores de la frecuencia de la red y el dispositivo de control tiende a resistir cualquier cambio en la frecuencia, hacia arriba o hacia abajo, hasta cierto punto independientemente de la frecuencia absoluta de la red. Así, mientras que en los dispositivos de control sensible de frecuencia de red de la técnica precedente es la frecuencia nominal de la red la que se usa como punto de referencia para determinar si se proporciona respuesta, la presente invención difiere al usar un valor histórico, alrededor del cual la frecuencia de activación de respuesta está establecida.

50 [0074] El concepto básico es que incluso durante un período en el que la frecuencia cae por debajo de la nominal, si la frecuencia comienza a subir, entonces el dispositivo de control sensible funcionará para resistir este cambio, a pesar de que la frecuencia se mueva en realidad más cerca de la nominal, lo cual de forma convencional se consideró favorable.

[0075] Durante los períodos de baja frecuencia, la energía de entrada media en una población de cargas cae para reducir la extracción de energía de la red y, por lo tanto, compensa la carga excesiva que causa la caída de frecuencia. La energía, en efecto, se presta a la red.

55 [0076] Un comportamiento ideal sería la recuperación de esta energía, y restaurar todo el depósito de energía, antes de que la frecuencia nuevamente vuelva a la frecuencia de red nominal. Así, una aumento de frecuencia de un valor nominal por debajo es el momento más favorecido para devolver la energía a la red.

- [0077] De forma similar, pero simétricamente, durante un período por encima de la frecuencia nominal en la red, las cargas se controlan cogiendo prestada energía de la red para recoger el exceso de generación. El comportamiento preferente es que se devuelva esta energía antes de que la frecuencia alcance nuevamente la frecuencia nominal de red.
- 5 [0078] El comportamiento del dispositivo de control fortalece la propiedad emergente natural de redes por lo que la frecuencia es un indicador de excesos o déficits de energía en la red. Si la frecuencia es baja, hay un déficit de energía, y si es alta, hay un exceso. Si las cargas absorben en gran medida el déficit o el exceso, entonces, la señal de frecuencia se hace más clara.
- [0079] El valor central de la variable, por ejemplo frecuencia, se proporciona preferiblemente calculando un promedio de movimiento de lecturas anteriores de la variable física de la red.
- 10 [0080] El valor de activación es un valor, por ejemplo frecuencia, en el que dispositivos de control sensible bien aumentarán o disminuirán su consumo de energía y se determina basándose en este valor central. Así, por ejemplo, para una población de tales dispositivos de control, si la frecuencia actual está por encima de la frecuencia central, el consumo de energía de la carga tenderá a aumentar, y si está por debajo, el consumo de energía de la carga tenderá a reducirse.
- 15 [0081] También se incluye preferiblemente un elemento aleatorio para determinar el valor de activación para garantizar que el aumento o descenso de las cargas sea gradual para no cargar la red con una población de cargas todas conmutadas al mismo tiempo, invalidando así el objeto de estabilización del dispositivo de control. Así, se evita la conmutación sincronizada a gran escala.
- 20 [0082] El efecto de invalidación del uso del valor central para determinar el valor de activación, en el que el consumo de energía de la carga se cambia, significa que una población de cargas controlada por tales dispositivos, amortigua activa y continuamente las variaciones de frecuencia de red.
- [0083] En una forma de realización preferida, el dispositivo se adapta posteriormente para: detectar una variable física asociada a la carga; determinar los límites superior e inferior para la variable física asociada a la carga; y cambiar el consumo de energía de la carga cuando la variable física asociada con la carga alcanza sus límites superior o inferior.
- 25 [0084] Esta característica garantiza que la carga todavía ejecute su función principal, que es la de mantener una variable asociada a la carga dentro de ciertos límites. Estos límites se pueden derivar de una selección de usuario. Por ejemplo, el valor consignado de un termostato para aire acondicionado o un ajuste de frigorífico llevaría a definir límites. La temperatura del espacio acondicionado o refrigerado debería no exceder o estar por encima de estos límites. La temperatura se mantiene alrededor de una temperatura deseada. Un frigorífico, por ejemplo, operaría a un ciclo de funcionamiento de manera que cuando la temperatura alcanza sus límites superiores, el mecanismo de enfriamiento del frigorífico se accionará para bajar la temperatura. Por supuesto, una que vez la temperatura alcanza sus límites inferiores, el frigorífico se interrumpirá.
- 30 [0085] La mayor parte de la siguiente descripción se refiere a las cargas que controlan la variable física de la carga dentro de los límites de control girando el consumo de energía a ON o a OFF. No obstante, las cargas en las que se consigue este control al aumentar o disminuir la energía continuamente son también aplicables con el dispositivo de control de la invención reivindicada.
- 35 [0086] La forma de realización preferida proporciona dos estratos de control, el primero es aumentar o reducir el consumo de energía de la variable física asociada con la carga dentro de sus límites de control y el segundo estrato es controlar más el consumo de energía de la carga dependiendo de caídas o aumentos relativos de la variable de la red desde un valor central.
- 40 [0087] Como se ha descrito anteriormente, uno de los problemas con los dispositivos sensibles de red de la técnica anterior fue que estos dos controles de estrato tendían a aumentar los índices de conmutación después de una desviación de frecuencia prolongada. La presente invención pretende combatir este aumento del índice de conmutación y el tercer y cuarto aspectos de la presente invención, y de las formas de realización preferidas del primer y segundo aspecto de la invención, están enfocados a lograr este objetivo.
- 45 [0088] En una forma de realización preferida, se consiguió este objetivo también al basar el valor de activación (frecuencia de activación) en la variable física detectada de la carga. En una forma preferida, los medios para determinar el valor de activación se configuran para determinar el valor de activación en la dependencia de la variable física detectada de la carga y los límites de control para reducir el índice de variación de la carga.
- 50 [0089] En otra forma preferida, los medios para determinar el valor de activación incluyen una función que devuelve el valor de activación dependiendo de una variable física detectada de la carga, dicha función define un perfil de valor de activación que varía con dicha variable física de la carga, dicho perfil cuanto más recientemente varíe el consumo de energía de la carga, mayor es el valor de activación de un valor central de la variable física de la red.
- 55 [0090] Más específicamente, en una forma de realización más preferida la provisión de un valor de activación (p. ej. frecuencia) se basa más en una proporción de un valor que representa dicha variable física detectada relacionada con el límite superior e inferior de la variable física detectada asociada con la carga a un intervalo entre el límite superior y el inferior.

[0091] La proporción anteriormente definida es un indicio de cuánta energía se almacena en la carga comparada con el máximo o mínimo definido por los límites de control. Nuevamente, en el caso de un frigorífico, cuando el frigorífico ha estado encendido durante 50 por ciento de la parte de encendido del ciclo de funcionamiento del frigorífico, entonces la variable detectada asociada a la carga estará a medio camino de su límite de temperatura inferior o, en otras palabras, el frigorífico está a medio camino de su entrada de energía máxima. Al determinar la frecuencia de activación para la forma de realización preferida, el dispositivo de control tiene en cuenta lo lleno que está el depósito de energía y, por lo tanto, lo cerca que está de su punto de conmutación natural.

[0092] En una extensión de esta forma de realización, el valor de activación varía con la proporción de manera que la probabilidad de que cambie el consumo de energía de la carga aumenta con el aumento de la proporción. Así, la proporción aumenta dependiendo del tiempo que la carga ha estado en un estado de consumo particular. Por ejemplo, en el caso de un frigorífico, los medios de provisión de enfriamiento en estado apagado es un estado de consumo de energía particular y los medios de provisión de enfriamiento en estado encendido es otro estado de consumo de energía particular. En una forma preferida, un primer estado de consumo es uno en el que la energía almacenada por la carga está en aumento y un segundo estado de consumo es uno en el que la energía almacenada por la carga está en disminución.

[0093] La proporción puede ser cualquier función representativa de cuánto ha estado la carga en un estado de consumo de energía particular. Así, en una forma de realización preferida, una proporción se define representando la cantidad de tiempo en el que una carga ha estado en un estado de consumo de energía particular en relación con un tiempo máximo para ese estado. Preferiblemente, esta representación se deriva de la variable física asociada con la carga y sus límites superiores e inferiores.

[0094] La proporción se define de manera que ésta aumentará cuanto más tiempo esté el frigorífico en marcha y también aumentará cuanto más tiempo esté el frigorífico parado. Si la probabilidad de que el estado de consumo de energía de la carga cambie aumenta en tanto en cuanto esta proporción aumenta, entonces la conmutación de la carga entre estados de consumo de energía se minimiza. Esto es, tal como se ha mencionado anteriormente, importante para evitar daños a largo plazo del equipamiento de carga, que sería inaceptable para el consumidor.

[0095] Es una característica importante de las formas de realización preferidas que el valor de activación determinado tenga en cuenta lo cerca que está la carga de su punto de conmutación natural o cuánto tiempo ha estado la carga en un estado de consumo de energía particular en comparación con un tiempo máximo determinado por lo cerca que está la variable física asociada con la carga de los valores máximo y mínimo de las cargas para esta variable. Un frigorífico en un estado "enfriamiento en marcha" está más cerca de su punto de conmutación natural en tanto en cuanto la variable física detectada se aproxima al límite inferior de temperatura del frigorífico. Por el contrario, el frigorífico en un estado de "enfriamiento parado" está más cerca de su punto de conmutación natural en tanto en cuanto la variable física detectada se aproxima al límite superior de temperatura del espacio de refrigeración.

[0096] Así, alguna proporción que representa la posición relativa de la variable física detectada entre los límites máximo y mínimo de la variable física asociada con la carga es la forma preferida para determinar el punto de conmutación natural de la carga. La función que calcula la frecuencia de activación del dispositivo tiene en cuenta la proporción.

[0097] En una forma de realización preferida, el dispositivo de control se adapta para determinar un límite superior y un límite inferior para la variable física de la red; donde la provisión de un valor de activación se basa más en dichos límites superiores e inferiores para la variable física de la red. De esta manera, el dispositivo de control distribuye apropiadamente la frecuencia de activación de un conjunto de dispositivos entre el límite superior y el límite inferior para proporcionar respuesta cuando se necesita.

[0098] En una forma de realización preferida, el valor de la frecuencia de activación es tal que las carga permanecen en un estado particular durante mayor tiempo que otras que son más sensibles a los cambios en la variable detectada de la red proporcionando una función apropiada para calcular el valor de activación parcial de esta manera.

[0099] Más particularmente, la provisión de un valor de activación preferiblemente primero implica que el dispositivo de control se adapte para proporcionar un valor de base de la red de la variable física basado en dicho valor aleatorio y en dicho valor central, por ejemplo, para proporcionar de forma aleatoria dicho valor de base entre dicho valor central y dichos límites de control inferiores o superiores; el dispositivo de control se adapta después para proporcionar una función de activación de dicho valor de base; y luego determinar el valor de activación de la función del valor de activación.

[0100] Así, la aleatorización proporcionada por el valor aleatorio está dirigida a proporcionar un valor de base, que es, sucesivamente, determinativo de una función particular usado para proporcionar el valor de activación. En una forma de realización particularmente preferida, la función del valor de activación define un valor de activación que varía con la cantidad de tiempo en el que la carga ha estado en un estado de consumo de energía particular. Más preferiblemente, la frecuencia de activación es proporcionada por la función de valor de activación que varía como se describe anteriormente.

[0101] Así, se proporciona a cada dispositivo un valor de base aleatoria, desde el que se provee una función de valor de activación. La forma particular de la función, es decir cómo ésta varía con la proporción, depende del valor del valor de base. Así, el aumento o disminución de la probabilidad de que la carga cambie su estado de consumo de energía es

diferente dependiendo del valor de base.

[0102] Según las formas de realización preferidas de la presente invención, cada dispositivo de control en una población determinará su propia frecuencia de base. Las frecuencias de base se distribuirán de forma aleatoria por la población de modo que el cambio del consumo de energía de las cargas o la conmutación de las cargas es progresiva a través de la población.

[0103] Según las formas de realización preferidas, una vez que esta frecuencia de base ha sido determinada, la frecuencia exacta a la que el dispositivo es sensible depende de la frecuencia de activación determinada a partir de la función de valor de activación. Esta función se define de manera que la buena disposición de la respuesta de la carga varía según su estado interno. Si se encuentra en un estado de energía muy baja, y el dispositivo está en marcha, o en un primero estado de aumento de la energía almacenada por la carga, no querrá pararse o conmutar a un segundo estado de descenso de energía almacenada por la carga a menos que se den los estados de red más extremos (como representa la variable física de la red, es decir la frecuencia) pero si su depósito de energía se acerca al límite superior, está muy dispuesto a parar o pasar al segundo estado. Esta disposición cambiante se refleja en cómo sale la frecuencia de activación desde la frecuencia central.

[0104] Así, la frecuencia de activación tiene una trayectoria no lineal cuando el estado de energía de la carga varía. Para preservar la distribución aleatoria de probabilidad de conmutación entre la población, la forma de la función de valor de activación cambia dependiendo del valor de base provisto aleatoriamente.

[0105] Al cambiar la buena predisposición de esta manera, la conmutación será lo más poco común que sea posible, y la carga de conmutación se distribuye por las cargas. Esto también sirve para mantener la diversidad de la carga, evitando el desarrollo de una subpoblación que esté muy cerca de los límites.

[0106] En una forma de realización preferida, el valor aleatorio está provisto de un selector aleatorio configurado para proporcionar una distribución de valores de base para una población de dichos dispositivos de control, dicha distribución se extiende desde un límite de la variable física de la red al valor central de la variable física de la red. Esto contrasta con los dispositivos de la técnica anterior, dónde se define una ventana en la que no se proporciona respuesta de red y en la que el dispositivo puede comportarse de forma normal, como si no tuviera dispositivo de control sensible instalado.

[0107] La presente invención, no obstante, distribuye la población de valores de activación desde un valor central a un límite y, así, se proporciona respuesta en todas las frecuencias entre los límites superiores e inferiores determinados para la frecuencia de la red. De esta manera, la toma de energía de la red o la devolución de energía antes tomada de la de la red ocurre mediante el espectro de frecuencia determinado de la red. Esto influye para proporcionar un apagado de todos los movimientos de la frecuencia de red desde la frecuencia central.

[0108] También se prefiere que el selector aleatorio sea tal que una población de los dispositivos de control tendrá valores de activación con una distribución que esté situada entre el límite superior e inferior de la variable física de la red. En una forma de realización preferida, el valor de activación varía desde un límite de la variable física de la red al valor central, mientras la proporción se mueve de una proporción mínima a una proporción máxima. De esta manera, el valor de activación está más cerca del valor central cuanto más tiempo haya estado la carga en un estado de energía particular. Por lo tanto, el consumo de energía de la carga es más posible que cambie cuanto más tiempo haya estado el dispositivo en un estado de consumo de energía particular.

[0109] En una forma de realización preferida, el cambio del consumo de energía de la carga implica bien el arranque de la carga o bien la parada de la carga. Una carga se define como el consumo de energía asociado a la función principal de la carga. Por ejemplo, en el caso del frigorífico, la carga es el consumo de energía de los medios de provisión de enfriamiento. Así, usando esta definición, la operación de fondo de un frigorífico, tal como la iluminación u otras periféricas a la función principal de la carga, no se considera la carga en el contexto de la especificación.

[0110] Debe quedar claro que la proporción anteriormente descrita es una representación del tiempo que el dispositivo ha estado en marcha o parado. Preferiblemente, la proporción está en un máximo dado que la variable física detectada de un dispositivo apagado se aproxima al límite asociado del dispositivo con el estado apagado de la carga o la proporción se define para un dispositivo encendido que está al máximo cuando la variable física detectada se aproxima al límite para el estado encendido del dispositivo.

[0111] En otra forma de realización preferida, la provisión de un valor de activación se basa más en el estado de energía particular de la carga (p. ej. si la carga está en un estado activado o parado). También preferiblemente, la proporción que representa lo cerca que está el dispositivo de la variable física que alcanza un límite depende del estado de consumo de energía particular de la carga. Así, según las formas de realización preferidas de la presente invención, la proporción se define de forma diferente dependiendo del estado de energía particular de la carga (p. ej. si la carga está encendida o apagada o si está en el primer estado o en el segundo estado).

[0112] Esto es ventajoso ya que una carga apagada, por ejemplo, arrancará normalmente a un límite de variable de carga bajo (energía mínima almacenada). Una carga encendida, por otro lado, se está acercando a su punto de conmutación natural a un límite de variable de carga alto (energía máxima almacenada). Por lo tanto, se prefiere tener en cuenta el estado de consumo de energía de una carga al definir la frecuencia de activación.

[0113] En otra forma de realización preferida, los límites superior e inferior asociados a la carga se derivan de un valor consignado de la variable física asociada a la carga. Un valor consignado podría, por ejemplo, ser definido por un ajuste

de termostato o un ajuste particular de un frigorífico. Es una característica ventajosa de la presente invención que no sólo consigue un buen efecto estabilizante al ofrecer respuesta de frecuencia de red, sino también que se lleva a cabo la función primaria de la carga, por ejemplo, enfriamiento, calefacción, bombeo etc.

5 [0114] Existen ciertas condiciones de red en las que los límites de la variable física detectada asociada a la carga se controlan para cambiarlos por un período de tiempo prolongado. Este cambio de los límites no suele estar relacionado con un comportamiento sensible de red normal, ni se debe a un cambio en el valor consignado de la variable física. El cambio prolongado de los límites suele deberse a una condición de red.

10 [0115] Según una forma de realización preferida de la invención, el límite superior y/o límite inferior de la variable física detectada aumenta o desciende en una proporción inferior o superior, respectivamente a la proporción máxima de aumento o descenso de la variable física detectada de la carga.

[0116] De esta manera, los límites se mueven a un índice inferior al que teóricamente podría moverse la variable física. El índice inferior del movimiento del límite significa que hay todavía alguna provisión para que la carga sea sensible a la red incluso mientras los límites de variable se están cambiando.

15 [0117] Un ejemplo de una condición de red dónde esto es útil es durante la puesta en marcha después de una interrupción de potencia. Como se ha mencionado anteriormente, la red es particularmente delicada en este estado. Normalmente, la variable física detectada estará fuera de su intervalo normal después de un apagón y la carga necesitará ser accionada para poner de nuevo a la variable dentro de sus límites de control preferidos. Según un aspecto preferido de la presente invención, el límite superior y/o límite inferior de la variable física detectada aumenta a un índice menor que un consumo de energía de máximo constante de la carga.

20 [0118] Así, hay potencial durante el aumento de los límites para proporcionar respuesta. Esta capacidad de la carga para proporcionar comportamiento sensible de red es especialmente importante durante el arranque en frío ya que la red es especialmente delicada en ese momento.

25 [0119] En otra forma de realización preferida, la presente invención define un modo de asistencia de arranque en frío en el que se genera un retraso aleatorio antes de que la carga atraiga energía de la red. Esta característica preferida significa que las cargas comenzarán a atraer energía de la red gradualmente, en lugar de ponerse todas en línea al mismo tiempo y forzar la red.

Breve descripción de los dibujos

[0120] A continuación se van a describir unas formas preferidas de la presente invención relacionadas con los siguientes dibujos.

30 Las figuras 1A a 1C muestran una forma preferida de cómo varía la frecuencia de activación con energía almacenada en la carga.

La figura 2 muestra un ejemplo de población de las cargas controladas según una forma preferida de la presente invención.

Las figuras 3A a 3B muestran un ejemplo de un perfil de la función de frecuencia de activación.

35 La figura 4 muestra una visión de conjunto de varios estados de un dispositivo de control sensible preferido.

La figura 5 muestra un diagrama de bloques de la operación preferida del dispositivo de control sensible de la presente invención.

La figura 6 muestra un diagrama de bloques que describe ampliamente la operación de una carga controlada del PID.

40 La figura 6A muestra un diagrama de bloques que describe ampliamente la operación de un valor consignado que configura el dispositivo de control sensible de red para una carga controlada del PID.

La figura 6B muestra un diagrama de bloques que describe ampliamente la operación de una potencia de motor que configura un dispositivo de control sensible de red para una carga controlada del PID.

La figura 7 expone un control sensible de red que opera con un valor como indicador del equilibrio entre carga y generación en la red.

45 Descripción detallada de la invención

[0121] Se van a describir formas de realización específicas de la presente invención para ayudar a la comprensión de la presente invención.

[0122] El dispositivo de control de la presente invención es aplicable a cargas de almacenamiento de energía en una red, que consumen energía de forma intermitente o variable.

50 [0123] El dispositivo de control requiere dos entradas principales, la primera es una frecuencia de la red, u otro parámetro representativo del equilibrio entre generación de potencia y necesidad de potencia, y la segunda, alguna variable física asociada a la carga de acumulación de energía. Generalmente, la función primaria de la carga es mantener la variable física dentro de unos límites de control específicos.

5 [0124] Las cargas operarán generalmente en un ciclo de funcionamiento de algún tipo, normalmente con un período en el que la carga está en marcha y un período en el que la carga está parada. Así, un ciclo de funcionamiento de 50% significa que la carga estará en marcha y parada la misma cantidad de tiempo. Las cargas específicas de este tipo para las que la presente invención es aplicable incluyen acondicionadores de espacio (p. ej. calefacción o enfriamiento), frigoríficos y bombas de almacenamiento de agua, entre otros.

10 [0125] No obstante, el control electrónico de potencia moderno también hace posible variar la potencia consumida por un motor. Esto puede hacer más eficiente el motor y que éste funcione de forma continua o casi con la potencia variada según las demandas del dispositivo. Por tanto, en un frigorífico, por ejemplo, el motor reducirá su potencia cuando la temperatura haya alcanzado su valor consignado deseado, aumentará si la temperatura aumenta, y se reducirá más si el frigorífico se enfría demasiado. Para frigoríficos tiene también algunos beneficios en cuanto a percepción de ruido.

[0126] El motor generalmente necesitará funcionar por encima de una gama de potencia amplia, dado que en un frigorífico o congelador, por ejemplo, tendrá que tener la capacidad de enfriar un frigorífico caliente rápidamente cuando se encienda o cuando se le introduzca algo caliente. Por tanto ahí queda un ámbito de aplicación para cambios temporales de demandas de potencia del dispositivo de entradas diferentes de la temperatura, como la frecuencia.

15 [0127] La presente invención proporciona un dispositivo de control operable para variar la energía consumida por ambos tipos de carga, es decir por control binario en marcha/parado y por aumento y descenso continuo o graduado del consumo de energía.

[0128] Para la descripción restante, un frigorífico servirá de ejemplo principal para uso con el dispositivo de control de la presente invención.

20 [0129] La presente invención funciona, hasta un punto, en común con dispositivos de control sensible de red conocidos de la técnica anterior. La presente invención utiliza el principio de que las cargas de depósito de energía, como se ha descrito anteriormente, pueden desempeñar su función sin precisar energía de entrada de la red en un momento específico. A diferencia de la iluminación y otras cargas de este tipo, las cargas de depósito de energía pueden recibir energía de entrada a niveles variables o intervalos variables y seguir operando de forma completamente satisfactoria, siempre que estén controladas para mantener la variable física de la carga dentro de los límites de control especificados de la carga particular.

25 [0130] Las cantidades de energía almacenada por los dispositivos de acumulación de energía descritos anteriormente se determinan por los límites de control de la variable física. En el caso de un frigorífico, la cantidad máxima de energía almacenada por la carga viene definida por el límite de temperatura inferior para el ajuste actual del valor consignado del frigorífico y la cantidad mínima de energía almacenada es el límite de temperatura más alta.

30 [0131] En la siguiente descripción, y es la medición normalizada de la variable física de la carga controlada por el dispositivo de control sensible de red de la presente invención. Una y mayor implica que se almacene más energía de entrada (es decir, que el frigorífico esté más frío) que una y más pequeña. Si x representa la energía en el depósito, luego y es una función de x , es decir $y=f(x)$. Una y normalizada puede oscilar de 0, sin energía almacenada, a 1, un nivel crítico máximo de energía almacenada. La función suele estar lo suficientemente cerca del lineal para que éste sea una aproximación útil.

35 [0132] En el caso de un frigorífico, la energía de entrada se dirige a enfriamiento. Así, y es mayor, 1, cuando el frigorífico está lo más frío posible, y 0 cuando la temperatura interna aumenta a ambiente. En el caso de un tanque, y es 0 cuando el tanque está vacío, y 1 cuando se encuentra en un nivel de rebosamiento del tanque. Normalmente, por supuesto, se controla dentro de los límites más estrechos, y estos se remiten a los límites superior e inferior de la variable física, o Y_{max} y Y_{min} .

40 [0133] Según algunos principios conocidos de cargas sensibles de red, en una configuración particular de la carga, la energía de entrada se varía para mantener la variable física y dentro de los límites establecidos por Y_{min} y Y_{max} , de la misma manera en la que se accionaría la carga normalmente, excepto que la frecuencia de la red (o algún otro parámetro asociado al equilibrio entre generación y carga en la red) se tiene en cuenta.

45 [0134] En términos generales, una carga, del tipo aplicable a la presente invención, accionada sin un controlador sensible de red pondría en marcha la carga cuando se alcanzara el valor mínimo de y (Y_{min}) y pararía la carga cuando se alcanzara su valor máximo (Y_{max}).

50 [0135] Según el controlador sensible de red de la forma de realización preferida, los tiempos de conmutación, cuando una carga accionada se para o cuando una carga accionada se pone en marcha, se ajustan según la frecuencia de la red. Durante un período de baja frecuencia, por ejemplo, hay demasiada carga en la red y no suficiente generación para corresponderla, y un dispositivo sensible de red que está activado reaccionará apagándose (o conmutará a un estado de consumo de energía más bajo) antes del apagado normal, es decir antes de que y alcance Y_{max} . Asimismo, durante un período de alta frecuencia, se necesita más carga para alcanzar el exceso en la generación y las cargas se accionarán (o conmutarán a un estado de consumo de energía mayor) antes de alcanzar Y_{min} .

55 [0136] Además, se puede determinar un conjunto mayor de límites superior e inferior para la variable detectada para mejorar la cantidad de respuesta proporcionada. Así, durante un período de alta frecuencia, las cargas sensibles de red se accionarán y el valor máximo para la variable detectada (Y_{max}) se puede aumentar de manera que las cargas que se han puesto en marcha tengan que permanecer accionadas durante más tiempo de lo normal, al igual que las cargas

que ya estaban en marcha. Se utiliza una provisión similar durante períodos de baja frecuencia.

[0137] El dispositivo de control preferido de la presente invención define un estado para la red, para determinar el tipo exacto de respuesta a cambios en la frecuencia proporcionado por el dispositivo de control sensible de red. El dispositivo de control sensible de red tiene tres modos de operación, un modo "normal", un modo "de tensión" y un modo "de crisis", de manera parecida al sistema descrito en la patente de Reino Unido n°. 0322278.3.

[0138] La forma de realización preferida de la presente invención determina el modo de operación del controlador y el estado de red asociado de una función definida de la frecuencia, de ahora en adelante llamada h. La función h determina a partir del comportamiento de la frecuencia de red el estado actual de la red. Idealmente, h representa hasta cierto punto una medida de cuánta energía se ha tomado prestada de o a sido prestada a las cargas de depósito de energía.

[0139] La función h incluye preferiblemente tres términos principales, un término proporcional, un término integral y un término derivado. Estos tres términos darán una buena indicación del estado de estabilidad de la red.

[0140] El término proporcional es la desviación de frecuencia actual de la frecuencia nominal de la red o algún otro valor central que representa lo mucho que necesita corrección la frecuencia para volver al valor central deseado.

[0141] El término integral representa un término más largo (al compararlo con el término proporcional instantáneo) en vista del error de frecuencia. Este término es útil, dado que un pequeño error para un tiempo largo influirá en la función h y, así, se tendrá en cuenta para dar respuesta de estabilidad de red. El término integral puede ser una suma de un conjunto de desviaciones de frecuencia pasadas o puede ser una media de movimiento de desviaciones de frecuencia pasadas. Mejor que a partir del momento cero, el término integral puede medirse a partir del último momento en que la desviación de frecuencia fue cero.

[0142] El término derivado se refiere a la inestabilidad actual de la red. Esto puede ser un índice de cambio de desviación de frecuencia. Así, las grandes oscilaciones en la frecuencia también afectan a la función h y pueden ser un indicio de red inestable, aunque la desviación presente actual de la frecuencia de red no esté fuera de los límites preferidos.

[0143] En la forma de ecuación, la función h puede escribirse

$$h = Pf_c + IC_c \cdot Df_c$$

donde f_c es el término proporcional, C_c es el término integral y f_c es el término derivado. P, I y D son constantes que influyen en el grado de importancia de la función h de cada uno de los términos.

[0144] El término integral C_c se puede calcular mediante $(f_c S)$, donde S es la integral de muestra.

[0145] Los tres parámetros, P, I y D deberían ser suficientes para que el dispositivo de control derivara h, pero para que fuera completo y flexible, sería apropiado aumentar esto a términos cuadrados o cúbicos.

[0146] Según la ejecución preferida de la presente invención, el estado de red se infiere de la función h. Por ejemplo, si h está por debajo de un primer límite, entonces se determina un estado "normal" de la red. Si h está entre el primer límite y un segundo límite superior, entonces se determina una condición "de tensión" para la red. Si h está entre el segundo límite y un tercer límite superior, entonces se determina una condición "de crisis". La diferencia entre los modos de operación asociados a cada uno de estos estados de red es similar a la descrita en la solicitud de patente de Reino Unido n°. 0322278.3.

[0147] La función h es una forma útil para determinar la tensión bajo la que opera la red. Un ajuste apropiado de los parámetros P, y o y D de h permite que la función distinga apropiadamente los tres estados generales de la red.

[0148] Durante el modo de operación normal, el dispositivo de control sensible de red de la presente invención operará como se describe detalladamente a continuación. Durante el modo de tensión de operación, un usuario de la carga de depósito de energía no puede ajustar un valor consignado de la variable física asociada con la carga. Así, la negación de la compensación sensible de red proporcionada por la presente invención no es posible. Durante un estado de crisis, la carga de depósito de energía está operativa independientemente del intervalo deseado de la variable física asociada a la carga. La variable física de la carga puede alcanzar los límites absolutos de y en lugar del intervalo preferido representado por Y_{max} y Y_{min} . Por ejemplo, en un estado de crisis, un frigorífico podría alcanzar una temperatura ambiente, o la temperatura mínima a la que el frigorífico pudiera llegar. De forma similar, en el caso de un tanque de agua, el nivel de agua podría llegar a vaciarse o a un nivel de tanque completo.

[0149] A continuación se describe un modo principal de poner en práctica los principios de la presente invención. Aquí siguen otras formas de realización preferidas de la invención.

[0150] El controlador sensible a la red de la presente invención incluye un mecanismo de control para amortiguar de forma activa y continua la variación de frecuencia de red. El dispositivo de control sensible a la red de la presente invención es sensible a todas las variaciones de frecuencia de un valor central, que se define como un valor medio sobre un período de muestra predeterminada de lecturas de frecuencia históricas.

- [0151] Cuando el dispositivo de control se utiliza primero, el valor central se establecerá en la frecuencia actual. El valor central evolucionará después cuando se incorporen muestras anteriores de la frecuencia de red a la media de movimiento. La frecuencia central es el valor medio de la frecuencia de red a partir del inicio del período de muestra.
- 5 [0152] Cualquier movimiento de la frecuencia de red desde la frecuencia central es resistido por el universo de dispositivos de control sensibles de la presente invención. Si la actual frecuencia está por encima del valor central, entonces los dispositivos de control sensibles tenderán a arrancar sus cargas para compensar el aumento. Si la frecuencia de red cae por debajo del valor central, entonces los dispositivos en marcha tenderán a apagarse para compensar el déficit en la generación. Esto proporciona un efecto estabilizante determinante en la red, que da como resultado una señal de frecuencia de red más clara o menos ruidosa.
- 10 [0153] Las cargas no cambiarán todas el estado de consumo de energía al mismo tiempo. El dispositivo de control de la presente invención se adaptan para garantizar que las cargas se accionen de forma progresiva de manera que una desviación superior del valor central da como resultado que más cargas tiendan a arrancar o parar. Esta conmutación progresiva es importante para asegurar que la respuesta de una población de cargas no sea simultánea, lo que proporcionaría una influencia desestabilizante a la red. La selección aleatoria se describe en más detalle más adelante.
- 15 [0154] En la realización preferida del dispositivo de control sensible de la presente invención, el período de muestra para calcular el valor de frecuencia central se toma como el período desde que la última de frecuencia central cruzó la frecuencia nominal de la red.
- [0155] La presente invención define excursiones de frecuencia altas, cuando la frecuencia central sube por encima de la nominal, y excursiones de baja frecuencia, cuando la frecuencia central está por debajo de la nominal. El final de uno de estos tipos de excursiones marca el inicio del otro. Se ha descubierto que estos cruces son un momento conveniente para comenzar la acumulación de lecturas de frecuencia para calcular la frecuencia central. Así, la frecuencia central será calculada para cada excursión alta (por encima de la nominal) o excursión baja (por debajo de la nominal) de la frecuencia central. La frecuencia central, por lo tanto, será calculada como un promedio de movimiento de la frecuencia durante la excursión actual y se restablece una vez que la frecuencia central cruza la nominal y que ocurre un cambio de excursión (p. ej. de excursión alta a baja o viceversa).
- 20 [0156] Una ventaja de elegir excursiones por encima o por debajo del nominal para períodos de muestra es que los dispositivos acabarán teniendo una vista común compartida de la frecuencia central. Las cargas que se acaban de conectar a la parrilla, y por tanto no tienen historial, pronto verán el mismo historial reciente que los demás dispositivos, dado que se espera que la frecuencia central atraviese frecuentemente la frecuencia nominal de la red. Es útil que los dispositivos aprecien una frecuencia central común ya que les permite tener un comportamiento coordinado (pero no sincronizado) de manera intencionada.
- 30 [0157] Este período de muestra puede no ser siempre apropiado. Si la excursión dura un período cercano al ciclo en marcha/parado medio del dispositivo de depósito de energía, los dispositivos pueden ser bien requeridos para proporcionar comportamiento sensible de red sin haber tenido la oportunidad de alcanzar su depósito de energía máximo o mínimo. Esto podría tener un efecto adverso en los índices de conmutación de las cargas de depósito de energía. Es más, si la carga no alcanza su depósito de energía máximo, y se reaprovisionan a sí mismas completamente, entonces la población de dichas cargas, de media, se agotará. Puede ocurrir que el dispositivo de control tenga que adaptarse ligeramente para que sea útil en tales circunstancias.
- 35 [0158] Está previsto que el promedio de movimiento para obtener la frecuencia central podría ser un promedio de movimiento ponderado, de manera que se les dé más importancia a los términos de frecuencia más recientes. De esta manera, los movimientos de frecuencia de valores recientemente obtenidos proporcionarán más posiblemente respuesta de carga y podrían ser compensados por ello. Esto ayudará más a estabilizar cualquier movimiento de frecuencia de la red.
- 40 [0159] El dispositivo de control sensible de red de ciertos aspectos de la presente invención también incluye otra mejora dirigida a minimizar la conmutación de una carga y a distribuir variaciones de energía a través de la población disponible de las cargas. Como se describe con más detalle a continuación, esto se consigue al variar la frecuencia de activación del dispositivo mientras éste sigue en el estado actual en marcha o parado.
- 45 [0160] Una frecuencia de activación es la frecuencia de la red en la que la carga será controlada para conmutar de un estado en marcha a un estado parado o de un estado parado a un estado en marcha. Las cargas también se conmutarán a marcha o paro cuando la variable detectada asociada con la carga alcance su actual mínimo o máximo, como definen Y_{\min} y Y_{\max} .
- 50 [0161] El dispositivo de control sensible de red se adapta para determinar una frecuencia objetivo (o de base) de forma aleatoria. En un universo de tales dispositivos, las frecuencias de objetivo se distribuirán de forma aleatoria por el universo, de modo que se alcanza la respuesta progresiva descrita anteriormente.
- 55 [0162] Según una forma de realización preferida de la presente invención, la frecuencia de objetivo del dispositivo es la frecuencia a la que, de media, el dispositivo responderá. La frecuencia de activación actual, no obstante, que es la frecuencia de la red a la que la carga conmutará entre los estados en marcha y parado, no suele ser la misma que la frecuencia de objetivo. La frecuencia de objetivo es una frecuencia elegida de forma aleatoria, desde la que se deriva un único perfil para determinar la frecuencia de activación, la frecuencia de red que provocará que el dispositivo se active

entre estados.

[0163] Así, el perfil para frecuencia de activación se deriva de una función, que, a su vez, depende de la frecuencia de objetivo elegida de forma aleatoria. La frecuencia de activación actual utilizada por el dispositivo de control se deriva de esta función, que es preferiblemente una función de cuánto tiempo ha estado el dispositivo en su estado de consumo de energía actual, es decir cuánto tiempo ha estado en marcha o parado.

[0164] La cantidad de tiempo que un dispositivo ha estado en marcha o parado se determina según un punto de conmutación natural, que es el punto al que la variable física detectada alcanzará sus valores máximo o mínimo para la variable física detectada (Y_{max} y Y_{min}) y, por lo tanto, conmutará de todos modos. Así, la función para determinar la frecuencia de activación del dispositivo es también una función del valor de la variable detectada con respecto a sus valores mínimo o máximo.

[0165] La frecuencia de activación actual depende, por lo tanto, del valor actual de y. Según la forma de realización preferida de la presente invención, la trayectoria de la frecuencia de activación es parcial, de manera que cuanto más lejos está una carga de su punto de conmutación natural, la frecuencia de activación será una frecuencia de la parrilla menos probable, es decir, la frecuencia de activación estará más lejos de la nominal. Así, el dispositivo es menos probable que conmute cuanto más lejos esté de su punto de conmutación natural.

[0166] Preferiblemente, la trayectoria de la frecuencia de activación es parcial de manera que el dispositivo es menos sensible que la frecuencia de activación elegida de forma aleatoria la mitad del tiempo y la otra mitad es más sensible. Así, preferiblemente, el promedio de la frecuencia de activación es la frecuencia de objetivo.

[0167] En las formas de realización preferidas, la cantidad de tiempo en el que una carga ha estado bien en estado en marcha o parado se calcula del valor actual de la variable detectada comparada con un índice permitido por esa variable como definen los valores actuales de Y_{max} y Y_{min} . Esto podría, por ejemplo, expresarse como un porcentaje. A modo de ilustración, un dispositivo de carga que está en un estado en marcha con la variable detectada a punto de alcanzar un máximo de variable detectada podría haber estado en marcha durante el 80% de período normal en

marcha. Esto puede expresarse con la siguiente fórmula $t_{on} = (y - y_{min}) / (y_{max} - y_{min})$

donde t_{on} es la cantidad de tiempo que la carga ha estado en marcha con relación a su tiempo esperado en marcha e y es el valor actual de la variable detectada.

[0168] El tiempo que el dispositivo ha estado apagado se define usando una fórmula diferente, pero se aplica el mismo principio. Cuanto más cerca esté un dispositivo apagado de su límite inferior Y_{min} , más tiempo ha estado apagado.

Así, la fórmula apropiada es como sigue:

$$t_{off} = (y_{max} - y) / (y_{max} - y_{min})$$

donde t_{off} es la cantidad relativa de tiempo apagado en comparación con la cantidad prevista de tiempo apagado para la carga.

[0169] Las figuras 1A, 1B y 1C muestran ejemplos del perfil de la función de frecuencia de activación. Frecuencia se traza sobre el eje y y el porcentaje lleno/vacío, en cuanto a energía, de la carga de depósito de energía se traza en el eje x.

[0170] La figura 1A muestra la frecuencia a la que se interrumpirá un dispositivo. Como es único de la presente invención, la frecuencia de activación depende del tiempo en que un dispositivo ha estado en marcha, comparado con el tiempo esperado (Y_{max} alcanzado). Como se puede observar en la figura 1A, durante el 50% del tiempo, la frecuencia de activación está relativamente cerca de la frecuencia nominal o central, durante el otro 50% del tiempo, la frecuencia de activación está más lejos de estas frecuencias. Así, sólo durante las circunstancias de red más extremas se activará los dispositivos que han estado en marcha durante el 50% o menos de su tiempo en marcha previsto. Esto se basa en la suposición de que la frecuencia de red, durante la mayoría del tiempo, residirá en la frecuencia nominal o central y, así, las frecuencias de activación que están más cerca de ésta es más probable que sean alcanzadas por la red. Así, es más probable que tenga lugar la conmutación de la carga cuanto más cerca estén las frecuencias de activación de la frecuencia central o nominal.

[0171] También es importante destacar que la forma exacta de la dependencia de la frecuencia de activación en marcha o parada comparada con el tiempo esperado en marcha o parado se elige a partir de la frecuencia de objetivo, que se elige de forma aleatoria. De esta manera, una población de cargas proporcionará una respuesta de frecuencia de red diversificada.

[0172] La comparación de la Fig. 1B con la Fig. 1A ilustra la dependencia de perfil con respecto a la frecuencia de objetivo elegida. Se puede concluir que mientras que la frecuencia de activación varía siempre con el porcentaje de tiempo en marcha o parado de la carga, la forma de esta variación se determina por la frecuencia de activación elegida de forma aleatoria.

- [0173] Las figuras 1A y 1B muestran la frecuencia de activación para un dispositivo en marcha. La Fig. 1C, por el contrario, muestra el perfil para un dispositivo parado. Los principios son los mismos. A saber, la frecuencia a la que un dispositivo apagado conmutará a en marcha varía dependiendo del porcentaje de tiempo apagado, como define la fórmula anterior. Como se puede observar en la Fig. 1C, la frecuencia de activación se acerca a la frecuencia central o a la frecuencia nominal de la red mientras el dispositivo se aproxima a su punto de conmutación en marcha natural. Generalmente, el perfil requiere que cuanto más cerca esté el dispositivo de su punto de conmutación en marcha natural, más cerca está la frecuencia de la frecuencia nominal o de amortiguación y, por lo tanto, con más probabilidad se usará la carga para proporcionar respuesta de frecuencia de red.
- [0174] Según la realización preferida de la invención, cualquier movimiento de frecuencia de red detectada por encima o por debajo de la frecuencia central supondrá que las cargas se accionen. Cuanto más lejos esté la frecuencia de red detectada de la frecuencia central, más cargas se conmutarán progresivamente. Ya que la frecuencia central es un promedio de movimiento de índices de frecuencia pasados, la frecuencia central tenderá a "seguir" la frecuencia de red detectada, aunque de una manera amortiguada. Esto proporcionará un valor central homogéneo que se usará para determinar si hay que ejecutar una respuesta de frecuencia alta (por encima de la nominal) o baja (por debajo de la nominal).
- [0175] La frecuencia detectada puede bien cambiar de dirección e ir por encima o por debajo de la frecuencia central. El dispositivo de la presente invención resistirá cualquier aumento o descenso rápido en la frecuencia de red por encima o por debajo de la frecuencia central tomando o devolviendo energía de o a la red en cuanto la frecuencia de red comience a moverse. Este es el momento apropiado para tomar o devolver energía, como descubrió el presente inventor, y proporciona una frecuencia de red mucho más estable, en comparación con las frecuencias de control sensible de red de la técnica anterior.
- [0176] Al principio, cualquier movimiento por encima o por debajo de la frecuencia central de red sólo acciona cargas que están cerca de sus puntos de conmutación naturales. Esto se debe a que la frecuencia de activación es variable para un dispositivo particular con tiempo en marcha o parado para un dispositivo. Todas las cargas que han estado en marcha o paradas durante más del 50% de sus tiempos previstos en marcha o parado están protegidas. Sólo cuando la frecuencia de red se mueve espectacularmente fuera de la frecuencia central los dispositivos que están menos del 50% del tiempo fuera de sus puntos de conmutación anteriores conmutarán.
- [0177] Así, la realización preferida de la presente invención proporciona una frecuencia de red más estable, así intrínsecamente dando como resultado menos conmutación de la carga sensible. Además, la conmutación de dispositivos que ya han estado conmutados se desfavorece, por tanto disminuye más la sobrecarga de conmutación de la carga.
- [0178] Un sistema que consiste en una población de cargas de depósito de energía controlada por los dispositivos de control sensible de red de la presente invención proporciona una población de cargas preparada para conmutar en respuesta a cualquier cambio en la frecuencia de red. Cuanto mayor sea el cambio en la frecuencia, mayor será la población de cargas dando respuesta. Esta debería ser una relación lineal.
- [0179] La figura 2 muestra un ejemplo de un sistema controlado según la presente invención, en un estado estable y funcionando a la frecuencia normal de la red. Como se muestra en la figura 2, en este estado la cantidad de dispositivos que están apagados [1] y la cantidad de dispositivos que están en marcha [2] corresponde al ciclo de funcionamiento previsto. Así, si la carga se ejecuta a un ciclo de funcionamiento de 50%, la población se divide igualmente.
- [0180] Si el sistema pasa a una excursión de frecuencia baja (por debajo de la nominal), las cargas en marcha se activarán a parado [3] para reducir la carga. Será poco probable que se pongan en marcha durante algún tiempo.
- [0181] Durante esta excursión de baja frecuencia, algunas cargas paradas se pondrán en marcha [4], a pesar del exceso actual de carga en la frecuencia, debido al hecho de que han alcanzado su estado de depósito de energía mínimo y la función apropiada de la carga requiere que ésta arranque. Estas cargas no se arrancaron para dar respuesta de frecuencia alta, y están fuera de la población de cargas capaz de proporcionar respuesta de frecuencia alta, a pesar de que eran, en ese momento, las más sensibles. Nuevamente, estas cargas que se acaban de arrancar es poco probable que arranquen de nuevo durante algún tiempo.
- [0182] Algunas cargas alcanzarán sus estado de energía máxima, y tendrán que ser apagadas [5]. Si el ciclo de funcionamiento es el 50%, el número de dispositivos que alcanza su estado de energía máxima [5] tenderá a ser el mismo que el número de dispositivos que alcanza su estado de energía mínima [4].
- [0183] Los dispositivos restantes capaces de dar respuesta de frecuencia baja [7] son la población que tenía los ajustes de frecuencia menos sensible, ya que los que estaban cerca de la frecuencia de red nominal han sido "usados".
- [0184] Si la frecuencia aumenta ahora por encima de la frecuencia central, entonces, a pesar de que la frecuencia está todavía por debajo de la frecuencia de red nominal, es deseable que las cargas comiencen a arrancar y a recuperar la energía prestada a la red anteriormente.
- [0185] Cuando la frecuencia aumente por encima de la frecuencia central, algunos dispositivos se activarán para arrancar [8] con el fin de aumentar su carga. Lo más probable es que sean seleccionados del universo restante [1], dado que las cargas [3] se encontrarán en un modo de conmutación mínima ya que se acababan de accionar.

[0186] Como antes, algunos dispositivos encendidos se apagarán [10] y algunos dispositivos apagados arrancarán [9] porque han alcanzado su máximo o mínimo estado de energía, respectivamente, sin estar llamados a proporcionar respuesta de frecuencia alta. Mientras que los dispositivos encendidos que se apagan [10] eran los más sensibles para suministrar respuesta del universo, la población los perdió para suministrar respuesta de baja frecuencia, al no usarlos. El universo de cargas que alcanza su estado de energía máxima o mínima será bastante pequeño.

[0187] El universo de dispositivos que sigue siendo capaz de proporcionar respuesta de frecuencia alta es el deseado, en tanto en cuanto están razonablemente distribuidos por igual por la frecuencia entre la frecuencia central y una frecuencia de límite máxima. El universo de dispositivos sensibles a las frecuencias inmediatamente por debajo de la frecuencia central se ha reducido, no obstante. Así una caída en la frecuencia desencadenará nuevamente menos reducción de carga que antes, dando como resultado una frecuencia media que caerá incluso más hasta que se alcance una zona no reducida, o hasta que la migración natural de frecuencias de activación repueble la zona reducida.

[0188] Este es el comportamiento deseado. Durante una excursión de baja frecuencia donde la frecuencia ondula, la frecuencia tenderá a caerse más fácilmente que si ésta aumenta (o, más generalmente, a ir más allá del nominal más fácilmente que a acercarse al nominal). Esto refleja el hecho de que las cargas están prestando energía a la red y están resistiendo el aumento de frecuencia mientras se devuelve el préstamo. Idealmente, sólo cuando el préstamo se ha devuelto completamente, la frecuencia retorna a nominal.

[0189] Una posible manipulación del universo de baja frecuencia mostrada en la figura 2 es distribuir las cargas restantes accionadas por el intervalo entre la frecuencia central y la frecuencia mínima (mejor que entre la frecuencia nominal y la frecuencia mínima). Esto tiene el efecto de dejar las frecuencias inmediatamente por debajo de la frecuencia central adicionalmente reducida (dado que los dispositivos que habrían elegido frecuencias de objetivo por encima de la frecuencia central, entre la frecuencia nominal y la frecuencia central, ahora las tienen por debajo de la frecuencia central), así la frecuencia tiene una mayor tendencia a caer. Tal vez esto no sea recomendable.

[0190] En una alternativa a esta manipulación, se podría hacer este cambio sólo para algunas cargas, como por ejemplo aquéllas que se han accionado desde el inicio de la excursión de frecuencia baja. La lógica de esto surge porque los dispositivos que se han accionado desde el inicio de la excursión lo habrían hecho porque tienen baja la energía y, por tanto, necesitan una oportunidad para recuperar su energía antes de dar una respuesta. Una forma de cambiar esto es bajar de forma sistemática (hacer más extrema) la frecuencia a la que se accionan. Esta, a su vez, tenderá a permitir que la frecuencia de red caiga más. También tenderán, en circunstancias extremas, a distribuir el tiempo en marcha más uniformemente entre los dispositivos. El tiempo en marcha se distribuye ya, sin esta modificación, igualmente por los dispositivos mediante la trayectoria de la frecuencia de activación.

[0191] El ejemplo que se muestra en la figura 2 es de una excursión de baja frecuencia, el comportamiento de un universo de cargas durante una excursión de frecuencia alta es simétrico.

[0192] En un sistema ideal, donde todas las respuestas de red son dadas por dispositivos controlados según la presente invención, las excursiones de frecuencia no terminarán hasta que los préstamos de energía se hayan devuelto. Si la respuesta a las frecuencias de red viene de otras fuentes también, (es decir, por generadores), la excursión puede terminar antes de que se hayan devuelto completamente los préstamos, pero las cargas, sin embargo, recuperarán la energía necesaria para rellenar sus depósitos de energía.

[0193] La frecuencia central, derivada de un promedio de movimiento de la frecuencia es la frecuencia por encima de la cual la carga global derivada de dispositivos controlados según la presente invención aumentará, y por debajo de la cual la carga disminuirá. Esta es, efectivamente, una frecuencia de objetivo para el sistema entero. Podría ser que una frecuencia de objetivo de sistema diferente se derivara más. La posibilidad es mover la frecuencia de objetivo de sistema más cerca de la frecuencia nominal, para proporcionar alguna desviación que influya en la frecuencia de red hacia la nominal.

[0194] A continuación se describe, con más detalle un procedimiento completo para obtener la frecuencia de activación para un dispositivo de control particular.

[0195] Primero se calcula la frecuencia central. Cada lectura, desde la primera lectura de frecuencia registrada desde que la excursión actual por encima o por debajo de la nominal comenzó se tiene en cuenta. La frecuencia central obtenida podrá manipularse más tarde para adecuarla a la frecuencia nominal, pero puede que no sea necesario ya que dicha adecuación es una característica inherente de los dispositivos de control de la presente invención.

[0196] Más adelante se determinarán una base de dispositivo o frecuencia de objetivo. Para ello, se determina un intervalo dentro del cual debe situarse la frecuencia de base y luego se elige una frecuencia de objetivo aleatoria dentro de este intervalo. Cada dispositivo tiene tanto una frecuencia de objetivo alta como una frecuencia de objetivo baja, que se aportan preferiblemente a partir de valores separados aleatorios llamados el valor aleatorio bajo y el valor aleatorio alto. La frecuencia de objetivo alta es para una excursión de frecuencia alta y la frecuencia de objetivo baja es para una excursión de frecuencia baja.

[0197] Al elegir un número aleatorio que distribuye la frecuencia de objetivo entre el nominal y el límite bajo o límite alto del intervalo de frecuencias permisible, es preferible que ese número aleatorio se utilice para excursiones de frecuencia altas, y otro número aleatorio se utilice para excursiones de frecuencia bajas. Es preferible que los números aleatorios estén entre 0 y 1, de modo que la frecuencia de objetivo se pueda situar en cualquier sitio dentro del intervalo completo

(como se define anteriormente) de frecuencias posibles. Se prefiere que los dos números aleatorios sean regenerados después de que comience una excursión opuesta.

[0198] Así, el número aleatorio de excursión de frecuencia baja se elige al principio de la excursión de frecuencia alta y el número aleatorio de excursión de frecuencia alta se elige al principio de una excursión de frecuencia baja, asegurando así la disponibilidad del número aleatorio en caso de un intercambio de excursión de frecuencia.

[0199] Es importante regenerar los números aleatorios a intervalos regulares, dado que la sensibilidad para la frecuencia de red cambia para un dispositivo de control particular, dependiendo del número aleatorio. Como se aclarará más adelante, un frigorífico con números aleatorios pequeños tenderá a llevar una carga de conmutación superior que uno con números aleatorios mayores. Esto se debe a que la frecuencia de objetivo generada a partir de un número aleatorio grande es más posible que proporcione una frecuencia de activación más cercana a los límites de frecuencia externos, lo cual es más raro que la red lo lleve a cabo, que frecuencias más cercanas a la frecuencia nominal de la red.

[0200] También es importante que el número aleatorio no se genere durante una excursión particular. Esto podría suponer un impacto imprevisible en la estabilidad de la red. No obstante existen otras estrategias posibles. Por ejemplo, los números aleatorios se pueden generar durante un primer cambio después de un período de 24 horas u otro período elegido de esta forma.

[0201] Hay cuatro intervalos posibles dentro de los cuales se deberían proporcionar las frecuencias de objetivo:

(1) La red está en una condición de excursión de frecuencia baja (frecuencia central por debajo de nominal) y la carga se encuentra accionada actualmente. Esto se muestra en el lado izquierdo de la figura 3A. En este caso, la frecuencia de objetivo se proporciona entre un límite de baja frecuencia (la selección del límite de baja frecuencia para la red se explica más adelante) de la red y la frecuencia de red nominal. Ya que la red se encuentra actualmente en una excursión de frecuencia baja, la frecuencia central también se proporcionará entre:

la frecuencia nominal y el límite de frecuencia baja anterior.

(2) en el caso de una excursión de baja frecuencia cuando la carga está apagada (figura 3A lado derecho), la frecuencia de objetivo se situará de forma aleatoria entre un límite de frecuencia alta (la selección del límite de frecuencia alta para la red se explica más adelante) de la red y la frecuencia central (diferente de la frecuencia nominal).

(3) en el caso de una excursión de frecuencia alta (frecuencia central por encima de nominal) y la carga apagada (figura 3B izquierda), la frecuencia de objetivo se proporciona de forma aleatoria entre el límite de frecuencia alta y la frecuencia de red nominal.

(4) en el caso de una excursión de frecuencia alta y la carga en marcha (figura 3B derecha), la frecuencia de objetivo se proporciona entre la frecuencia baja y el valor de frecuencia central.

[0202] Las figuras 3A y 3B muestran ejemplos de posiciones de frecuencias de cada una de estas cuatro posibilidades. Estas figuras también muestran las frecuencias de activación, en el momento en que la frecuencia de red será tal que active un dispositivo particular a apagado si estaba encendido o a encendido si estaba apagado. Las figuras 3A y 3B muestran que las frecuencias de activación se proporcionan en el mismo intervalo de frecuencias proporcionadas para la ubicación aleatoria de la frecuencia de objetivo.

[0203] Como se muestra en las figuras 3A y 3B, la frecuencia de objetivo del dispositivo está determinada por la forma del perfil de frecuencia de activación. Así, la selección aleatoria de la frecuencia de objetivo se lleva a cabo mediante las frecuencias de activación.

[0204] En la ejecución preferida del dispositivo de control de la presente invención, una vez que se ha calculado la frecuencia de objetivo alta o baja para un dispositivo particular, es necesario calcular la frecuencia de activación específica de los dispositivos. Cuando el dispositivo está encendido, sólo es relevante la frecuencia de objetivo baja y cuando el dispositivo está apagado, sólo es relevante la frecuencia de objetivo alta. A partir del valor de la frecuencia de objetivo particular, se puede derivar la forma de la función. La función es diferente, no sólo dependiendo de la frecuencia de objetivo para el dispositivo, sino también de si el dispositivo está encendido o apagado. A partir de esta función, usando el valor actual de la variable detectada, se puede obtener la frecuencia de activación actual del dispositivo. Esta frecuencia de activación determinará después si el dispositivo arrancará o se apagará al compararla con la frecuencia detectada.

[0205] El valor de la frecuencia de activación mostrado en las figuras 3A y 3B se calcula como se muestra más adelante. La proporción a la que se hace mención más abajo es la que representa lo cerca que está un depósito de energía de comenzar a su máximo o mínimo, dependiendo de si el dispositivo está encendido o apagado, respectivamente. La proporción es preferiblemente ton o toff, cuyo cálculo se ha descrito anteriormente.

(1) Si la proporción es inferior a 0,5, entonces

(es decir, es el tiempo desde que la carga se accionó por última vez inferior al 50% del tiempo que le lleva alcanzar mínimo o máximo)

(2) "Desplazamiento" = (la frecuencia de objetivo - "Punto de inicio") * la proporción donde el Punto de inicio es el límite de frecuencia baja para los dispositivos encendidos y el límite de frecuencia alto para los dispositivos apagados. Así, la (frecuencia de objetivo - Punto de inicio) es la diferencia entre el límite de frecuencia alto o el límite de frecuencia bajo y

la frecuencia de objetivo. Dado que la proporción siempre se encuentra entre 0 y 0,5 (como por el paso (1)), el término de proporción minimiza esta diferencia. Así, en este paso, el valor de la variable detectada está influyendo en la frecuencia de activación al igual que la frecuencia de objetivo.

(3) la frecuencia de activación = Punto de inicio + Desplazamiento

5 así, para los dispositivos encendidos, la frecuencia de activación se desplaza del límite de frecuencia baja y para los dispositivos apagados, la frecuencia de activación se desplaza del límite de frecuencia alta.

(4) Si la proporción es mayor o igual a 0,5, entonces

(es decir, ¿es el tiempo que el dispositivo ha estado encendido o apagado más de la mitad de su punto de conmutación natural? si es así, entonces la carga debe operar en una zona de conmutación de probabilidad más alta que antes).

10 (5) Desplazamiento = ("Punto final" - la frecuencia de objetivo) * proporción

donde el Punto final es la frecuencia central para los dispositivos apagados durante excursiones bajas y para los dispositivos encendidos durante excursiones altas y es la frecuencia nominal para los dispositivos encendidos durante excursiones altas y dispositivos apagados durante excursiones bajas. El desplazamiento es la diferencia entre la frecuencia de objetivo y el punto final, con la diferencia incluida en la proporción. Dado que la proporción se encuentra siempre entre 0,5 y 1, el desplazamiento se encuentra en algún lugar entre ser toda o la mitad de esta diferencia. Nuevamente, este paso muestra que tanto el tiempo en el que un dispositivo ha estado encendido o apagado como la frecuencia de objetivo influyen en el valor del desplazamiento.

(6) la frecuencia de activación = la frecuencia de objetivo + desplazamiento

así, las frecuencias de activación están entre la frecuencia de objetivo y la central o la frecuencia nominal.

20 [0206] A continuación vamos a describir un dispositivo de control de carga con los perfiles de activación que se muestran en la figura 3A.

[0207] Durante una excursión de baja frecuencia, la frecuencia central se encuentra entre el límite nominal y el bajo para la frecuencia de red, como se muestra en la figura 3A. Durante tal excursión de baja frecuencia, el comportamiento global deseado es que los dispositivos encendidos tiendan a apagarse para, finalmente devolver la frecuencia de sistema a nominal.

[0208] La figura 3A muestra la evolución de una carga que inicialmente está en un estado accionado mientras la red está en una excursión de baja frecuencia. La trayectoria del estado de energía 1 (eje de la izquierda) muestra cómo pasa de un estado de energía mínima a un estado de energía máxima. Si no se da ninguna respuesta, la carga se parará al estado de energía máxima de su ajuste de límite, y el estado de energía pasará de máximo a mínimo.

30 [0209] Para cada lectura de la frecuencia de red y de la variable física asociada a la carga, se vuelve a calcular la frecuencia central. Para que quede más claro, el diagrama muestra una frecuencia central fija, pero ésta, en realidad, variará con condiciones de red.

[0210] Mientras el dispositivo esté encendido, la frecuencia de objetivo para apagado se calcula usando el número 2 aleatorio de frecuencia baja. Ésta se sitúa por encima del intervalo 3 mostrado a la izquierda del diagrama (figura 3A), que, en este estado, está entre el límite de frecuencia baja y la frecuencia nominal. La variable física asociada a la carga se usa después para calcular la frecuencia de activación para apagado 4. La frecuencia de activación para los dispositivos encendidos así tiene en cuenta la nueva frecuencia central y la nueva variable detectada asociado a la carga. Para los dispositivos en marcha, cuando la frecuencia de red está por debajo de la frecuencia apagado de objetivo, entonces, la carga se apagará. Para cargas apagadas, cuando la frecuencia de red medida es mayor que la frecuencia de activación, entonces la carga arrancará.

[0211] Cuando la frecuencia de red se vuelve inferior a la frecuencia de activación 5 el dispositivo se interrumpirá y la trayectoria de energía cambiará de dirección, a pesar de que el depósito máximo de energía no se haya alcanzado. Esto tiene el efecto de reducir la energía media almacenada en el dispositivo sin cambiar los límites de la variable física. En una población grande de dispositivos, esto tiene el efecto de aumentar la temperatura media de la población de dispositivos.

[0212] Cuando el dispositivo se ha apagado, su otro comportamiento se muestra a la derecha de la figura 3A. La parte del ciclo de funcionamiento que falta 6 aparece sombreada.

[0213] En este caso, el intervalo dentro del cual se elige la frecuencia en marcha de objetivo está entre el límite de frecuencia alta y la frecuencia central, y se muestra una trayectoria 8 de ejemplo de la frecuencia de activación para en marcha. Si la frecuencia central permanece sin cambios, entonces el dispositivo no arrancará otra vez 9 hasta que el estado de energía haya vuelto a alcanzar su mínimo.

[0214] Según la figura 3A, cualquier movimiento de la frecuencia de red medida fuera del nominal hará que las cargas se apaguen. Claramente, cuanto más lejos esté la frecuencia de red de la nominal, más dispositivos se apagaran progresivamente. También, se puede observar que cuanto más lejos está la frecuencia detectada de la nominal, antes tenderá la carga a apagarse durante su ciclo en marcha.

[0215] Según la figura 3A, cualquier movimiento por encima de la frecuencia central tenderá a dar como resultado que las cargas apagadas se pongan en marcha. Así, las frecuencias de activación proporcionadas por la presente invención resisten todos los movimientos de frecuencia de red de la frecuencia central.

[0216] Algo similar es aplicable a las excursiones de frecuencia altas, como se muestra en la figura 3B.

5 [0217] En una manipulación de las formas de realización mostradas, los cuatro intervalos para dar una frecuencia de objetivo, descritos anteriormente, podrían estar entre la frecuencia central y un límite máximo o mínimo, en lugar de dos intervalos entre la frecuencia nominal de red y un límite alto o bajo (como en las figuras 3A y 3B). En esta forma alternativa del dispositivo de control, la figura 3A se configurará de forma que sólo cuando la frecuencia detectada
10 descienda por debajo de la frecuencia central las cargas se pararán (en lugar de al descender por debajo de la central y aumentar por encima de la central hasta la frecuencia nominal, como se muestra). Esto seguirá dando la respuesta deseada, dado que una reducción de frecuencia significa demasiada carga y, por lo tanto, que los dispositivos se apaguen. De forma similar, el perfil de la figura 3B podría ser modificado de modo que sólo los aumentos por encima de la frecuencia central hagan que los dispositivos apagados arranquen (en lugar de aumentar por encima de la central y descender por debajo de la central hasta el valor nominal, como se muestra). Nuevamente, la respuesta proporcionada
15 en esta forma modificada sigue siendo la deseada ya que una subida en la frecuencia representa un aumento en la generación, lo cual debe ser absorbido poniendo cargas en marcha.

[0218] Según la figura 3A, durante una excursión de baja frecuencia, si la frecuencia del sistema actual cae por debajo de la frecuencia central, entonces los dispositivos parados no pueden ponerse en marcha, dado que no hay frecuencias de activación por debajo de este punto. La única manera de que los dispositivos apagados se encendieran sería que la variable física alcanzara su límite inferior. Así, en caso de descenso por debajo de la frecuencia central, sólo se da
20 respuesta para que los dispositivos encendidos se apaguen, como se ve en la figura 3A, que es exactamente lo que hace falta para compensar el exceso de carga que causó la caída de frecuencia.

[0219] Nuevamente con referencia a la figura 3B, durante una subida en la frecuencia por encima del valor central, se espera que los dispositivos apagados se enciendan. Este comportamiento se da de acuerdo con la figura 3B. La figura 3B también muestra cómo los dispositivos que se acercan a sus puntos de arranque naturales se ven favorecidos por tener sus frecuencias de activación más cerca de la frecuencia central. La figura muestra también que las frecuencias de activación de la población de los dispositivos apagados están repartidas entre la frecuencia central y el límite de frecuencia alta, para proporcionar comportamiento de respuesta progresiva.

[0220] Existe la posibilidad de que la frecuencia de la red suba y baje de forma repetida dentro de intervalo de frecuencia estrecho cercano a la frecuencia central. En estas circunstancias, la población de dispositivos sensibles para las frecuencias dadas se reducirá. Es decir, cuando la frecuencia caiga, el dispositivo más sensible se apagará, y cuando suba, el dispositivo más sensible arrancará. Los dispositivos que conmutan de esta forma no estarán disponibles para proporcionar más respuesta hasta que hayan completado lo que les quede de su ciclo. Por lo tanto, la población de dispositivos sensibles se restaurará en cuanto los dispositivos lleguen al estado en su ciclo, lo cual puede reducirse mediante la respuesta que proporcione, entonces podrán conmutar.

[0221] La velocidad a la que una zona de frecuencia reducida se recupera depende del intervalo del que se elija la frecuencia de objetivo. Incluir la zona de frecuencia desprovista de dispositivos sensibles dentro del intervalo de frecuencia de objetivo aumenta el índice al que una zona reducida se reabastece de la población de dispositivos que se acercan a sus puntos sensibles.

40 [0222] El reabastecimiento aumentado se consigue al repartir la reducción por un intervalo de frecuencia más amplio, que no se está dando en ese momento en la parrilla. Mientras que esto reduce la respuesta total que aún está disponible, esta propiedad refleja el hecho físico de acabar con la respuesta finita de la población de frigoríficos.

[0223] Aunque parece que hay una zona entre la frecuencia nominal y la frecuencia central donde la acción de los dispositivos en on y la acción de los dispositivos en off aparecen solaparse y, por tanto, negarse unos a otros, en la práctica, estas acciones no tendrán lugar al mismo tiempo, sino que están separadas por el tiempo que tarda una frecuencia de red en cambiar de dirección y sirve para amortiguar los pequeños cambios de frecuencia y las subidas y bajadas.

[0224] El grado de respuesta disponible cuando la frecuencia de red pasa a través de una zona reducida será menor, por tanto el cambio en la carga disponible para ralentizar el cambio en la frecuencia tenderá a ser menor. Esta tendencia convierte a la frecuencia en un indicador más preciso de hasta dónde se ha cargado o se ha tomado prestada la energía por parte de la población de frigoríficos y es el comportamiento buscado.

55 [0225] Como se puede observar en la figura 3A, cuando la frecuencia de red detectada aumenta por encima de la frecuencia central, los dispositivos en off pasan a on, según la figura 3A. Sólo si la frecuencia vuelve a descender, los dispositivos en on pasarán a off dado que queda un universo de dispositivos con las frecuencias off de activación entre la frecuencia central y la frecuencia nominal. Esto significa que mientras los movimientos de la frecuencia de red que están por debajo de la frecuencia central causarán que sólo los dispositivos en on pasen a off (excluyendo los dispositivos en off que alcancen sus límites mínimos de la variable física asociada a la carga), la respuesta para la frecuencia de red que se mueve por encima de la frecuencia central la dan los dispositivos en off que pasan a on, como se espera para estabilizar los movimientos de frecuencia de red.

[0226] Una discusión similar a la anterior sobre las excursiones de frecuencia baja con respecto a la figura 3B es igualmente aplicable a una excursión de frecuencia alta (por encima de la nominal) de la frecuencia central.

[0227] En una red real, los cambios entre las excursiones altas y bajas mientras varían la carga y la generación, la población de frigoríficos en cada estado será dinámica y el comportamiento de cada uno de los frigoríficos será menos determinado que en estas descripciones.

[0228] El dispositivo de control utiliza los límites de frecuencia máximo y mínimo para determinar los intervalos por los que deberían repartirse las frecuencias de activación. Estos límites de frecuencia pueden establecerse mediante la experiencia en el tiempo del comportamiento de la frecuencia de la red o en la instalación, dependiendo de la red con la que se vayan a usar.

[0229] Por ejemplo, en la estadounidense, la frecuencia de red se quiere mantener dentro de más o menos 0,5% de la frecuencia de red nominal, es decir, la frecuencia de red debería siempre caer entre los 59,7 hertzios y los 60,3 hertzios. Este sería el valor por defecto para un dispositivo de control que se quiera operar en la red estadounidense. Estos valores por defecto podrían establecerse o auto optimizarse según la experiencia del dispositivo con la red. La posibilidad de un dispositivo de control de auto optimización para dar estos límites de frecuencia se explicará a continuación.

[0230] El dispositivo de control de la presente invención vendrá dado, preferiblemente, con un conjunto de parámetros por defecto relacionados con la red con la que se va a utilizar. Como se puede ver en las figuras 3A y 3B, si la frecuencia de red sale del intervalo mínimo o máximo, toda la población de dispositivos estará en el mismo estado de conmutación, es decir, ya sea en marcha o parado. No hay más respuesta de red por parte de la carga. Así, es importante llevar a cabo un auto ajuste de los límites de frecuencia de forma correcta y cautelosa.

[0231] Idealmente, los límites de control de la frecuencia se eligen para que estén justo después de la desviación de frecuencia tolerable por la red. También es deseable que mantengan el índice al que la frecuencia de red varía bastante bajo. El método adoptado por los dispositivos de control sensible de la red de la presente invención es para equilibrar estas necesidades de controlar las frecuencias extremas dadas y para usar éstos para ajustar los límites de frecuencia almacenados. Se utilizan dos procesos de configuración principales.

[0232] Primero, si la frecuencia extrema dada durante una excursión es mayor que el límite usado, entonces, en excursiones subsecuentes, el extremo se convertirá en el nuevo límite. Por tanto, en una red con grandes variaciones, el dispositivo de control sensible se ajustará para distribuir su servicio por todo el intervalo de frecuencias dadas. El dispositivo de control sensible de la red tiene la capacidad de analizar los eventos que llevan al extremo y pueden usarlo para moderar hasta dónde se amplían los límites.

[0233] En el segundo proceso, si la frecuencia extrema dada dentro de un período es inferior a los límites de frecuencia almacenados actuales, entonces, los límites de frecuencia se ajustarán para estar más cerca de los extremos de frecuencia dados. El dispositivo de control sensible, sin embargo, sólo acercará los límites en una proporción pequeña de la diferencia entre los extremos y los límites (una técnica de promedio de movimiento). De esta manera, será tras muchos ciclos de ajuste cuando los límites de la frecuencia se harán significativamente más estrechos. La tendencia de los límites de estrecharse se podría contrarrestar no haciendo caso a las excursiones que están fuera de los límites de frecuencia almacenados que son más cortas que un período definido (por ejemplo en minutos).

[0234] Así, si el dispositivo experimenta más frecuencias extremas de las que debería por defecto, su comportamiento se ampliará para adaptarse a las circunstancias. Si, por otro lado, la red es más estable de lo esperado, cambiará a límites más estrechos lentamente y seguirá reaccionando rápidamente si el comportamiento de la red vuelve a ser más volátil.

[0235] Además, los límites tienen un margen, llamado margen de evento raro, de manera que el dispositivo de control sensible de red asumirá que la mayor excursión de frecuencia no es rara, y así los límites de frecuencia elegidos se ajustan para más capacidad en proporción al margen de evento raro. El margen de evento raro se podría dar, en fábrica, de dos maneras.

[0236] El margen de evento raro podría configurarse para ser inferior a la unidad, lo que significa que no sería posible un comportamiento de respuesta de red mientras los extremos normales de la red se den. Esto es porque el margen de evento raro definirá que los límites de frecuencia del dispositivo de control estén dentro de los extremos de frecuencia de la red. En una red donde el comportamiento sensible de red se da predominantemente mediante plantas de combustible fósil y no mediante las cargas, se pueden conseguir beneficios de emisiones substanciales con un margen de evento raro inferior a la unidad.

[0237] Alternativamente, el margen de evento raro también se puede establecer por encima de la unidad. Así, el dispositivo de control sensible de red se ajustará solo para que, incluso durante los extremos de red, haya un margen para eventos (excepciones). Este modo es esencial cuando los dispositivos de control sensible de red de la presente invención son los que dan principalmente comportamiento de respuesta de red, dado que se necesitarán algunos comportamientos de respuesta en todas las circunstancias de red.

[0238] Así, el margen de evento raro inferior a uno se utilizará al principio de la puesta en marcha del dispositivo de control sensible de red y cuando crezca la población se convertirá en el estándar normal un margen de evento raro superior a la unidad.

[0239] El beneficio en las emisiones de tener un margen de evento raro inferior a uno surge porque dar respuesta al final de la carga no tendrá ningún impacto en las emisiones, ya sea de dióxido de carbono o de otros contaminantes. Esto contrasta con la respuesta dada al final del suministro de electricidad, donde la planta de generación tendrá que operar a menor capacidad y con cambios dinámicos frecuentes (haciendo más difícil el control de la eficiencia y de la contaminación).

[0240] Para terminar, cuando una frecuencia extrema o evento raro ha sucedido, el dispositivo de control sensible de red de la presente invención necesita usar alguna definición de "raro". Los eventos de red extremos incluyen una planta de generación fallida o una línea de transmisión importante. Tal evento no es probable que ocurra a menos que sea en circunstancias extremadamente infrecuentes y es el tipo de evento al que está destinado a cubrir el margen de evento raro mayor que uno. Por otro lado, si se da una carga de valor máximo transitoria, una rotura de TV en invierno no está cubierta por los límites de frecuencia extrema, por tanto los límites deberían configurarse para cubrir este evento, que es un indicio de tensión de red, pero no un fallo raro.

[0241] También puede merecer la pena considerar tener diferentes límites de control para varios períodos diferentes dentro de un día o una semana (muchas redes utilizan las medias horas como límites de medición y esto puede resultar útil aquí). El intervalo de los límites puede ser más amplio, a veces, cuando la demanda cambia rápidamente, como indica la función de estado de tensión (H) definida anteriormente. En las horas de demanda mínima o un estado de tensión bajo de la red podrían tener un intervalo más estrecho de límites de control de frecuencia. Las horas del día en las que la red es más propensa a tensarse podría saberse mediante la experiencia con la red y los intervalos a los que los límites de control de frecuencia deben ampliarse podría medirse mediante el dispositivo de control. Dado que, no obstante, el dispositivo de control no tendrá acceso a un reloj externo, esta sintonización deberá descartarse siempre que no haya electricidad.

[0242] En la visión de conjunto, la presente invención proporciona un dispositivo de control de respuesta de frecuencia de red que minimiza la conmutación de las cargas, resiste todos los cambios de frecuencia en un promedio de movimiento histórico de la frecuencia actual y dirige la frecuencia de sistema hacia la nominal, hasta cierto punto. Así, se estabiliza la red y se evita el exceso de trabajo en las cargas. También se consigue una señal de frecuencia clara que es menos ruidosa, más suave y que se dirige gradual y continuamente hacia una frecuencia ideal nominal de la red.

[0243] En lo anterior, la conmutación el consumo de energía de la carga entre estados on/off se realiza controlando directamente el dispositivo de consumado de energía de la carga. No obstante, una realización alternativa de la presente invención es a ajustar el valor consignado o los límites centrales del parámetro de la carga. De esta manera, la carga ajustará su consumo de energía para mantener la variable detectada de la carga dentro de los límites de control.

[0244] En el ejemplo de un frigorífico, cuando la frecuencia detectada es tal que el frigorífico debería arrancar, los límites de control se pueden desplazar por debajo del presente valor de la temperatura del espacio de enfriamiento del frigorífico. El mecanismo de control del frigorífico detectará que la temperatura es demasiado alta y responderá conmutando los medios de refrigeración del frigorífico a estado on. Se puede desplazar al lado contrario los límites de control cuando se detecte la frecuencia que debería parar el frigorífico.

[0245] En vez de ajustar los límites de control, el valor consignado puede ajustarse por sí mismo mediante el dispositivo de control de la presente invención. El mecanismo de control de la carga recibirá el nuevo valor consignado y derivará los límites de control él mismo.

[0246] El dispositivo de control que controla el valor consignado o los límites de control de esta manera puede tener sus ventajas. Tal dispositivo de control no necesitará encontrarse en el circuito de control de la carga para ser capaz de comunicarse con los medios de consumo de energía de la carga directamente. En cambio, sólo necesita proporcionar una señal central al circuito de control de la carga y la variación del consumo de energía se realiza normalmente.

[0247] Hasta ahora hemos hablado de las formas de realización preferidas en las que el control sensible de red se realiza por conmutación del consumo de energía bien ON u OFF. No obstante, algunas cargas controlan una variable física de la carga dentro de los límites de control mediante la configuración del nivel de consumo de energía. Así, la carga se puede controlar entre un primer estado de aumento de la energía almacenada por la carga y un segundo estado de descenso de la energía almacenada por la carga, como se ha expuesto anteriormente. A continuación se describe un ejemplo de puesta en práctica del dispositivo de control de la presente invención con un frigorífico usando este control continuo del consumo de energía para mantener la temperatura del espacio refrigerado dentro de los límites de control.

[0248] Un mero controlador de temperatura probablemente estará enfocado a ser un controlador de tres tiempos clásico, con parámetros que influyan hasta donde las variaciones del valor consignado influyan en la potencia. Estos son: error Proporcional (cuán grande es el error ahora); error Integral (acumula errores pequeños en el tiempo), y error Derivado (de manera que si el error se reduce rápidamente se minimiza su rebasamiento). Esto se conoce como controlador físico PID, aunque el control puede, de hecho, no incluir los tres y ser más simple.

[0249] En general, el controlador PID dirige, en realidad, un controlador de potencia de motor, que a su vez dirige la electrónica de potencia del controlador de motor que, en realidad, dirige el motor o la carga. La figura 6 nos da más detalles:

- el controlador manual proporciona entrada a un controlador de valor consignado que proporciona la señal de

valor consignado al controlador PID en una forma adecuada. El controlador PID también tiene como entrada el estado actual de la variable controlada, así, en un frigorífico, por ejemplo, ésta sería la temperatura.

- la salida del controlador PID es un nivel de potencia de motor deseado. Este es el nivel de potencia considerado apropiado para mantener la variable controlada en su valor consignado.

5 - este nivel de potencia deseado suele ser utilizado por otro controlador para hacer ajustes en la corriente de potencia actual hacia el motor, dado que el índice de cambio de la potencia actual puede ser más lento que el índice al que puede cambiar el valor consignado deseado. Por tanto, se puede implementar otro control de retroalimentación más para garantizar que el controlador de motor (electrónico) se configure de la forma más precisa posible.

10 [0250] Se describen dos métodos mediante los cuales los servicios sensibles de red deseados del dispositivo de control de la presente invención se pueden habilitar en tal carga. En una puesta en marcha particular se puede usar uno o ambos.

15 [0251] Una modificación de valor consignado, como se ha descrito anteriormente, influye en la potencia consumida por el dispositivo modificando el valor consignado o los límites de control que usa el controlador PID para tomar sus decisiones de control. De modo que, en un frigorífico, cuanto menor sea la frecuencia, menor es el valor consignado de temperatura (es decir, mayor energía almacenada), y cuanto mayor es la frecuencia, mayor es el valor consignado de temperatura (es decir, menos energía almacenada). En líneas generales, cuanto más baja es la frecuencia, mayor es la energía interna almacenada, como indica la variable física de la carga, que el dispositivo intenta alcanzar.

20 [0252] La figura 6A muestra un diagrama de bloques que describe el dispositivo de control propuesto. Para un controlador convencional, se utiliza una entrada manual para definir el valor consignado normal para el PID. Para este controlador, establece el nivel de energía interna de objetivo que se aplicará cuando la frecuencia actual sea la misma que la frecuencia central. Esto es, se aplicará cuando no sea necesario más control sobre la frecuencia.

25 [0253] En este controlador, una función de frecuencia de configuración de valor consignado alimenta un ajuste para el controlador de valor consignado. Esta señal se escala de manera que: cuando está en su valor máximo positivo, el valor consignado del nivel de energía interna se fija al valor máximo permitido; cuando es cero, el valor consignado del nivel de energía interna se fija al control manual; y cuando está en su valor máximo negativo, el valor consignado de nivel de energía se fija al mínimo valor permitido.

[0254] La función de frecuencia de configuración del valor consignado tiene dos entradas:

1. La frecuencia central, derivada como se ha descrito anteriormente.
- 30 2. El valor actual de la frecuencia detectada.

[0255] De la forma más simple, la función de frecuencia de configuración del valor consignado puede operar comparando las dos frecuencias, multiplicando esto por un parámetro, y alimentación el resultado como entrada al controlador de valor consignado.

35 [0256] Una grieta en este simple método implica que, si los parámetros del PID y la función (o simple multiplicador) que relaciona el cambio de frecuencia con el cambio en el valor consignado no se configuraran expresamente para las circunstancias específicas de la red específica, entonces existe la posibilidad de que la población de frigoríficos sobrestime o subestime el cambio en la salida necesario para conseguir estabilidad. Al corregir este cambio, los dispositivos podrían hacer que la frecuencia oscilara.

40 [0257] Tal oscilación (que surge por la pérdida de lo que se conoce como estabilidad de señal pequeña) a veces ocurre en redes existentes, y, si no se detecta a tiempo y se corrige, puede tener consecuencias severas. Cuando se detecta, el método normal de corrección es volver a configurar la red y la generación para que la frecuencia particular de oscilación ya no resuene (un método un poco a ciegas). También se puede resolver volviendo a ajustar algunos de los controladores de los grupos electrógenos mayores que participan en la oscilación. El análisis de redes para detectar y corregir y la reconfiguración del control requieren información y habilidades informáticas.

45 [0258] No obstante, las redes futuras, con gran número de dispositivos de control sensible de red según la presente invención no se pueden reconfigurar tan fácilmente de forma deliberada (puede ocurrir accidentalmente si falla el activador de oscilaciones).

50 [0259] Por lo tanto, es importante para incluir en el sistema de control automático un elemento de diversidad en la sensibilidad de respuesta entre la población de dispositivos. Con esta diversidad, hay una progresión homogénea de respuesta de los dispositivos más sensibles a los menos, haciendo el cambio en la carga monocorde con salida en aumento desde la frecuencia nominal.

[0260] El logro de esta diversidad se describe más adelante al incorporar un elemento de probabilidad al control de valor consignado.

55 [0261] El controlador usa dos números aleatorios, elegidos como se ha descrito anteriormente, uno para la frecuencia baja, y uno para la frecuencia alta.

[0262] Si la frecuencia actual está por debajo de la frecuencia central, entonces la función de configuración del valor

consignado será:

1. Derivar un valor negativo de la diferencia de frecuencia (p. ej. frecuencia actual - frecuencia central).
2. Hacer que este valor sea proporcional al intervalo en el que el controlador operará (frecuencia mínima a frecuencia nominal).
- 5 3. Multiplicar este valor por el número aleatorio de la frecuencia baja.
4. Multiplicar el resultado por un parámetro de sensibilidad que defina la sensibilidad del sistema.
5. Alimentar el resultado al controlador de valor consignado, que lo usará para ajustar el valor consignado y reducir reducen el nivel de energía que busca.

[0263] Si la frecuencia actual está por encima de la frecuencia central, el procedimiento es similar, pero usa el número aleatorio de frecuencia alto y puede usar un parámetro de sensibilidad diferente.

[0264] El parámetro de sensibilidad se establecerá según el comportamiento de red previsto, y se puede ajustar a la luz de la experiencia del dispositivo en uso.

[0265] Una alternativa para modificar el valor consignado para un controlador PID es controlador PID sensible de salida cuyo controlador ajuste la salida normal del PID para modificar la energía actual consumida por el dispositivo con respecto a la frecuencia.

[0266] Con referencia a la figura 6B, la salida del controlador PID es usada por el controlador de potencia del motor para aumentar o reducir la potencia consumida por el motor.

[0267] Si la frecuencia central es la misma que la frecuencia actual, el comportamiento del controlador de potencia del motor continúa funcionando como normal para mantener la variable de control dentro de los límites centrales.

[0268] La figura 6B muestra un diagrama de bloques que describe la operación de tal dispositivo de control para su uso con una carga controlada de PID.

[0269] Si la frecuencia central y la frecuencia actual son diferentes, entonces el aumento o la reducción en el nivel de potencia del motor es modificado por la señal de una función de frecuencia de ajuste de salida. Con ambas señales normalizadas para reflejar el intervalo en el que los dispositivos operan, las cuatro acciones de control posibles son las siguientes:

1. Si la señal del controlador PID es para un aumento en el nivel de potencia del motor, y la frecuencia actual está por encima de la frecuencia central. Lo deseado por ambas señales de control va en la misma dirección. En este caso la función de frecuencia de ajuste de salida aumentará el incremento en el nivel de potencia que pide el controlador PID. El cálculo será: incremento del nivel de salida de potencia ajustada = incremento del nivel de potencia de salida de PID + (incremento del nivel de potencia de salida de PID * número aleatorio de frecuencia alta * parámetro de incremento de frecuencia alta * (frecuencia actual – frecuencia central)).

2. Si la señal del controlador PID es de aumento en el nivel de potencia del motor y la frecuencia actual está por debajo de la frecuencia central. En este caso los deseos de las dos señales de control están en conflicto. En este caso la función de frecuencia de ajuste de salida reducirá el aumento en el nivel de potencia que pide el controlador PID. El cálculo será: incremento del nivel de salida de potencia ajustada = incremento del nivel de potencia de salida de PID - (incremento del nivel de potencia de salida de PID * número aleatorio de frecuencia baja * parámetro de incremento de frecuencia baja * (frecuencia central – frecuencia actual)).

3. Si la señal del controlador PID es de reducción en el nivel de potencia del motor, y la frecuencia actual está por debajo de la frecuencia central. Los deseos de ambas señales de control están en la misma dirección. En este caso la función de frecuencia de ajuste de salida ajustada aumentará el incremento en el nivel de potencia que pide el controlador PID. El cálculo será: reducción del nivel de salida de potencia ajustada = reducción del nivel de potencia de salida de PID + (reducción del nivel de potencia de salida de PID * número aleatorio de frecuencia baja * parámetro de reducción de frecuencia baja * (frecuencia actual – frecuencia central)).

4. La señal del controlador PID es de reducción en el nivel de potencia del motor, y la frecuencia actual está por encima de la frecuencia central. En este caso los deseos de las dos señales de control están en conflicto. En este caso la función de frecuencia de ajuste de salida ajustada disminuirá la reducción en el nivel de potencia que pide el controlador PID. El cálculo será: reducción del nivel de salida de potencia ajustada = reducción del nivel de potencia de salida de PID - (reducción del nivel de potencia de salida de PID * número aleatorio de frecuencia alta * parámetro de reducción de frecuencia alta * (frecuencia central – frecuencia actual)).

[0270] Los cuatro parámetros: parámetro de aumento de frecuencia alta, parámetro de aumento de baja frecuencia, parámetro de reducción de baja frecuencia, y parámetro de reducción de frecuencia alta se fijan a la luz de la respuesta de red deseada, y se pueden ajustar por el controlador a la luz de la experiencia de red actual.

[0271] Hay muchos ejemplos de cargas con consumo de energía variable o intermitente para controlar una variable dentro de los límites centrales. Más, hay muchos dispositivos que se pueden beneficiar si operan para ciclos de término más largo que para aquellos discutidos hasta la fecha. Un ejemplo de la industria hidráulica es el de "perfil de embalse".

Este se usa cuando hay, por ejemplo, depósitos de agua que tienen capacidad para cubrir sus necesidades para un período de un día o así, o para el tiempo suficiente para durar al menos un período de valoración "valle".

5 [0272] En tales circunstancias, es posible dejar el depósito vacío por debajo del nivel preferido cuando la demanda de electricidad es alta, y reabastecerlo cuando el coste de electricidad es inferior. Así, por ejemplo, durante el período matutino de demanda máxima de electricidad, que también corresponde al período de valor máximo matutino para la demanda de agua, se pueden ahorrar costes posponiendo el reabastecimiento del depósito hasta que la demanda eléctrica sea inferior.

[0273] Aún, la naturaleza intermitente de reabastecimiento de depósito lo convierte en un candidato ideal para su uso con un dispositivo de control sensible de red.

10 [0274] El presente dispositivo de control de ejemplo hace uso de un parámetro de precio para proporcionar control sensible de red. El precio de electricidad actual es, como frecuencia, también representativo del equilibrio entre generación y carga en la red.

[0275] La detección y el uso de un precio de electricidad de tiempo real se discute en el GB 2407947.

15 [0276] El precio es luego usado dentro de unos límites centrales o controlador de valor consignado para ajustar los límites centrales de la variable física de la carga.

[0277] El principio es que, cuando el precio aumenta, los límites (o valor consignado) para el depósito de energía interna se baja, y, cuando el precio cae, los límites (o valor consignado) para el depósito de energía interna se aumentan.

[0278] Un simple control proporcional, con los límites elegidos para ser proporcional al precio se usa.

20 [0279] Un refinamiento de esto es que el precio modifique el "índice de cambio" de los límites. De modo que, si el precio es alto, o por encima de un umbral establecido por lo que se paga, luego el índice en el que los límites (de energía interna) se reducen, aumenta. Los límites no pueden pasar los extremos establecidos por los requisitos operacionales y de seguridad.

[0280] De forma similar, si el precio es bajo, o por debajo de un umbral establecido por los que lo pagan, luego el índice en el que los límites (de energía interna) son aumentados se aumenta él mismo.

25 [0281] La sintonización ideal para esta es permitir que una población de tales cargas sea capaz de proporcionar alguna de las dos alta frecuencia y respuesta de baja frecuencia en todo momento, pero también beneficiar del almacenamiento a más largo plazo minimizando el coste de la electricidad.

30 [0282] La presente invención también proporciona una característica de asistencia de arranque en frío, que permite que las cargas de depósito de energía proporcionen comportamiento sensible de red durante los arranques en frío, después de que ha sucedido un apagón. Como se ha mencionado previamente, la red es particularmente sensible en ese momento y la provisión de cargas de respuesta de frecuencia de red es necesaria para asegurar la estabilización de red en este, el más importante de los puntos, y también para acelerar la recuperación de la red.

[0283] Así, conforme a un quinto aspecto, la presente invención proporciona un dispositivo de control para controlar un consumo de energía de una carga en una red eléctrica, dicho dispositivo de control está formado por:

35 medios para demorar el inicio de consumo de energía de dicha carga por una cantidad generada de forma aleatoria de tiempo después de que se haya proporcionado inicialmente potencia al dispositivo de control.

[0284] Un método correspondiente para el quinto aspecto está provisto en un sexto aspecto de la presente invención.

40 [0285] Conforme a un aspecto séptimo, la presente invención proporciona un dispositivo de control para controlar un consumo de energía de una carga en una red eléctrica para mantener una variable física de la carga dentro de los límites superiores e inferiores, dicho dispositivo de control contiene:

medios para la detección de la variable física de la carga;

medios para suministrar los límites superiores e inferiores de la variable física detectada de la carga; y

45 medios para aumentar el límite superior y/o límite inferior de la variable física detectada en un índice menor que un consumo de energía máximo de la carga después de que se haya proporcionado potencia inicialmente al dispositivo de control.

[0286] Un método correspondiente para el séptimo aspecto está provisto por un aspecto octavo de la presente invención.

50 [0287] Las características de los aspectos de la invención asociadas al modo de arranque en frío son combinables para proporcionar un dispositivo de control particularmente ventajoso. Estos se pueden utilizar con los dispositivos de control sensible de red de la técnica anterior o con el dispositivo de control sensible de red descrito anteriormente y, particularmente combinable con los aspectos propuestos anteriormente y los aspectos preferidos de la invención. Los aspectos de la asistencia de Inicio en frío (AIF) de la invención se describen ahora en más detalle.

[0288] Cuando se apaga una carga, puede deberse a un corte de potencia o apagón. El dispositivo de control de la presente invención se adapta para reconocer esta posibilidad.

- 5 [0289] En tales circunstancias, la red puede ser delicada, y es deseable para el dispositivo: 1), comenzar a suministrar ambas respuestas de frecuencia alta y baja cuanto antes; 2), evitar comportamiento sincronizado con otros dispositivos de control sensible de red; y 3), restablecer la variable física detectada de la carga de depósito de energía dentro de sus límites máximo y mínimo. Dado que, no obstante, un apagón podría ya haber movido la variable física detectada para la carga fuera de sus límites de control, un ligero retraso del tiempo para restablecer la carga en su intervalo preferido operativo generalmente tendrá una prioridad inferior que mantener la red de recuperación estable.
- [0290] El dispositivo de control de la presente invención ofrece un modo de Asistencia de Inicio en Frío (AIF) basado en carga de potencia para ayudar a una red de recuperación durante la reconexión de carga.
- 10 [0291] En un aspecto del modo AIF, el dispositivo de control sensible de red determina un retraso aleatorio antes del inicio. Este retraso es tanto para prevenir que una carga de valor máximo surja de la restauración de potencia, debido a que todas las cargas arrancan tan pronto como la parte de corte de la red es reconectada, y para minimizar la sincronización (maximizar la diversidad) de los dispositivos de control cuanto antes. El retraso aleatorio en el inicio después de la reconexión en el modo de arranque en frío proporciona un aumento gradual en la carga en la red después del apagón.
- 15 [0292] Sobre reconexión, un frigorífico convencional ajustará un 100 por cien el ciclo de funcionamiento para la carga de depósito de energía hasta que la variable física detectada de la carga alcance su límite de control máximo (Y_{max}) y luego se apagará inmediatamente. En un segundo aspecto ventajoso de la presente invención, no obstante, la carga proporciona respuesta incluso cuando la carga está siendo accionada a un índice acelerado para restablecer la carga dentro de sus parámetros preferidos operativos.
- 20 [0293] Según este segundo aspecto ventajoso de AIF, la carga se desnivela hasta su condición apropiada operativa, es decir cuando la variable física detectada está dentro de los límites de control de la carga para la variable, con algún ciclo de funcionamiento mantenido. La provisión de un ciclo de funcionamiento durante este proceso de aumento permite que se proporcione alguna respuesta, ayudando así al arranque en frío. Para acelerar la carga a su condición apropiada operativa, los límites de la carga de depósito de energía para la variable física detectada deben ser aumentados. Así, el ciclo de funcionamiento se adapta de manera que el dispositivo operará durante más tiempo arrancado que en una operación normal. La carga se controla de manera que así todavía retiene un ciclo de funcionamiento. Un método de ejemplo para realizar esto es el siguiente.
- 25 [0294] El primer paso es elegir un tiempo en el que el dispositivo alcanzará su operación apropiada. Este sería algún factor (mayor que 1) del tiempo en el que la carga alcanzaría esta operación apropiada si esta no fuera interrumpida. Este factor proporcionará períodos de ninguna carga durante el proceso de arranque en frío. De esta manera, la carga puede tanto interrumpirse a consecuencia de una baja frecuencia y arrancarse a consecuencia de una alta frecuencia. Así, la carga es capaz de proporcionar respuesta durante la subida por encima de los límites de control de la carga. Este factor podría, por ejemplo, ser la relación del tiempo de ciclo entero previsto de la carga con lo previsto en la parte de este ciclo.
- 30 [0295] En el caso de un frigorífico que está a temperatura ambiente debido a un apagón reciente, el tiempo normal, de ciclo de funcionamiento arrancado 100 por cien para alcanzar sus límites de temperatura máxima, digamos 0 grados Celsius, podrían ser 30 minutos. Usando uno de los dos factores, el tiempo para aumentar la carga a su intervalo de temperatura operativa normal será 60 minutos.
- 35 [0296] El factor elegido se puede alterar por una función de aleatorización para alentar otra diversificación de los dispositivos de control de carga.
- 40 [0297] El siguiente paso es valorar el tiempo en marcha previsto para restaurar la operación normal. Una forma de calcular esto es extrapolar del cambio de temperatura normal para una unidad de tiempo en marcha de la carga para determinar cuánto tiempo necesitará la carga estar en marcha a partir del nivel de depósito de energía actual. Si es necesario, esta estimación del tiempo en marcha previsto puede hacerse más sofisticada que una extrapolación lineal.
- 45 [0298] Un índice de cambio del nivel de depósito de energía de objetivo habida cuenta del tiempo que necesitará el dispositivo estar en marcha y del período elegido para restauración al nivel deseado puede entonces ser determinado.
- [0299] Después de que haya pasado el retraso aleatorio, el bajo límite de energía se fija al valor actual de la variable detectada y el límite de energía superior se define para ser una cantidad normal de compensación del límite inferior. La carga se inicia y se mueve a operación sensible de red normal.
- 50 [0300] Los límites se incrementan según el índice elegido de cambio del nivel de depósito de energía.
- [0301] Una visión de conjunto de la operación del comportamiento sensible de red que incorpora formas de realización preferidas de todos aspectos de la invención en un único sistema combinado, con referencia a las figuras 4 y 5 se van a dar ahora.
- 55 [0302] Como se muestra en la figura 5, el controlador sensible de red es preferiblemente integrado con una carga para extraer energía de la red. Cuando la carga se enchufa o conecta primero a la red, el dispositivo de control de carga sensible se adapta para determinar la frecuencia de la red actual. Esta medición de frecuencia se realiza periódicamente basada en un ciclo de reloj de procesador central o en algún otro ciclo de tratamiento del dispositivo de control sensible, o en un número predeterminado de tales ciclos. Estas lecturas de frecuencia consecutivas serán

acumuladas para calcular la frecuencia central de la red, entre otros usos, y son críticas para la operación del dispositivo de control sensible de red de la presente invención. Además de la medición de frecuencia, el dispositivo de control sensible de red también requiere que una variable física sea detectada de la carga.

5 [0303] La figura 4 muestra una representación de varios estados y transiciones de estado en los que el dispositivo de control sensible pueden operar. Como se puede observar de la figura 4, el dispositivo de control sensible de red preferiblemente comienza en un modo de asistencia de arranque en frío, como se ha descrito anteriormente. De esta manera, todas las cargas recientemente conectadas a la red proporcionarán comportamiento sensible de red desde el principio, lo que, como ya se ha descrito anteriormente, es especialmente útil después de un apagón.

10 [0304] Como parte de las características de asistencia de inicio en frío ofrecidas por la presente invención, el dispositivo de control podría ser provisto de un accionador de reinicio asistido (como se muestra en la figura 5), que da como resultado que la variable detectada de la carga se porte dentro de los límites de control normales cuanto antes si se acciona. Así, si el control de inicio asistido es activado, entonces el modo de asistencia de inicio en frío se neutraliza y la carga se acciona a consumo máximo de energía hasta que la variable física detectada se encuentre dentro de sus límites de control. Esta característica es útil dado que frecuentemente la carga se arranca simplemente por primera vez o quizás después de ser servida. En estas circunstancias, la red es relativamente estable y que los dispositivos en
15 marcha operan sin respuesta por un período breve durante el inicio es inconsecuente en cuanto a estabilidad de red.

[0305] El accionador de reinicio asistido podría ser un botón proporcionado en la carga. El botón debería estar situado donde un ingeniero de servicio fuera consciente de éste, pero donde fuera incómodo para que un propietario de carga técnicamente consciente lo pulsara. Si el botón fuera de manera que muchos propietarios de carga fueran conscientes del botón de reinicio asistido, entonces la función de asistencia de inicio en frío del dispositivo de control sensible de red de la presente invención podría ser anulada.
20

[0306] Una vez que la variable detectada de la carga está dentro de sus límites de control específicos, el estado de la red será determinado para derivar el modo de operación para el dispositivo de control. El estado de la red se determina de la función h que se ha definido anteriormente y de una frecuencia de red medida, como se muestra en la figura 5. Como previamente se ha declarado y como se muestra en la figura 4, la red puede estar en un estado de crisis alta o
25 baja, un estado de tensión de frecuencia alta o baja o un estado normal, dependiendo del valor de la función h .

[0307] Un principio general del dispositivo de control sensible de la presente invención es que los límites máximo y mínimo para la variable física detectada (Y_{max} , Y_{min}) dependen del modo de operación del dispositivo de control, como se perfila más abajo.

30 [0308] Durante el modo de asistencia de arranque en frío, los límites actuales para la variable física detectada son fijados alrededor del valor de la variable física detectada medidos a partir de arranque inicial de la carga. Este ajuste de los límites de la Asistencia de Inicio en Frío inicial para la variable física se muestran en la figura 5. Estos límites se incrementan a un índice predeterminado hasta que se alcanzan los límites normales para operación apropiada de la carga, como se ha descrito más exhaustivamente anteriormente. Es una característica ventajosa de la invención que el índice predeterminado de incremento de límite proporciona que el dispositivo tenga algún ciclo de funcionamiento. Tener un ciclo de funcionamiento permitir a la carga proporcionar respuesta, mejor que la alternativa de tener la carga
35 continuamente encendida.

[0309] El incremento de los límites durante el modo AIF se realiza siempre a menos que: se determine un período de tensión de baja frecuencia o crisis, en cuyo caso los límites son congelados; o se determine un período de tensión de frecuencia alta o crisis cuando el índice de incremento es aumentado. Durante una tensión de baja frecuencia o estado de crisis, hay demasiada carga en la red, y así que continúe aumentando el consumo de energía de las cargas sensibles no es apropiado. Durante una alta tensión de frecuencia o estado de crisis, hay demasiada generación, así que será provechoso para la red aumentar el índice de incremento.
40

[0310] Durante crisis de frecuencia baja, los límites de la variable física de la carga son reducidos, hasta que alcanzan un estado de energía mínima ($y = 0$). El índice de decremento se elige para ser aproximadamente la mitad del tiempo en marcha de la carga, así alguna respuesta permanecerá mientras los límites se reducen hacia cero.
45

[0311] Durante la tensión de frecuencia baja, los límites actuales de la carga, tal y como se define por el valor consignado de la carga, se congelan para prevenir el ajuste del valor consignado por parte del usuario. La excepción a esta congelación de los límites es en el caso de recuperación de crisis de frecuencia baja, durante ese tiempo los límites se incrementan para devolverlos a su valor anterior al estado de crisis.
50

[0312] Una vez que se ha alcanzado el modo normal de operación después AIF, los límites de la variable física detectada son preferiblemente controlados dependiendo de si la red está pasando por tensión de frecuencia alta o crisis o tensión de frecuencia baja o crisis. Durante la tensión de frecuencia alta o crisis, los dispositivos apagados son preferiblemente encendidos para retomar la generación de exceso. Así, el valor de Y_{max} es preferiblemente aumentado de manera que los dispositivos en permanecerán en marcha durante período más largo y los dispositivos previamente
55 apagados que se acaban de encender debido a la frecuencia alta permanecen encendidos durante un período temporal extendido también. Durante una tensión de baja frecuencia o crisis, lo opuesto es real, y hay demasiada carga en la red. Esto significa que el límite inferior de la variable física detectada (Y_{min}) disminuye para asegurar que los dispositivos apagados permanecen apagados durante un tiempo extra.

[0313] Durante las crisis de frecuencia alta, los límites se incrementan hasta que alcanzan un nivel de depósito de energía máxima ($y=1$). Los incrementos se eligen para aproximadamente doblar la parte en marcha del ciclo de funcionamiento de la carga, para reducir el nivel de depósito de energía, pero todavía mantener alguna respuesta.

5 [0314] Durante la tensión de frecuencia alta, los límites máximos y mínimos para la variable física detectada se congelan por la misma razón que ellos se congelan durante un período de tensión de frecuencia baja, para prevenir el ajuste del valor consignado. Una excepción para que se evite que estos límites se cambien ocurre cuando la red está en recuperación de crisis de frecuencia alta o baja, cuando los límites son movidos a pequeños pasos hasta que llegan a ser los usados antes de que la red entrara en un estado de crisis.

10 [0315] El incremento de los límites durante crisis de frecuencia alta o baja o modo de operación de asistencia de inicio en frío del dispositivo de control sensible de red y el decremento de los límites durante la crisis de frecuencia baja son ilustrativos de otra característica ventajosa y nueva de la presente invención sobre la técnica anterior. Según la presente invención, incluso durante tales eventos de red raros, algún comportamiento de respuesta de red sigue siendo dado. Esta respuesta es particularmente provechosa durante estos estados de red si la estabilidad de la red debe ser recuperada.

15 [0316] Las líneas discontinuas en la figura 4 muestran transiciones ilegales que representan comportamiento ajeno de la red. Por ejemplo, no debería ocurrir un movimiento directamente de un estado de crisis de baja frecuencia a un estado de crisis de frecuencia alta. En general si tal transición sucede, el dispositivo de control elige un estado intermedio para hacer menos brusca la transición de estado del dispositivo de control sensible de red.

20 [0317] Mientras los límites máximo y mínimo de la variable detectada son cambiados dependiendo del modo de operación del dispositivo, la determinación de la frecuencia de activación es tal y como se describe anteriormente. La única diferencia es que el nivel de temperatura media en una población de tales dispositivos será extendida en un intervalo de temperatura más grande, dependiendo del modo de operación. Así, en un modo de crisis, el límite variable de la carga (Y_{\min} o Y_{\max}) será extendido en comparación con los límites durante la operación normal. Este supondrá que la población de dispositivos de respuesta en un intervalo extendido de la variable física de la carga.

25 [0318] Con referencia a la figura 5, una vez que el dispositivo ha arrancado en modo arranque en frío y una vez que el estado de red ha sido determinado, las frecuencias de objetivo y activación serán calculadas usando el Y_{\max} y/o Y_{\min} ajustados, que son ajustados dependiendo del estado de red, y el valor actual de la variable física de la carga, como se han detectado. Habiendo detectado la frecuencia de red y la variable física de la carga y habiendo obtenido un valor de la frecuencia detectada para activar la carga ON o OFF, una decisión puede como para si se conmuta el dispositivo.
30 Esta decisión se hace por comparación de la frecuencia detectada con la frecuencia de activación y por comparación de la variable detectada de la carga con los límites actuales para la variable detectada de la carga variable.

[0319] Más pasos son también mostrados en la figura 5. Estos pasos implican captura de datos de en lo que se refiere a operación de dispositivo y uso de estos datos para sintonizar la operación del dispositivo. Esta captura y sintonización ya se ha mencionado anteriormente con respecto a la provisión de los límites de la frecuencia de red y su ajuste dependiendo en la experiencia de la red. Más posibilidades para la sintonización del dispositivo se discuten más adelante. Las variables sintonizadas podría potencialmente ser almacenadas y reutilizadas ventajosamente.

[0320] La figura 5 también muestra la posibilidad de datos de comunicación capturados y esto se discute más adelante.

40 [0321] La presente invención también encierra un dispositivo de control sensible de red, como se ha mencionado anteriormente, con modificaciones determinadas. Estas modificaciones son características opcionales que pueden ofrecer mejoras particulares al dispositivo de control ya mencionadas.

[0322] El dispositivo de control de la presente invención pretende prevenir la conmutación rápida de las cargas de depósito de energía, pero puede todavía haber ciertas condiciones de red que supongan un índice de conmutación excesivo, particularmente cuando la red está bajo tensión. Tales índices de conmutación rápidos pueden, en el caso de un frigorífico, por ejemplo, hacer que su compresor sea ineficaz así como dañarlo. La ineficacia del compresor puede ser causada por un tiempo mínimo necesitado para que la presión interna en el compresor se disipe después de ser apagado. Si se acciona nuevamente antes de que esto haya ocurrido, la alta presión en el compresor no puede rendir (esta necesita un empujoncito extra de la inercia de una bomba en marcha), así se detendrá. Esto puede crear una alta carga eléctrica, disipada como calor, poniendo el dispositivo entero en riesgo. Los frigoríficos normalmente tienen detectores de parada o térmicos que desconectan la potencia y así protegen el dispositivo de este daño.

50 [0323] El dispositivo de control sensible de la presente invención puede incluir una característica de histéresis, de manera que un estado ON u OFF se mantiene durante un período mínimo, y este se puede ajustar para que se adapte al dispositivo. Esta característica de histéresis es un apoyo, ya que la adecuación de la trayectoria de frecuencia de activación para minimizar la conmutación debería normalmente prevenir cualquier conmutación rápida. Sólo será en las condiciones de red más extremas que el índice de conmutación se hará excesivo y la característica de histéresis es
55 requerida.

[0324] El dispositivo de control sensible de red de la presente invención debería ser capaz de operar sin ninguna entrada externa, aparte de la frecuencia y la variable detectada. El dispositivo de control sensible de red debería también ser autónomo durante toda la vida del depósito de energía.

[0325] Para conseguir tales requisitos de autonomía, el dispositivo de control sensible de red de la presente invención

es preferiblemente adaptado para detectar la frecuencia nominal (y este paso se muestra en la figura 5) de la red misma. Como se ha descrito anteriormente, es importante que la presente invención sea consciente de la frecuencia nominal de modo que el dispositivo de control pueda adaptar su comportamiento de respuesta de red para empujar la frecuencia de sistema hacia la frecuencia nominal.

5 [0326] Hay otros ajustes particulares de red de los que la presente invención hace uso, y que, el dispositivo de control sensible de red debería ser capaz de averiguar a partir de la experiencia de la red a la que está conectado y no de entradas adicionales. Otro ejemplo es la detección de los límites de frecuencia superior e inferior, como se ha descrito anteriormente.

10 [0327] En vista de los requisitos anteriores de la presente invención, el dispositivo de control sensible de red se adapta para determinar la frecuencia nominal después de tomar una serie de mediciones. Para cada una de estas mediciones, un conjunto de "frecuencias nominales estándar" almacenadas en una memoria del dispositivo de control se interrogan y la frecuencia nominal estándar más cercana a la medición de frecuencia de red se toma como la frecuencia estándar para esta medición. Una vez que la misma frecuencia estándar ha sido determinada de un número consecutivo de mediciones de frecuencia, el valor determinado es elegido como la frecuencia nominal de la red. El control sensible de la presente invención es, por lo tanto, requerido para tener una lista de frecuencias posibles normales, tal como 50 hertzios, 60 hertzios y 400 hertzios.

15 [0328] El dispositivo de control de la presente invención puede también ser configurado para que sea consciente de ciertos períodos preestablecidos de tiempo, que se emplean para guardar cualquier ajuste actual aprendido de la red. Cualquiera de estos parámetros determinados de experiencia de red se puede guardar en la memoria no volátil de largo plazo al final de un período de tiempo apropiado. De esta manera, las características clave del comportamiento de red pueden ser registradas en la memoria a largo plazo.

20 [0329] La capacidad para almacenar datos y actualizar estos datos mientras el dispositivo aprende del comportamiento de la red y del comportamiento de la carga es una característica importante de la presente invención (y se muestra en la figura 5) ya que es muy posible que una carga particular fuera movida entre redes. Por ejemplo, en Dinamarca la carga ni siquiera tendría necesidad de ser movida internacionalmente para cambiar redes. Cada red se comportará diferentemente y el dispositivo de control sensible de red necesitará reaccionar a este y adaptarse conforme.

25 [0330] El dispositivo de control también necesitará sintonizarse con el comportamiento de la red porque es posible que este comportamiento pudiera cambiar con el tiempo, particularmente cuanto más y más se apliquen los dispositivos de control sensible de red a las cargas de depósito de energía de la red. La autosintonización, no obstante, debe ser realizada cuidadosamente, dado que no sería de ayuda si, por ejemplo, un período sostenido de inestabilidad de red provocara autosintonización que dañara la capacidad del dispositivo para responder durante un crisis rara.

30 [0331] Los dispositivos de control sensibles puede también necesitar sintonizar sus parámetros para tener en cuenta el comportamiento de la carga. Por ejemplo, un frigorífico muy lleno no se comporta de la misma manera que uno casi vacío.

35 [0332] Las posibilidades de autosintonización están actualmente previstas para incluir optimización que tenga en cuenta la variación en el tiempo del ciclo de funcionamiento previsto, optimización de los límites de frecuencia máxima y mínima en cuanto a experiencia de red (como se menciona anteriormente) y optimización del uso de comportamientos de frecuencia históricos dentro de los parámetros de adaptación.

40 [0333] Si una carga se está recuperando de un apagón, será deseable retener cualquier parámetro sintonizado conseguido antes del apagón. Esto requiere el almacenamiento de los parámetros sintonizados y de otros datos capturados, como se muestra en la figura 5. El dispositivo de control, no obstante, también necesita tener en cuenta que el dispositivo podría estar siendo accionado por primera vez y que no existen parámetros previamente sintonizados que recuperar. El principio general al que los dispositivos de control sensible de red operarán es que el dispositivo intentará recuperar sintonización anterior, a menos que el dispositivo haya sido desconectado durante tanto tiempo que no pueda tratarse de un apagón, o que la frecuencia nominal de red haya cambiado.

45 [0334] Una característica de hardware podría usarse para determinar si el dispositivo ha sido desconectado durante más tiempo que un apagón, tal como un condensador con fugas, que, cuando este es descargado, sugiere que la carga esté en un estado $y = 0$.

50 [0335] Así, el controlador dispone de algunos medios para determinar si la carga fue apagada debido a un apagón o simplemente debido a que el usuario la apagó. En ambos casos, la recuperación de los parámetros previamente sintonizados es apropiada. Si, no obstante, la carga está siendo arrancada por primera vez, o es posible que se haya movido entre redes, entonces, la carga de los parámetros previamente determinados de la memoria no se realizará.

55 [0336] La recuperación de un apagón también es consciente de la posibilidad de que todos los períodos de captura de datos de una población de cargas conectadas a la red se sincronicen. Ninguno de los procesos actualmente previstos depende crucialmente de períodos diversificados, pero la posibilidad de cambio rápido en el comportamiento de red por autosintonización simultánea idéntica se elimina si lo hacen. Así, en arranque inicial, los dispositivos de control sensible de red de la presente invención son preferiblemente adaptados para elegir un tiempo aleatorio para cualquier período del que el dispositivo haga uso.

[0337] El dispositivo de control sensible de la presente invención hace frecuentemente uso del tiempo en el que el

5 dispositivo está previsto estar en marcha, y el tiempo en el que el dispositivo está previsto estar parado, por ejemplo determinando el índice de incremento o decremento de los límites de control de la variable detectada durante asistencia de inicio en frío u operación de crisis baja o alta. El tiempo que el dispositivo está previsto estar ON u OFF es el tiempo en que se prevé que la carga tome para moverse de un valor de variable detectada a otro. Es posible sintonizar este tiempo esperado basándose en la experiencia de como la variable detectada de la carga reacciona a un nivel de consumo de energía particular.

10 [0338] Una manera de optimizar la respuesta de la carga para el consumo de energía es la siguiente. Después cada mudanza de estado, es decir conmutación de un en estado ON a un estado OFF viceversa, es posible saber cuánto tiempo está la carga en marcha, y la extensión de cambio de la variable detectada en ese tiempo. Para estimar un tiempo en ON o en OFF previsto para un cambio particular de variable, estos valores notados puede ser extrapolados. Cómo cambiará la variable detectada con el tiempo en on/off depende de su uso actual, por ejemplo, cómo está de lleno y cuántas veces se ha abierto. Los cálculos de tiempo previstas en ON u OFF podrían ser realizados en cada punto de conmutación, por ejemplo.

15 [0339] El dispositivo de control sensible puede también hacer uso de una predicción de cuánto tiempo estará en un estado ON o en un estado OFF. Esto puede determinarse de un promedio de movimiento de los tiempos reales de estados precedentes.

20 [0340] Está claro por la inspección de tablas de frecuencia que las diferentes redes tienen diferencias reales en su comportamiento de frecuencia. El intervalo sobre el que la frecuencia varía es un aspecto importante, pero también hay diferencias más sutiles como su tendencia a fluctuar, la longitud usual de excursiones por encima de nominal, etc.. Es posible que estas características puede utilizarse para modificar algunos de los parámetros, tal como los parámetros que ajustan el índice en el que los límites de frecuencia se estrechan. Así, es importante para el dispositivo de control sensible de la presente invención capturar información sobre el comportamiento de la frecuencia de red, particularmente al final de períodos naturales, tal como una excursión de frecuencia, y de un estado de red particular, (normal, tensión o crisis), el final de un estado particular de la carga (ON u OFF) o el final de un ciclo operativo (un ciclo del procesador que controla las señales de sincronización de las funciones principales del dispositivo de control). Toda la información capturada podría ser usada para la entrada que sintoniza el dispositivo de control sensible para optimizar la operación con respecto a la red a lo que está conectado.

30 [0341] El dispositivo de control sensible de la presente invención puede también incluir alguna forma de medios de comunicación, y un paso de comunicación se muestra en la figura 5, de modo que los datos recogidos puedan ser transferidos. La transferencia de datos normalmente será proporcionada por personal de mantenimiento. Los medios de comunicación pueden también estar disponibles de manera que el software del dispositivo de control sensible o los parámetros de red se puedan actualizar en una visita de mantenimiento. Los medios de comunicación también harán posible capturar mediciones del comportamiento de red durante la vida útil de la carga y también la aportación de cargas a la red. Así, alguna medida de valor de carga a la red puede ser determinada.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de control para controlar un consumo de energía de una carga en una red eléctrica, dicho dispositivo de control comprendiendo:
- 5 medios para la detección de valores en un período de tiempo de una variable física de la red, dicha variable física variando dependiendo de una relación entre generación de electricidad y carga en la red; caracterizada por
- medios para determinar un promedio de movimiento de la variable física de la red a partir de lecturas del pasado de dichos valores de la variable física de la red; y
- medios para aumentar el consumo de energía de dicha carga cuando un valor detectado de dicha variable física de dicha red está por encima de dicho promedio de movimiento, y
- 10 disminuir el consumo de energía de dicha carga cuando un valor detectado de dicha variable física de dicha red está por debajo de dicho promedio de movimiento.
2. Dispositivo de control de la reivindicación 1, que comprende:
- medios para aumentar o disminuir el consumo de energía de dicha carga cuando un valor actual de dicha variable física detectada de la red alcanza un valor de activación; y
- 15 medios para determinar dicho valor de activación, dependiendo la determinación de dicho valor de activación de dicho promedio de movimiento, y donde a) dichos medios para determinar dicho valor de activación comprenden para suministrar de forma aleatoria dicho valor de activación entre un valor superior o inferior determinado de la variable física de la red y dicho promedio de movimiento, y/o comprendiendo b) dicho
- 20 dispositivo de control medios para detectar un valor de una variable física de la carga, dicha variable física es representativa de la energía almacenada por la carga; dicha determinación del valor de activación además depende de dicha variable física detectada de la carga.
3. Dispositivo de control según la reivindicación 1, dicho dispositivo de control comprendiendo:
- medios para detectar un valor de una variable física de la carga, dicha variable física de la carga representativa de la energía almacenada por la carga;
- 25 medios para variar el consumo de energía de dicha carga cuando un valor de dicha variable física de la red alcanza un valor de activación; y
- medios para determinar el valor de activación, dicha determinación del valor de activación dependiendo de dicha variable física detectada de la carga y además está basada en un valor aleatorio.
4. Dispositivo de control de cualquiera de reivindicaciones 2 a 3, donde dichos medios para variar constan de medios para la comparación de dicho valor de activación con la actual variable física detectada de la red.
5. Dispositivo de control de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 3, donde los medios para variar el consumo de energía de la carga son configurados para variar el consumo de energía de la carga para mantener la variable física detectada de la carga dentro de los límites centrales y es posteriormente configurado para variar el consumo de energía cuando dicho valor de la variable física de la red alcanza el valor de activación.
- 35 6. Dispositivo de control según la reivindicación 5 cuando depende de la reivindicación 2 o 3, dichos medios para determinar el valor de activación configurados para determinar el valor de activación en dependencia del valor de la variable física detectada de la carga con relación a sus valores máximos o mínimos.
7. Dispositivo de control según la reivindicación 5 cuando depende de la reivindicación 2 o 3, dichos medios para determinar dicho valor de activación comprenden medios para definir un perfil de valor de activación que varía con dicha
- 40 variable física de la carga, siendo dicho tal que cuanto más recientemente el consumo de energía de la carga haya variado, más lejos está el valor de activación del valor históricamente basado en lecturas del pasado de la variable física de la red.
8. Dispositivo de control según la reivindicación 2 o 3, dichos medios para determinar dicho valor de activación constan de medios para definir un perfil de valor de activación que varía con dicha variable física de la carga, dicho perfil siendo
- 45 influido por un valor aleatorio de dicha variable física de la carga.
9. Dispositivo de control de cualquier reivindicación precedente, donde dicha variable física detectada de la red es una frecuencia detectada de la red.
10. Dispositivo de control de cualquier reivindicación precedente, dichos medios para variar configurados para variar dicho consumo de energía por conmutación del consumo de energía entre un primer estado de aumento de la energía almacenada por la carga y un segundo estado de disminución de la energía almacenado por la carga.
- 50 11. Dispositivo de control según la reivindicación 1 para controlar un consumo de energía de una carga en una red eléctrica, dicho dispositivo de control comprendiendo:
- medios para determinar un retraso aleatorio;

medios para demorar el inicio de consumo de energía de dicha carga por una cantidad de tiempo generada de forma aleatoria después de que se haya proporcionado potencia inicialmente al dispositivo de control.

- 5 12. Dispositivo de control según la reivindicación 1 para controlar un consumo de energía de una carga en una red de electricidad para mantener una variable física de la carga dentro de los límites superiores e inferiores, dicho dispositivo de control comprendiendo:
- 10 medios para la detección de la variable física de la carga;
medios para suministrar los límites superiores e inferiores de la variable física detectada de la carga; y
medios para aumentar el límite superior y/o inferior de la variable física detectada a un índice menor que un consumo de energía máximo de la carga después de que se haya proporcionado potencia inicialmente al dispositivo de control.
- 15 13. Método para controlar un consumo de energía de una carga en una red de electricidad, dicho dispositivo de control comprendiendo:
- 20 detección de valores en un período temporal de una variable física de la red, dicha variable física variando en dependencia de una relación entre generación de electricidad y carga en la red; caracterizado por determinar un promedio de movimiento de la variable física de la red a partir de lecturas pasadas de dicha variable física de la red; y
aumentar el consumo de energía de dicha carga cuando un valor detectado de dicha variable física de dicha red está por encima de dicho promedio de movimiento, y disminuir el consumo de energía de dicha carga cuando un valor detectado de dicha variable física de dicha red está por debajo de dicho promedio de movimiento.
- 25 14. Método según la reivindicación 13, que comprende:
variación del consumo de energía de dicha carga cuando un valor actual de dicha variable física detectada de la red alcanza un valor de activación; y
determinación de dicho valor de activación, dicha determinación de dicho valor de activación dependiendo de dicho promedio de movimiento.
- 30 15. Método según la reivindicación 14, dicha determinación de dicho valor de activación comprendiendo una función para suministro de forma aleatoria de dicho valor de activación entre un valor inferior o superior determinado de la variable física de la red y dicho promedio de movimiento.
- 35 16. Método según la reivindicación 14 o 15, comprendiendo la detección de un valor de una variable física de la carga, siendo dicha variable física representativa de la energía almacenada por la carga; dicha determinación del valor de activación depende además de dicha variable física detectada de la carga.
17. Método de cualquiera de reivindicaciones 13 a 16, donde dicha variación comprende comparación de dicho valor de activación con la variable física actual detectada de la red.
- 40 18. Método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, donde la variación en el consumo de energía de la carga comprende la variación del consumo de energía de la carga para mantener la variable física detectada de la carga dentro de los límites de control y además la variación del consumo de energía cuando dicho valor de la variable física de la red alcanza el valor de activación.
- 45 19. Método según la reivindicación 18, dicha determinación del valor de activación comprendiendo la determinación del valor de activación en dependencia del valor de la variable física detectada de la carga en relación con sus valores máximos o mínimos.
20. Método según la reivindicación 18 cuando depende de la reivindicación 16, dicha determinación de dicho valor de activación comprendiendo la definición de un perfil de valor de activación variable con dicha variable física de la carga, siendo dicho perfil tal que cuanto más recientemente haya variado el consumo de energía de la carga más lejos está el valor de activación de un valor históricamente basado determinado a partir de lecturas pasadas de la variable física de la red.
- 50 21. Método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, donde dicha variable física detectada de la red es una frecuencia detectada de la red.
22. Método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, dicha variación comprendiendo la variación de dicho consumo de energía por conmutación del consumo de energía entre un primer estado de aumento de la energía almacenada por la carga y un segundo estado de disminución de la energía almacenada por la carga.
- 55 23. Método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, dicho método comprendiendo:
demorar el inicio del consumo de energía de dicha carga por una cantidad de tiempo generada de forma aleatoria después de que se haya proporcionado potencia inicialmente a la carga.
24. Método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16 para controlar un consumo de energía de una carga en una red eléctrica para mantener una variable física de la carga dentro de los límites superiores e inferiores, dicho método comprendiendo:
detectar la variable física de la carga;

proporcionar los límites superiores e inferiores de la variable física detectada de la carga; y
aumentar los límites superiores y/o inferiores de la variable física detectada a un índice menor que un consumo de
energía máximo de la carga después de que se haya proporcionado potencia inicialmente al dispositivo de control.

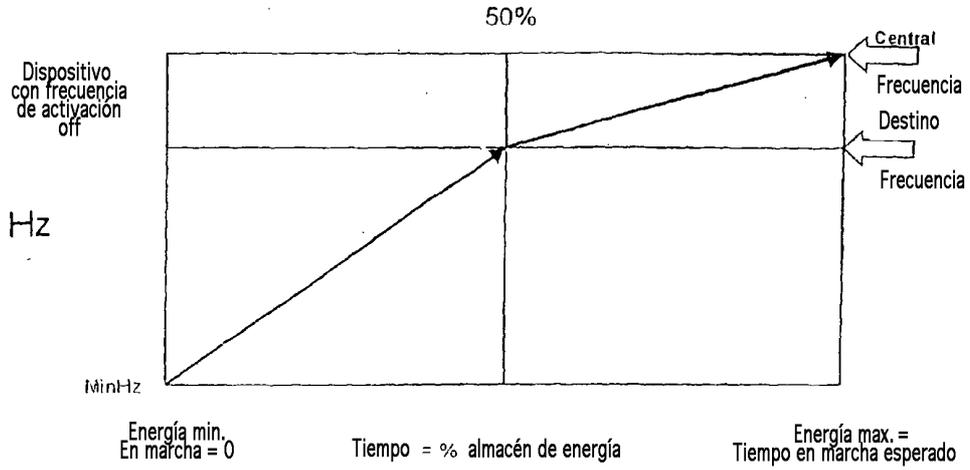


Fig 1A

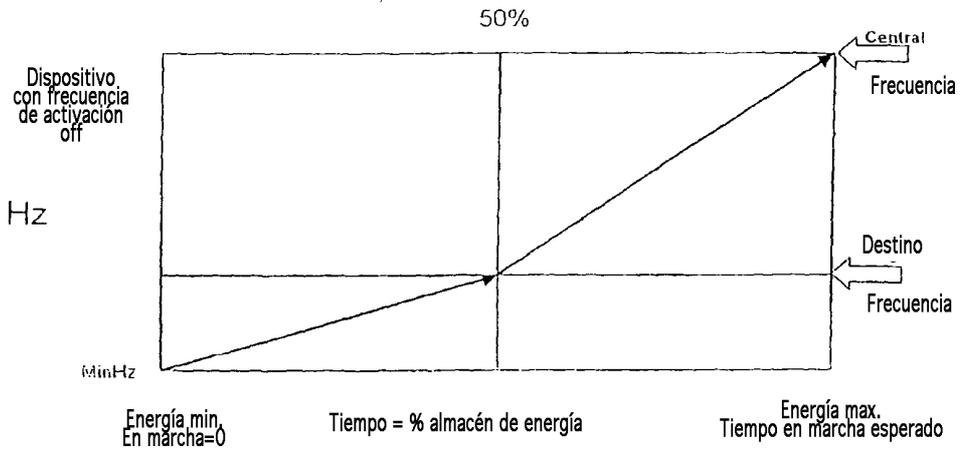


Fig 1B

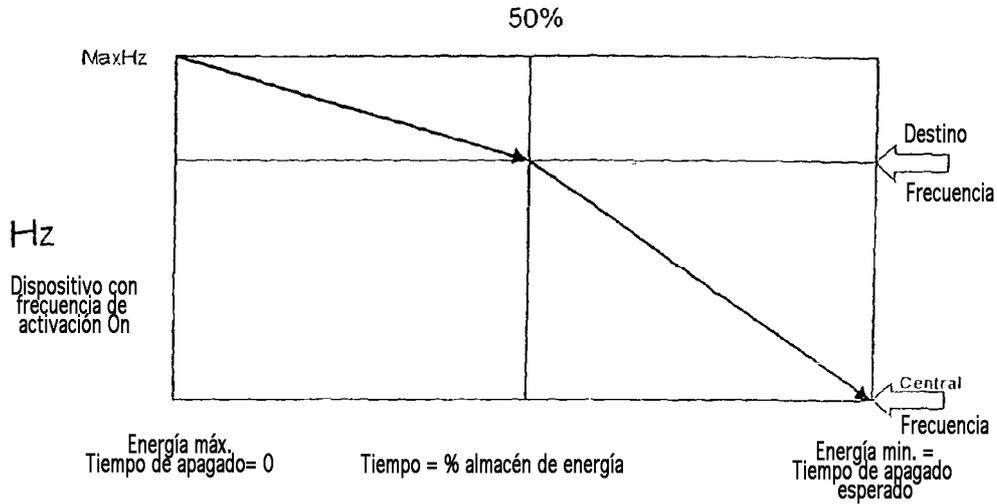


Fig 1C

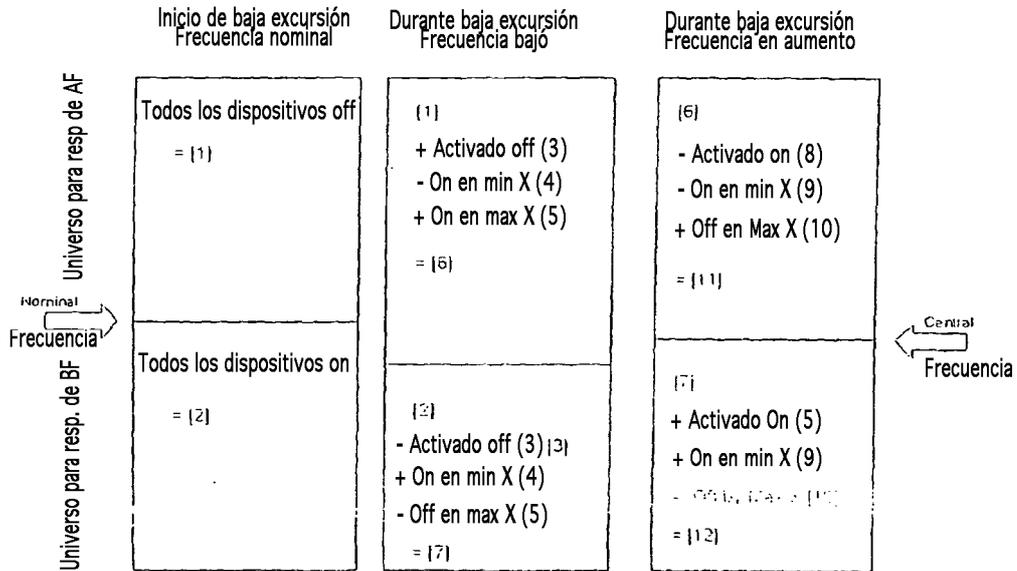


Fig.2

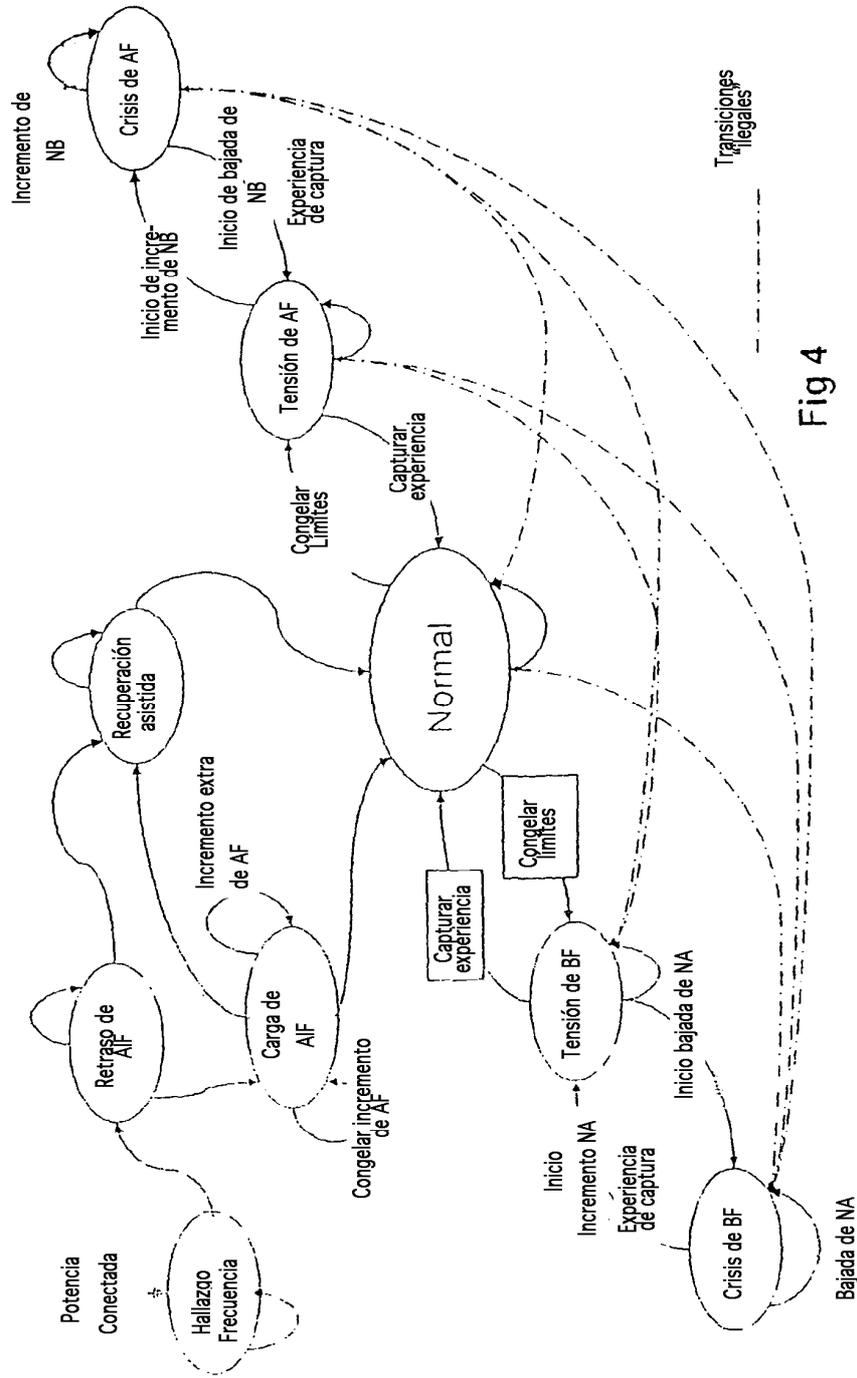


Fig 4

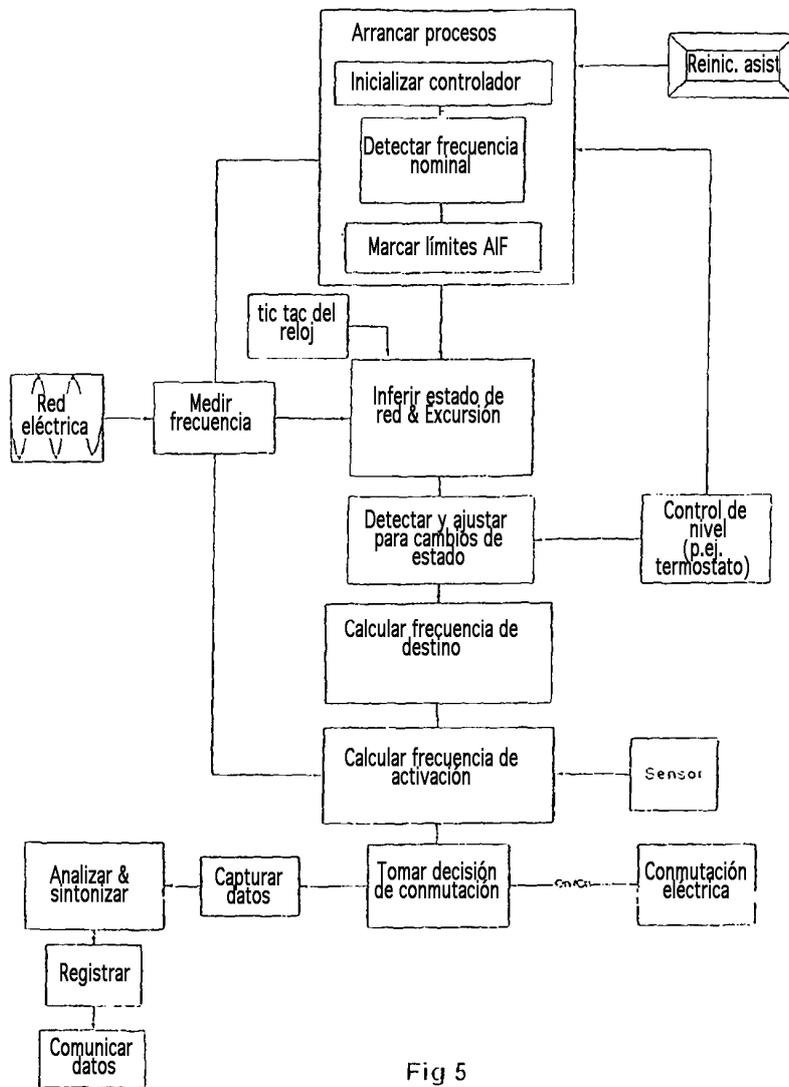


Fig 5

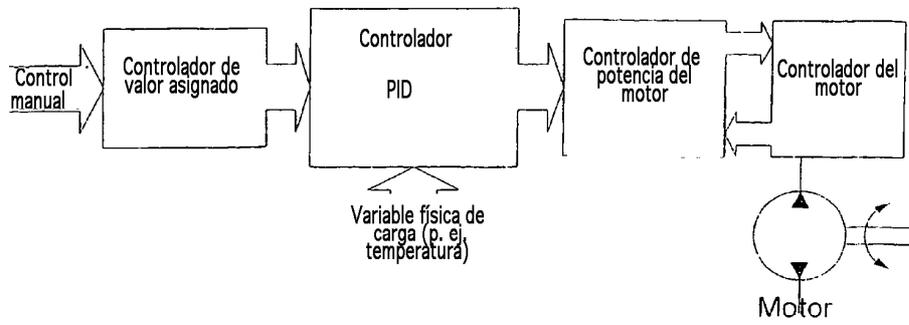


Fig 6

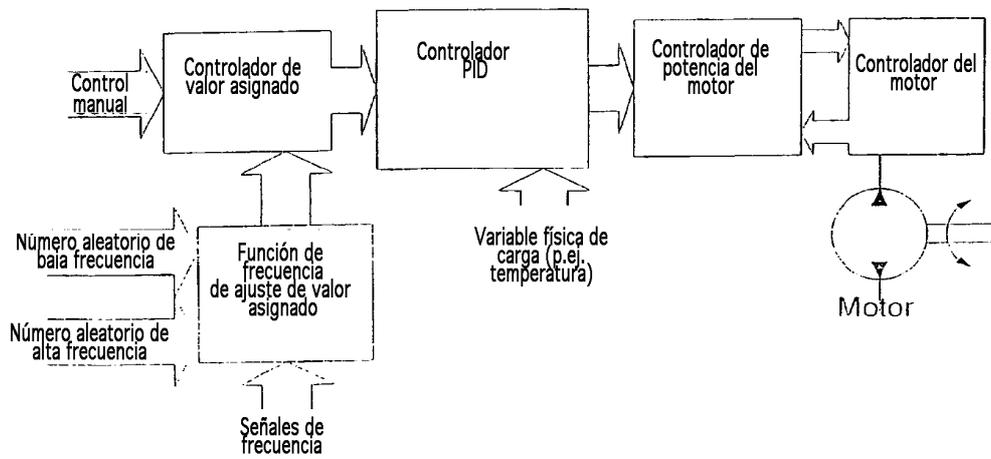


Fig 6A

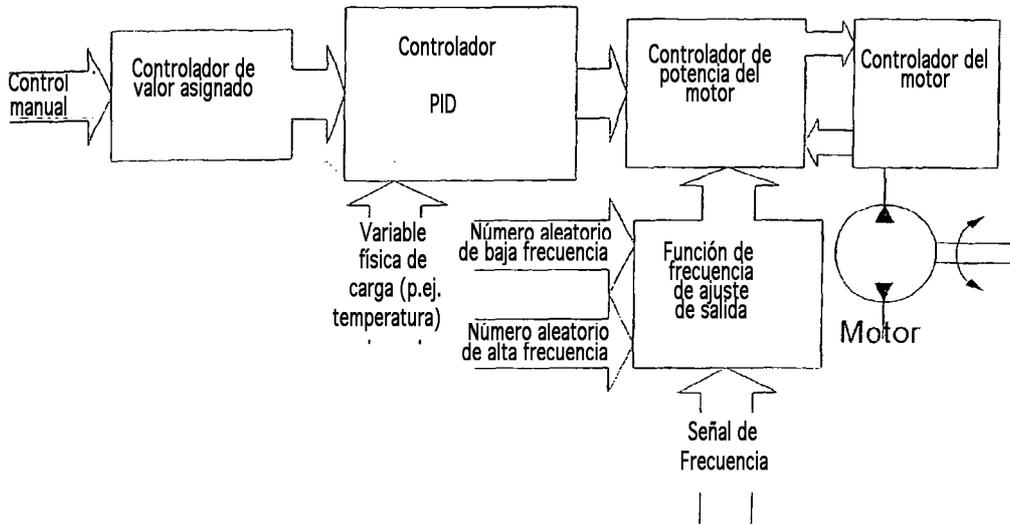


Fig 6B

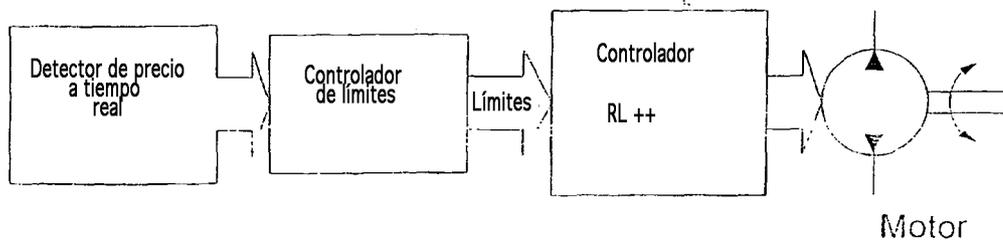


Fig 7