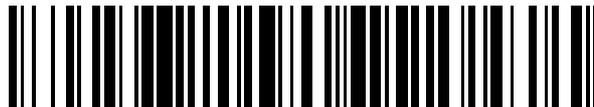


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 590**

51 Int. Cl.:

H02J 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2012 E 12711207 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 2678918**

54 Título: **Central eléctrica virtual**

30 Prioridad:

23.02.2011 GB 201103161

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

17.10.2016

73 Titular/es:

**OPEN ENERGI LIMITED (100.0%)
Lincoln House, 300 High Holborn
London WC1V 7JH , GB**

72 Inventor/es:

**CARVER, ANDREW JOHN;
WARREN, JOSEPH DANIEL y
BLOOR, KATIE**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 586 590 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

Central eléctrica virtual

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una central eléctrica virtual para suministrar energía eléctrica a uno o más dispositivos de consumo de energía a través de una red de suministro. La central eléctrica virtual de la presente invención comprende uno o más dispositivos de generación de energía acoplados a uno o más dispositivos de consumo de energía que están adaptados para variar su consumo de energía de tal manera que la central eléctrica virtual presenta unas propiedades relacionadas con la carga. La presente invención también se refiere a un método de funcionamiento de la central eléctrica virtual, de tal manera que presenta unas características relacionadas con la carga y también se refiere a un producto de software para implementar el método. La presente invención se refiere además a un dispositivo de consumo de energía de respuesta de carga para su uso en la central eléctrica virtual.

15

Antecedentes de la invención

Los parámetros de rendimiento para las centrales eléctricas convencionales incluyen:

20

- (a) el coste por kilovatio-hora (kW) de generación de energía eléctrica;
- (b) el coste de inversión inicial por capacidad de generación de kW;
- (c) la capacidad de respuesta temporal; y
- (d) el impacto ambiental.

25

La capacidad de respuesta temporal es una medida de la velocidad con la que puede ajustarse la salida de energía de una central eléctrica. Por ejemplo, los reactores nucleares tienen una mala capacidad de respuesta temporal mientras que las centrales eléctricas de combustión de gas tienen buena capacidad de respuesta temporal.

30

Es una práctica convencional en los países desarrollados tecnológicamente para sus redes de distribución de energía eléctrica, también denominadas como redes de energía eléctrica, tener diferentes tipos de plantas generadoras de energía eléctrica que suministran energía eléctrica a una red. Tales plantas generadoras de energía eléctrica pueden incluir, por ejemplo, generadores de combustión de carbón, generadores de combustión de fueloil, generadores de combustión de gas, generadores hidroeléctricos, generadores de turbina eólica y generadores de células solares. Teniendo diferentes tipos de plantas de generación de energía que suministran energía a una red de distribución de energía pueden suavizarse las fluctuaciones con respecto al tiempo en el suministro de energía que de otro modo podrían surgir de las fluctuaciones en la salida de energía de las plantas de generación de energía individuales. Tales fluctuaciones pueden ser el resultado de, por ejemplo, cambios en la velocidad del viento en el caso de las turbinas eólicas, o cambios en la nubosidad en el caso de las células solares. Del mismo modo, la demanda de energía eléctrica en una red de distribución de energía también es susceptible a la fluctuación, por ejemplo, en el norte de Europa en general hay mayor consumo de energía en invierno que en verano debido al uso de aparatos de calefacción eléctricos.

40

45

La gestión de las redes de distribución de energía eléctrica y de los generadores de energía eléctrica acoplados a las redes es una tarea compleja y no menos importante debido a la necesidad de responder a los desequilibrios impredecibles y que varían dinámicamente que pueden surgir entre la capacidad de generación acoplada disponible y la demanda de energía eléctrica. Es una práctica convencional permitir que la frecuencia alterna de las redes de distribución de energía eléctrica varíe a partir de un valor nominal, por ejemplo 50,0 Hz, como resultado de los desequilibrios entre el suministro de energía eléctrica de los generadores y la demanda del consumidor.

50

Descripción de la técnica relacionada

55

El documento WO 2006/128709 ("Grid Responsive Control Device"; inventor - David Hirst) describe el uso de unos dispositivos de consumo de energía autónomamente controlados en una red de distribución de energía eléctrica para la disposición de un rendimiento de carga adaptable. El documento US 2004/254654 (Donnelly Mateo K et al) describe unos métodos y sistemas de control de consumo de energía eléctrica que ajustan la energía eléctrica consumida por los dispositivos de consumo de energía en respuesta a los cambios en la energía eléctrica monitorizada de un sistema de distribución de energía. Esta técnica anterior se refleja por el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 12.

60

Sin embargo, puede ser difícil para un operador de una red de distribución de energía que emplea cargas adaptables controladas autónomamente evaluar con precisión, en un momento dado en el tiempo, la magnitud de la capacidad de carga adaptable disponible. También, puede ser difícil determinar el grado del servicio de carga adaptable proporcionada por un dispositivo de consumo de energía adaptable, lo que hace muy difícil el cálculo de un pago o recompensa financiera adecuada para tal rendimiento de carga adaptable.

65

5 Cuando la carga adaptable controlada autónomamente, es un refrigerador doméstico adaptado para proporcionar un servicio de carga adaptable, es razonable suponer que el refrigerador estará en uso continuo después de la venta durante una vida media del refrigerador y así los registros de ventas de tales refrigeradores de carga adaptable pueden proporcionar una indicación de la potencial capacidad de carga adaptable disponible. Sin embargo, este enfoque es menos adecuado para unas cargas adaptables controladas autónomamente, que funcionan de una manera más intermitente. Tales cargas adaptables intermitentes incluyen, pero no se limitan a, unos vehículos híbridos enchufables que a menudo se cargan por la noche cuando sus baterías y cargadores de baterías asociados pueden proporcionar una funcionalidad de carga adaptable, mientras que durante el día este tipo de vehículos se utilizan a menudo y por lo tanto no se acoplan a la red de distribución de energía eléctrica.

10 Una manera de abordar este problema es proporcionar un sistema de comunicación de tal manera que el operador de la red de distribución de energía eléctrica pueda controlar de manera remota los dispositivos de consumo de energía esclavos distribuidos espacialmente desde una localización central para equilibrar la carga de la red de distribución de energía eléctrica. Este enfoque se emplea en los Estados Unidos usando Internet como el servicio de comunicación y se describe en "Online Detection of Start Time and Location for Hypocenter n North America Power Grid" (Wei Li *et al*). Sin embargo, este enfoque depende de manera crítica de la fiabilidad de la comunicación entre el operador de red y los dispositivos de consumo de energía distribuidos espacialmente y así el enfoque es susceptible a un ataque de ciberespacio u otras formas de perturbación de comunicación.

20 **Sumario de la invención**

Este objetivo se consigue proporcionando una central eléctrica virtual que sea más adaptable, más fiable y más robusta a las potenciales interrupciones de los sistemas de comunicación asociados con la central eléctrica virtual en comparación con los servicios de suministro de energía conocidos.

25 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una central eléctrica virtual de acuerdo con la reivindicación 1, una carga adaptable para su uso en una central eléctrica virtual de acuerdo con la reivindicación 7, un controlador para su uso en una central eléctrica virtual de acuerdo con la reivindicación 10, y un método de funcionamiento de una central eléctrica virtual de acuerdo con la reivindicación 12.

30 Con la presente invención, la central eléctrica virtual es capaz de realizar una operación de estabilización de la red de distribución de energía con menor incertidumbre operativa, en comparación con los servicios de suministro de energía convencionales conocidos, debido a que la central eléctrica virtual es capaz de verificar la capacidad de carga adaptable disponible.

35 Preferentemente, la variable física de la red de distribución de energía eléctrica es una frecuencia de corriente eléctrica alterna o de tensión eléctrica. También se prefiere que la una o más cargas de consumo de energía se dispongan espacialmente entre el uno o más dispositivos de consumo de energía.

40 El controlador puede estar en comunicación con el al menos un control de carga adaptable y el controlador puede estar adaptado para emitir una solicitud a el al menos un control de carga adaptable para una firma de respuesta para ser ejecutada por las cargas de consumo. Además, el control de carga adaptable puede estar adaptado para transmitir al controlador un acuse de recibo a la recepción del controlador de una solicitud para la ejecución de la firma de respuesta. Adicionalmente, el controlador puede estar adaptado además para comunicar al control de carga adaptable la firma de respuesta para ser ejecutada por las cargas de consumo de energía.

45 En una realización preferida el uno o más controles de carga de adaptable incluyen una memoria en la que se almacena una o más firmas de respuesta para su ejecución por las cargas de consumo de energía y unos datos de programación que identifican cuándo la una o más firmas de respuesta deben ejecutarse en el futuro.

50 En una realización preferida, el controlador está en comunicación con el uno o más monitores de consumo de energía y el uno o más monitores de consumo de energía están adaptados para comunicar los datos de carga al controlador.

55 Como alternativa, el al menos un control de carga adaptable puede estar en comunicación con uno respectivo o más monitores de consumo de energía y está adaptado para comunicar los datos de carga al controlador.

60 Opcionalmente, el control de carga adaptable puede incluir un sensor para monitorizar un parámetro local, estando el control de la carga adaptable adaptado para provocar la ejecución de la firma de respuesta por las cargas de consumo de energía cuando dicho parámetro monitorizado localmente pasa de un valor umbral.

65 En una realización de la central eléctrica virtual al menos un control de carga adaptable y su uno respectivo o más dispositivos de consumo de energía proporcionan una respuesta de carga autónoma a la red de distribución de energía eléctrica.

Preferentemente, el control de carga adaptable está adaptado para recibir unas solicitudes de un controlador para la firma de respuesta para ser ejecutada por la una o más cargas de consumo de energía. Además, el control de carga adaptable puede adaptarse adicionalmente para recibir desde el controlador la firma de respuesta para ser ejecutada por las cargas de consumo de energía.

5 En una realización preferida, la carga adaptable comprende además una memoria en la que se almacena una o más firmas de respuesta y unos datos de programación que identifican cuándo la una o más firmas de respuesta deben ejecutarse en el futuro.

10 La carga adaptable puede comprender además al menos un monitor de consumo de energía para monitorizar el consumo de energía de la una o más cargas de consumo de energía y estando el control de carga adaptable adaptado para comunicar al controlador los datos de carga representativos de los cambios monitorizados en el consumo de energía de las cargas de consumo de energía durante la ejecución de la firma de respuesta.

15 Preferentemente, el controlador está adaptado además para comunicar con uno o más controles de carga adaptable y para emitir unas solicitudes para una firma de respuesta para ser ejecutada por una o más cargas de consumo de energía bajo el control de los controles de carga adaptable. Además, el controlador puede estar adaptado adicionalmente para comunicar al uno o más controles de carga adaptable una firma de respuesta para ser ejecutada por la una o más cargas de consumo de energía.

20 El método puede comprender además la etapa del controlador que emite una solicitud a el al menos un control de carga adaptable para la ejecución de la firma de respuesta por la una o más cargas de consumo de energía. Opcionalmente, el control de carga adaptable puede emitir un acuse de recibo al controlador a la recepción de una solicitud para la ejecución de la firma de respuesta por las cargas de consumo de energía.

25 Adicionalmente, el método puede comprender además la etapa del controlador que comunica a el al menos un control de carga adaptable la firma de respuesta para ser ejecutada por la cargas de consumo de energía.

30 En una realización preferida, para una pluralidad de cargas de consumo de energía, el método puede comprender además dividir la cargas de consumo de energía en una pluralidad de subgrupos; hacer que cada subgrupo ejecute la firma de respuesta de manera secuencial; y determinar una capacidad de carga adaptable disponible para cada subgrupo.

35 Opcionalmente, el procedimiento puede comprender además monitorizar un parámetro local y hacer que las cargas de consumo de energía ejecuten la firma de respuesta cuando el parámetro monitorizado localmente supera un valor umbral.

40 La referencia en el presente documento a una "carga adaptable" está destinada como una referencia a cualquier dispositivo acoplado a la red que es capaz de alterar los niveles de energía en la red. Por lo tanto, la frase carga adaptable está destinada a que abarque una planta industrial, unos aparatos alimentados eléctricamente industriales y unos aparatos alimentados eléctricamente domésticos que consumen energía de la red y también unos generadores de energía y otras plantas, aparatos y dispositivos que aumentan / reducen la energía suministrada a la red.

45 Además, la referencia en el presente documento a una "capacidad de carga adaptable disponible" está destinada a abarcar tanto la información de capacidad de carga adaptable específica en el tiempo como la capacidad de carga adaptable de la central eléctrica virtual en general. En el primer caso, preferentemente la información de capacidad se obtiene sustancialmente en tiempo real y puede recogerse a menudo y/o de manera regular a lo largo del tiempo. En el último caso, la información de capacidad puede recogerse solo una vez o pocas veces y/o a intervalos irregulares.

50 Se apreciará que las características de la invención son susceptibles de combinarse en diversas combinaciones sin alejarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

55 **Breve descripción de los dibujos**

A continuación, se describirán las realizaciones de la presente invención, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los siguientes dibujos, en los que:

- 60 la figura 1 es una ilustración de una central eléctrica virtual de acuerdo con la presente invención;
- la figura 2 es una ilustración de otra central eléctrica virtual de acuerdo con la presente invención;
- la figura 3 es una ilustración de una carga adaptable para su uso en la implementación de la central eléctrica virtual, como se ilustra en la figura 1 y en la figura 2; y
- la figura 4 es una ilustración de la comunicación de vuelta de las cargas adaptables para proporcionar la confirmación de la funcionalidad de carga adaptable proporcionada de nuevo a un centro de control.

En los dibujos adjuntos se emplea un número subrayado para representar un artículo sobre el que se coloca el número subrayado o un artículo para el que el número subrayado es adyacente. Un número no subrayado se refiere a un artículo identificado por una línea que une el número no subrayado al artículo. Cuando un número no está subrayado y acompañado por una flecha asociada, el número no subrayado se usa para identificar un artículo general al que se apunta la flecha.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

En la figura 1, una central eléctrica virtual se indica en general por **10** y comprende uno o más generadores de energía **20** acoplados, a través de una red de acoplamiento de energía **40**, a uno o más dispositivos de consumo de energía adaptados para funcionar como unas cargas adaptables **30**. La central eléctrica virtual **10** está acoplada, a través de una red de distribución de energía eléctrica **50**, a uno o más dispositivos de consumo de energía distribuidos espacialmente **60**. La una o más cargas adaptables **30** pueden ser espacialmente remotas de los dispositivos de consumo de energía **60** y la red de acoplamiento de energía **40** puede estar separada de la red de distribución de energía eléctrica **50**, como se muestra en la figura 1. Como alternativa, como se muestra en la figura 2, la una o más cargas adaptables **30** y la red de acoplamiento de energía **40** pueden distribuirse espacialmente entre el uno o más dispositivos de consumo de energía **60** y una red de distribución de energía eléctrica común **50** suministra la energía tanto a las cargas adaptables **30** como a los dispositivos de consumo de energía **60**. En una alternativa adicional (no ilustrada), la central eléctrica virtual puede combinar las cargas adaptables **30** espacialmente remotas de los dispositivos de consumo de energía **60** y los dispositivos de carga adaptable **30** distribuidos espacialmente entre el dispositivo de consumo de energía **60**.

La una o más cargas adaptables **30** pueden ser cargas adaptables autónomas tales como las descritas en, pero no limitadas a, el documento WO 2006/128709. Una carga adaptable autónoma **30** está adaptada para variar su consumo de energía independientemente del control o mando externo, para fines de equilibrio de carga de la red de distribución de energía. La carga adaptable autónoma **30** determina si el equilibrio de carga es necesario monitorizando un parámetro físico de la red de acoplamiento de energía **40**. Un parámetro físico de la red de acoplamiento de energía **40** que es adecuado para monitorizar la carga adaptable **30** para fines de equilibrio de carga es, por ejemplo, la frecuencia de funcionamiento alterna de la red, sustancialmente 50 Hz en Europa.

Como alternativa, la una o más cargas adaptables **30** pueden controlarse de manera remota. Para las cargas adaptables controladas remotamente **30**, su consumo de energía es variado en respuesta a las órdenes recibidas en forma de señales de control de energía transmitidas desde una localización espacialmente remota, tal como un centro de control o un centro de coordinación **140**. El fin del centro de coordinación **140** es equilibrar la generación de energía por el uno o más generadores de energía **20** con el consumo de energía del uno o más dispositivos de consumo de energía **60** empleando una o más cargas adaptables **30** para lograr una funcionalidad relacionada con la carga. El centro de coordinación **140** puede estar bajo el control y hacerse funcionar por el operador de red de distribución de energía o puede estar bajo el control y hacerse funcionar por una tercera parte que entrega el servicio de carga adaptable al operador de distribución de energía. En una alternativa adicional más, las cargas adaptables **30** pueden adaptarse para combinar tanto el funcionamiento autónomo como el funcionamiento por control remoto.

Una carga adaptable se muestra en la figura 3. Cada carga adaptable **30** incluye un controlador de carga **120** acoplado a la red de acoplamiento de energía **40** y en comunicación con al menos un elemento de consumo de energía **100**. El controlador de carga **120** puede hacerse funcionar para provocar que su uno o más elementos de consumo de energía **100** consuman una energía de una magnitud determinada por un parámetro físico monitorizado de la red de acoplamiento de energía **40** y/o en respuesta a unas órdenes transmitidas remotamente recibidas por el controlador de carga **120**. En la figura 3, el controlador de carga **120** incluye además una interfaz de comunicaciones **130** para recibir las señales **180** desde un centro de control remoto o un controlador **140** de la central eléctrica virtual **10**. Las señales **180** pueden comunicarse por el controlador o el centro de coordinación **140** usando uno o más medios de comunicación diferentes, redes y protocolos, por ejemplo, una transmisión inalámbrica, una transmisión por cable, una transmisión por fibra óptica, telefonía, satélite, Internet y así sucesivamente. En la figura 3, se muestra una comunicación de dos vías que implica unas señales de entrada **180** hacia la carga adaptable y unas señales de salida **190** desde la carga adaptable. También se prevé una comunicación de una sola vía que implica solamente las señales **180** desde el centro de coordinación **140** hacia la carga adaptable **30**.

El funcionamiento de la central eléctrica virtual de **10** consiste en uno o más generadores de **20** generando energía eléctrica que se distribuye a través de las redes **40**, **50** a la una o más cargas adaptables **30** y a el uno o más dispositivos de consumo de energía **60**. La salida de energía PO desde el uno o más generadores **20** variará al igual que el consumo de energía PC del uno o más dispositivos de consumo de energía **60**. En respuesta a tal variación la una o más cargas adaptables **30** varían su consumo de energía PR, o autónomamente o bajo un control remoto, de manera que un consumo de energía total del uno o más dispositivos **60** y la una o más cargas **30** (PC + PR) se mantiene sustancialmente igual a la salida de energía PO de los generadores **20**. Una desviación de frecuencia Δf_0 en la frecuencia de funcionamiento nominal f_0 de las redes **40**, **50** es una función G de un desequilibrio ΔP entre el consumo de potencia total (PC + PR) y la salida de energía PO, tal como se define por la ecuación 1 (Ec. 1):

$$\Delta f_0 = G(f_0, \Delta P)$$

Ec. 1

donde $\Delta P = PO - (PC + PR)$, concretamente

$$\Delta f_0 = G(f_0, (PO - (PC + PR)))$$

Ec. 2

De este modo, los controladores de carga **120** ajustan el consumo de energía PR de las cargas adaptables **30** para forzar la desviación de frecuencia Δf_0 a cero, mientras que G, PO y PC varían potencialmente de alguna manera al menos parcialmente impredecible.

Es deseable para el centro de coordinación **140** obtener una información con respecto a la capacidad de la una o más cargas adaptables **30** para variar su consumo de energía PR, por ejemplo, a la hora de decidir si o cuál del uno o más generadores **20** se ha de ajustar, desconectarse o conectarse a las redes **40, 50**. Tal información de capacidad de carga adaptable se obtiene por el centro de coordinación **140** transmitiendo unas órdenes **180** al uno o más dispositivos de carga adaptable **30**, a través de los controladores de carga **20**, para aplicar una firma de respuesta temporal de una manera coordinada y preferentemente sustancialmente de manera simultánea. La firma de respuesta temporal consiste en una pequeña perturbación a corto plazo en el consumo de energía PR de cada dispositivo de carga adaptable **30**. Esta perturbación da como resultado una firma o perturbación correspondiente que se detecta en un parámetro o variable física de las redes **40, 50**, por ejemplo, en la desviación de frecuencia Δf_0 . Incluso de forma acumulativa, tales pequeñas señales de perturbación limitadas temporalmente no interrumpen el funcionamiento de las redes **40, 50** y son prácticamente imperceptibles para el uno o más dispositivos de consumo de energía **60**. Por "pequeña", se quiere decir menos de una variación de +/- 10 %, más opcionalmente menos de una variación de +/- 5 %, y lo más opcionalmente menos de una variación de +/- 1 % en la amplitud de la señal de perturbación. Para garantizar aún más que la perturbación no perturbe el funcionamiento de las redes **40, 50** preferentemente solo un subgrupo, por ejemplo, el 20 % de las cargas adaptables **30** se instruyen por el centro de coordinación **140** para implementar la firma de respuesta temporal. La magnitud de la perturbación en el parámetro físico de la red es representativa de la capacidad de carga adaptable disponible y monitorizando de este modo el parámetro físico para identificar la perturbación permite una medida de la capacidad de carga adaptable a extraerse.

La carga adaptable puede incluir una memoria (no mostrada) en la que se almacena una o más firmas de respuesta temporales para su futura ejecución por las cargas adaptables **30**.

Además, la memoria puede incluir unos datos de programación que identifican, por ejemplo, una o más fechas y horas futuras en que debe ejecutarse una firma de respuesta.

La ejecución de la firma de respuesta provoca un cambio correspondiente en el consumo de energía en la una o más cargas adaptables **30**. Este cambio se monitoriza o se mide usando uno o más sensores **200** en la una o más cargas adaptables **30** y se comunica como unas señales de retorno de medición **210** que vuelve al centro de coordinación **140** a través de la red de comunicaciones. El centro de coordinación **140** recibe las señales de retorno **210** y agrega el cambio medido correspondiente en el consumo de energía de la una o más cargas adaptables **30**. El cambio medido agregado en el consumo de energía es un valor representativo de la capacidad de carga adaptable disponible.

Cuando una orden transmitida remotamente **180** es para activar la ejecución de la firma de respuesta, puede transmitirse una pre-activación a las cargas adaptables **30**, antes de la orden, para garantizar que las cargas adaptables **30** están listas para ejecutar la firma de respuesta tan pronto como se reciba la activación.

Unas cargas adaptables autónomas **30** pueden preprogramarse con una o más firmas de respuesta, así como las fechas y las horas cuando deban ejecutarse las firmas de respuesta. Esto permite que el centro de coordinación **140** determine la capacidad de carga adaptable disponible en una o más fechas y horas predeterminadas con un tráfico de comunicación mínimo.

Como se ha descrito anteriormente, el cálculo de la capacidad de carga adaptable disponible se implementa, preferentemente en el centro de coordinación **140**, en software que consiste en un conjunto de instrucciones de programa ejecutables por un dispositivo informático. El software se almacena preferentemente en una memoria tangible, por ejemplo, pero no limitada a, una ROM u otros medios de almacenamiento de datos legibles por máquina. Del mismo modo, los datos variables con respecto a la red y su funcionamiento para el cálculo de la línea de base de carga, por ejemplo, serán almacenados en una memoria intermedia o serán almacenados en una memoria tangible tal como una RAM u otro medio de almacenamiento legible/escritable por máquina.

Cualquier dispositivo informático capaz de ejecutar un conjunto de instrucciones que especifican las acciones a tomar por ese dispositivo está destinado a estar comprendido por referencia en un dispositivo informático. Un dispositivo informático típico puede ser ejemplificado por un sistema de procesamiento que incluye uno o más procesadores. El sistema de procesamiento puede incluir, además, un subsistema de memoria que incluye una RAM

- y/o una ROM y/u otras formas de almacenamiento de datos volátiles y no volátiles. Un sistema de bus puede incluirse para la comunicación entre los componentes. Una interfaz de comunicación de una vía o de dos vías para una comunicación por cable o inalámbrica con otros dispositivos remotos también pueden incluirse. Se entenderá que las etapas del método descritas en el presente documento se realizan por un procesador adecuado (o procesadores) de un dispositivo de procesamiento que ejecuta las instrucciones almacenadas en la memoria tangible. El término procesador puede referirse a cualquier dispositivo o parte de un dispositivo que administra el movimiento de y procesa los datos electrónicos de los registros y/o la memoria.
- Como se ha mencionado anteriormente, las cargas adaptables **30** pueden subdividirse en una pluralidad de grupos con fines de determinar la capacidad de carga adaptable. Cada grupo individual puede ejecutar la firma de respuesta **200** en un tiempo predeterminado diferente de manera que puede determinarse una medida independiente de la capacidad de carga adaptable disponible de cada grupo. Esto garantiza que la perturbación no se convierta en tan grande como para desestabilizar la red. Las cargas adaptables pueden agruparse, por ejemplo, en uno o más de:
- (i) de acuerdo con el tipo de carga adaptable **30** implicada, por ejemplo, la velocidad de respuesta;
 - (ii) la localización geográfica de las cargas adaptables **30**, por ejemplo, los grupos geográficamente concentrados de tales cargas adaptables **30**;
 - (iii) de acuerdo con el coste financiero al emplear este tipo de cargas adaptables **30** para proporcionar una respuesta de carga;
 - (iv) en función de la hora del día, por ejemplo, cuando las cargas adaptables **30** se implementan usando unos vehículos híbridos enchufables, estos vehículos tienen más probabilidades de no estar en funcionamiento para fines de transporte durante la noche cuando se acoplan con fines de recarga;
 - (v) aleatoriamente.
- La central eléctrica virtual **10** puede incluir un reloj de sistema para mantener un calendario común para todos los elementos operativos de la central eléctrica virtual. Las órdenes **180** pueden, a continuación, instruir una firma de respuesta para ser ejecutada en un momento futuro predeterminado con respecto al reloj del sistema. Como alternativa, la una o más cargas adaptables **30** pueden instruirse para ejecutar la firma de respuesta en un intervalo de tiempo predeterminado después de la recepción de la orden **180**. En una alternativa adicional más, la una o más cargas adaptables **30** pueden ejecutar la firma de respuesta inmediatamente después de recibir la orden **180**.
- En el caso de que una parte de las órdenes **180** no se reciba en una o más de las cargas adaptables **30**, cualquier carga adaptable autónoma **30** continuará funcionando para proporcionar la funcionalidad de estabilización de carga adaptable, independientemente de si responde o no a las órdenes **180**. No es posible, por lo tanto, para el centro de coordinación **140** sobreestimar una capacidad de carga adaptable mientras que una respuesta dinámica autónoma adicional pueda estar disponible. Además, cuando los acuses de recibo de orden **190** se transmiten por las cargas adaptables, el centro de coordinación **140** es capaz además de determinar un número potencial de las cargas adaptables **30** activamente disponibles a partir del número de acuses de recibo **190** recibidos.
- La firma de respuesta de perturbación indicada en la orden **180**, o de lo contrario invocada por la orden, puede ser, pero no se limitan a: una señal de cambio de etapa, o una señal correspondiente a una secuencia temporal de los cambios de etapa de diferente magnitud, una señal de rampa temporal, una señal sinusoidal temporal, una señal de pulso temporal.
- La firma de respuesta puede también ejecutarse por la una o más cargas adaptables **30** en respuesta a una activación de condición monitorizada localmente, por ejemplo, la concentración de dióxido de carbono atmosférico que pasa un valor umbral; la humedad que pasa un valor umbral; la temperatura atmosférica que pasa un valor umbral; una excursión de frecuencia de las redes **40, 50** que pasa una frecuencia umbral; y así sucesivamente.
- Preferentemente, las cargas adaptables **30** son instalaciones útiles y no pierden simplemente la energía que consumen. Unos ejemplos de los dispositivos de consumo de energía adecuados para su uso como una carga adaptable son, pero no limitados a:
- (a) tanques de almacenamiento de agua con calentadores para su uso en la calefacción y/o para una fuente de energía para las bombas de calor, piscinas, calentadores de inmersión en agua industriales y/o domésticos, esquemas de bombeo de agua de los depósitos y/o del riego;
 - (b) plantas de desalinización para generar agua dulce a partir de agua de mar;
 - (c) hornos de arco eléctrico, estufas, hornos de calcinación, trabajos de procesamiento químico, tanques electrolíticos;
 - (d) secadoras de granos, alumbrado público, plantas de refrigeración industrial, sistemas de ventilación;
 - (e) sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS), vehículos eléctricos recargables, aviones de hélice recargables.
- Por lo tanto, la central eléctrica virtual **10** comprende una población de cargas adaptables controladas de acuerdo con una o más variables de la red eléctrica, (por ejemplo, en respuesta a una o más de entre la frecuencia, la señal de regulación, la tensión) en la que se envía una señal a un sistema de control unido a la población de cargas

indicando:

- 5 (a) un patrón para las pruebas para aceptarse y ejecutarse por la población de cargas como si fuera la variable de la red eléctrica que normalmente se controla o se responde (por ejemplo, un patrón de frecuencia de red a probar contra la población de cargas); o
- (b) un vector de carga a lograrse por la población de cargas, en el que el vector de carga comprende una serie de niveles de energía (por ejemplo, definidos en megavatios MW o en un porcentaje %), y los momentos en que deberían lograrse esos niveles de energía.
- 10 Es un problema conocido con la prueba de los sistemas de energía de demanda y de respuesta existentes que es difícil, si no imposible, introducir un patrón de carga complicado y dinámico al sistema de energía. Por el contrario, con la central eléctrica virtual descrita en el presente documento un patrón de carga y un momento definido cuando el patrón debe simularse puede comunicarse a y posteriormente ejecutarse por las cargas adaptables y monitorizarse la respuesta de la red de distribución a este patrón de carga.
- 15 Un vector de carga puede usarse para pre-programar el servicio de carga adaptable donde pueden predecirse las fluctuaciones futuras, o en la generación de energía o en la demanda de energía. La pre-programación implica comunicar el vector de carga a un grupo de cargas adaptables en la central eléctrica virtual junto con una fecha y una hora de cuándo debe ejecutarse el vector. La ejecución colectiva por el grupo de las cargas adaptables del
- 20 vector de carga proporciona el cambio o los cambios deseados en la demanda de la red en su conjunto. Por otra parte, el aviso anterior del vector de carga permite que el controlador de carga garantice que las cargas adaptables son capaces de ejecutar el vector de carga en la fecha y la hora especificadas. Cuando las cargas adaptables son cargas adaptables autónomas, el vector de carga puede estar acompañado por un umbral de frecuencia de la red que anula la ejecución del vector de carga.
- 25 Los vectores de carga también pueden usarse para modelar o simular un evento de red. Estas simulaciones ayudan en la predicción de la respuesta de una población de carga adaptable a una variable de red cambiante y pueden ayudar a determinar la aptitud de la red para responder, por ejemplo, a una emergencia.
- 30 Se prevén unas modificaciones de las realizaciones descritas anteriormente sin alejarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas. Las expresiones tales como “que incluye”, “que comprende”, “que incorpora”, “que consiste en”, “tienen”, “es” usadas para describir y reivindicar la presente invención están destinadas a interpretarse de manera no exclusiva, es decir, permitiendo que los artículos, los componentes o los elementos no explícitamente descritos estén también presentes. La referencia al singular debe interpretarse también
- 35 para referirse al plural. Los números incluidos dentro de los paréntesis en las reivindicaciones adjuntas están destinados a facilitar la comprensión de las reivindicaciones y no deben interpretarse en ningún modo para limitar el objetivo reivindicado por estas reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una central eléctrica virtual (10) para proporcionar energía eléctrica a través de una red de distribución de energía eléctrica (40, 50) a uno o más dispositivos de consumo de energía (60), incluyendo la central eléctrica virtual (10):
- 5 uno o más generadores de energía eléctrica (20);
 al menos un control de carga adaptable (120) que tiene una o más cargas de consumo de energía (100) respectivas, estando el control de carga adaptable (120) adaptado para controlar el consumo de energía en la una o más cargas (100) con respecto a: i) una variable física monitorizada de la red de distribución de energía eléctrica (40, 50) y/o ii) señales de control comunicadas al control de carga adaptable (120),
 10 estando la central eléctrica virtual (10) **caracterizada por que**,
 el al menos un control de carga adaptable (120) está adaptado además para hacer que la una o más cargas de consumo de energía (100) ejecuten de manera coordinada una firma de respuesta que consiste en una pequeña perturbación a corto plazo en el consumo de energía de dichas una o más cargas de consumo de energía; y **por**
 15 **que** incluye además:
- uno o más monitores de consumo de energía (200) para monitorizar los cambios en el consumo de energía de las cargas de consumo de energía (100) durante la ejecución de la firma de respuesta por las cargas de consumo de energía (100); y
 20 un controlador (140) adaptado para recibir unos datos de carga (210) representativos de los cambios monitorizados en el consumo de energía de las cargas de consumo de energía (100) durante la ejecución de la firma de respuesta de una manera coordinada, estando el controlador (140) adaptado además para determinar a partir de dichos datos de carga (210) una capacidad de carga adaptable disponible.
- 25 2. Una central eléctrica virtual (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la variable física de la red de distribución de energía eléctrica (40, 50) es una frecuencia de la corriente eléctrica alterna o de la tensión eléctrica.
3. Una central eléctrica virtual (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en la que el controlador (140) está en comunicación con el al menos un control de carga adaptable (120) y el controlador (140) está adaptado para emitir una solicitud a el al menos un control de carga adaptable (120) para una firma de respuesta para ser ejecutada por las cargas de consumo de energía (100) y i) el control de carga adaptable (120) está adaptado para transmitir al controlador (140) un acuse de recibo en la recepción desde el controlador (140) de una solicitud para la ejecución de la firma de respuesta, y/o ii) el controlador (140) está adaptado además para comunicar al control de carga adaptable (120) la firma de respuesta para ser ejecutada por las cargas de consumo de energía (100).
 30
 35
4. Una central eléctrica virtual (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el controlador (140) está en comunicación con el uno o más monitores de consumo de energía (200) y los uno o más monitores de consumo de energía (200) están adaptados para comunicar los datos de carga (210) al controlador (140).
 40
5. Una central eléctrica virtual (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el al menos un control de carga adaptable (120) está en comunicación con uno o más monitores de consumo de energía (200) respectivos y está adaptado para comunicar los datos de carga (210) al controlador (140).
 45
6. Una central eléctrica virtual (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el control de carga adaptable (120) incluye un sensor para monitorizar un parámetro local y el control de carga adaptable (120) está adaptado para provocar la ejecución de la firma de respuesta por las cargas de consumo de energía (100) cuando dicho parámetro monitorizado localmente pasa de un valor umbral.
 50
7. Una carga adaptable (30) para su uso en una central eléctrica virtual (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, incluyendo la carga adaptable (30) una o más cargas de consumo de energía (100) y un control de carga adaptable (120) adaptado para monitorizar el consumo de energía en la una o más cargas de consumo de energía (100), con respecto a: i) una variable física monitorizada de la red de distribución de energía eléctrica (40, 50) y/o ii) señales de control comunicadas al control de carga adaptable (120), estando el control de carga adaptable (120) adaptado además para hacer que la una o más cargas de consumo de energía (100) ejecuten de manera coordinada una firma de respuesta que consiste en una pequeña perturbación a corto plazo en el consumo de energía de dichas una o más cargas de consumo de energía.
 55
8. Una carga adaptable (30) de acuerdo con la reivindicación 7, en la que el control de carga adaptable (120) está adaptado para recibir solicitudes desde un controlador (140) para que la firma de respuesta sea ejecutada por la una o más cargas de consumo de energía (100) y para recibir desde el controlador (140) la firma de respuesta para ser ejecutada por la una o más cargas de consumo de energía (100).
 60
9. Una carga adaptable (30) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, que comprende además al menos un monitor de consumo de energía (200) para monitorizar el consumo de energía de la una o más cargas de
 65

consumo de energía (100), y estando el control de carga adaptable (120) adaptado para comunicar al controlador (140) datos de carga (210) representativos de los cambios monitorizados en el consumo de energía de las cargas de consumo de energía (100) durante la ejecución de la firma de respuesta.

5 10. Un controlador (140) para su uso en una central eléctrica virtual (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, estando el controlador (140) adaptado para recibir datos de carga (210) representativos de los cambios monitorizados en el consumo de energía de una o más cargas de consumo de energía (100) durante la ejecución de una manera coordinada de una firma de respuesta que consiste en una pequeña perturbación a corto plazo en el consumo de energía de dichas una o más cargas de consumo de energía, y estando adaptado además para determinar a partir de dichos datos de carga (210) una capacidad de carga adaptable disponible.

11. Un controlador (140) de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el controlador (140) está adaptado además para comunicarse con uno o más controles de carga adaptable (120) y para emitir solicitudes para una firma de respuesta para ser ejecutadas por una o más cargas de consumo de energía (100) bajo el control de los controles de carga adaptable (120) y para comunicar a los uno o más controles de carga adaptable (120) una firma de respuesta para ser ejecutada por la una o más cargas de consumo de energía (100).

12. Un método de funcionamiento de una central eléctrica virtual (10) que comprende uno o más generadores de energía eléctrica (20), comprendiendo el método la etapa de:

- (a) proporcionar al menos un control de carga adaptable (120) que tenga una o más cargas de consumo de energía (100) respectivas, estando el control de carga adaptable (120) adaptado para controlar el consumo de energía en la una o más cargas (100) con respecto a: i) una variable física monitorizada de la red de distribución de energía eléctrica (40, 50) y/o ii) señales de control comunicadas al control de carga adaptable (120), estando el método **caracterizado por que** comprende además las etapas de,
- (b) hacer que la una o más cargas de consumo de energía (100) ejecuten de manera coordinada una firma de respuesta que consiste en una pequeña perturbación a corto plazo en el consumo de energía de dichas una o más cargas de consumo de energía;
- (c) monitorizar el consumo de energía de las cargas de consumo de energía (100) durante la ejecución de la firma de respuesta;
- (d) comunicar a un controlador (140) datos de carga (210) representativos del consumo de energía monitorizada de las cargas de consumo de energía (100) durante la ejecución de la firma de respuesta; y
- (e) determinar a partir de dichos datos de carga (210) una capacidad de carga adaptable disponible.

13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además las etapas de:

- (f) emitir el controlador (140) una solicitud a el al menos un control de carga adaptable (120) para la ejecución de la firma de respuesta por la una o más cargas de consumo de energía (100); y,
- (g) emitir el control de carga adaptable (120) un acuse de recibo al controlador (140) de la recepción de una solicitud para la ejecución de la firma de respuesta por las cargas de consumo de energía (100); y/o,
- (h) comunicar el controlador (140) a el al menos un control de carga adaptable (120) la firma de respuesta para ser ejecutada por las cargas de consumo de energía (100).

14. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 o 13, que comprende además las etapas de monitorizar un parámetro local y hacer que las cargas de consumo de energía (100) ejecuten la firma de respuesta cuando el parámetro monitorizado localmente supera un valor umbral.

15. Un producto de software grabado en un soporte de datos legible por máquina, incluyendo el producto de software unas instrucciones ejecutables para implementar un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14.

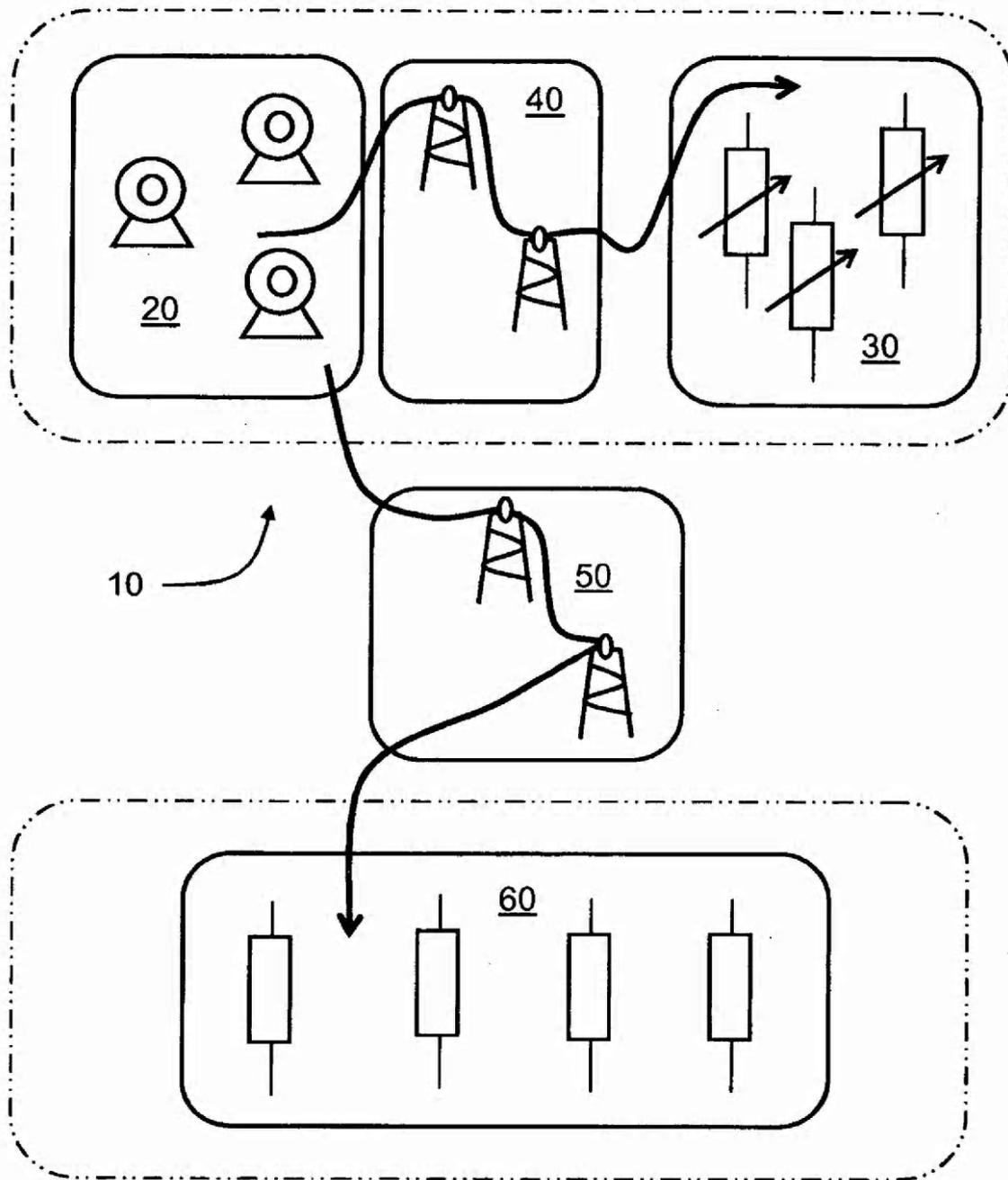


FIG. 1

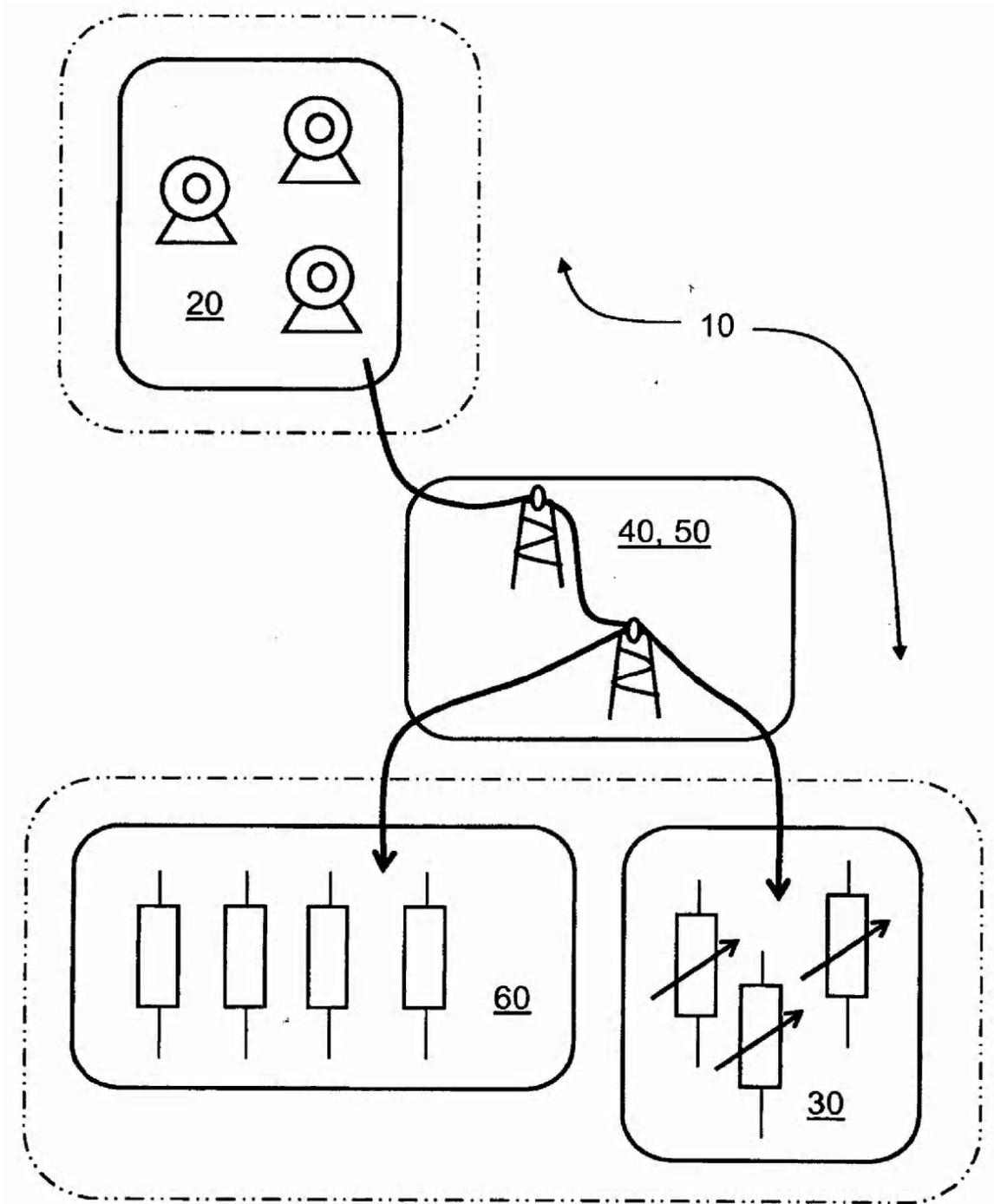


FIG. 2

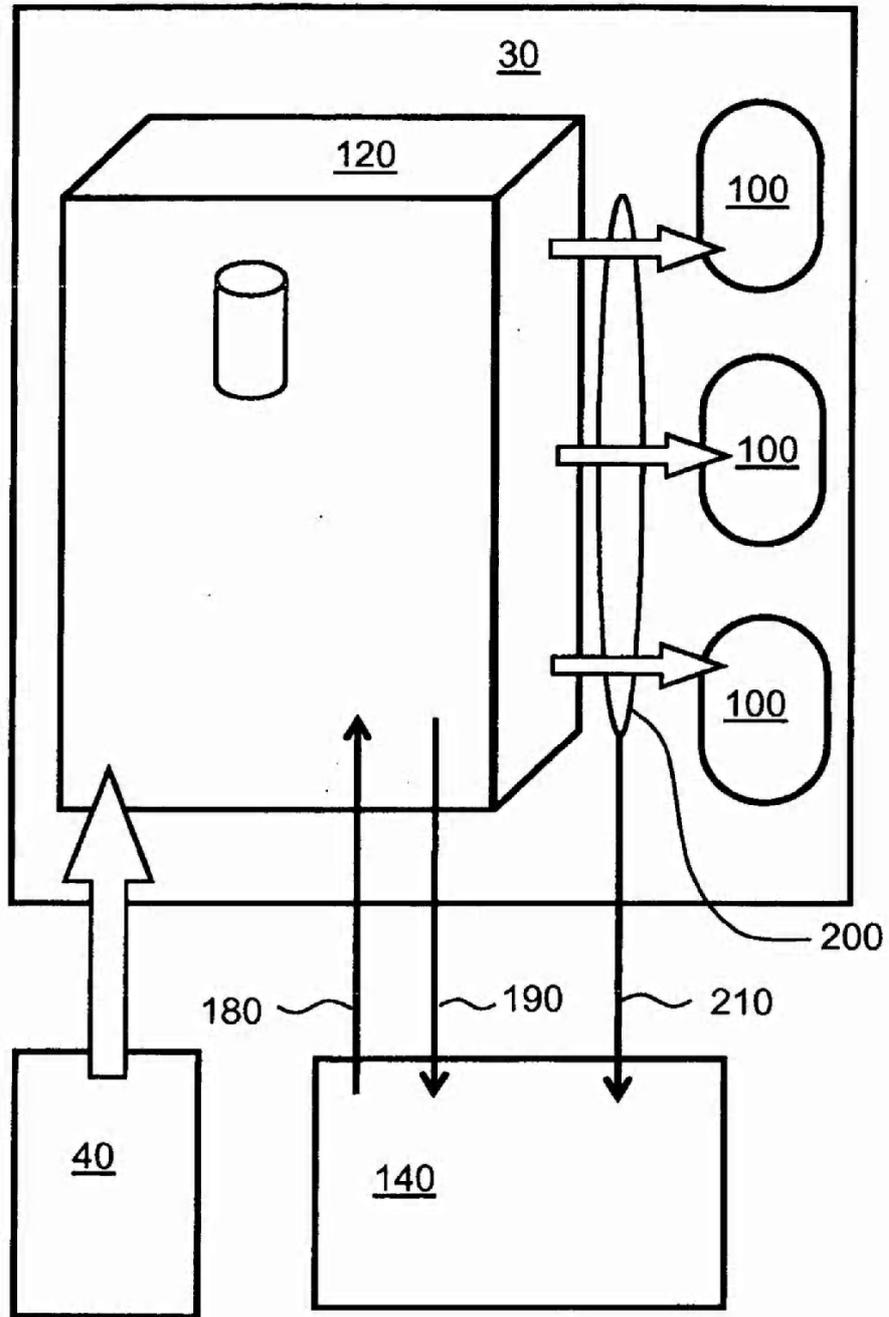


FIG. 3

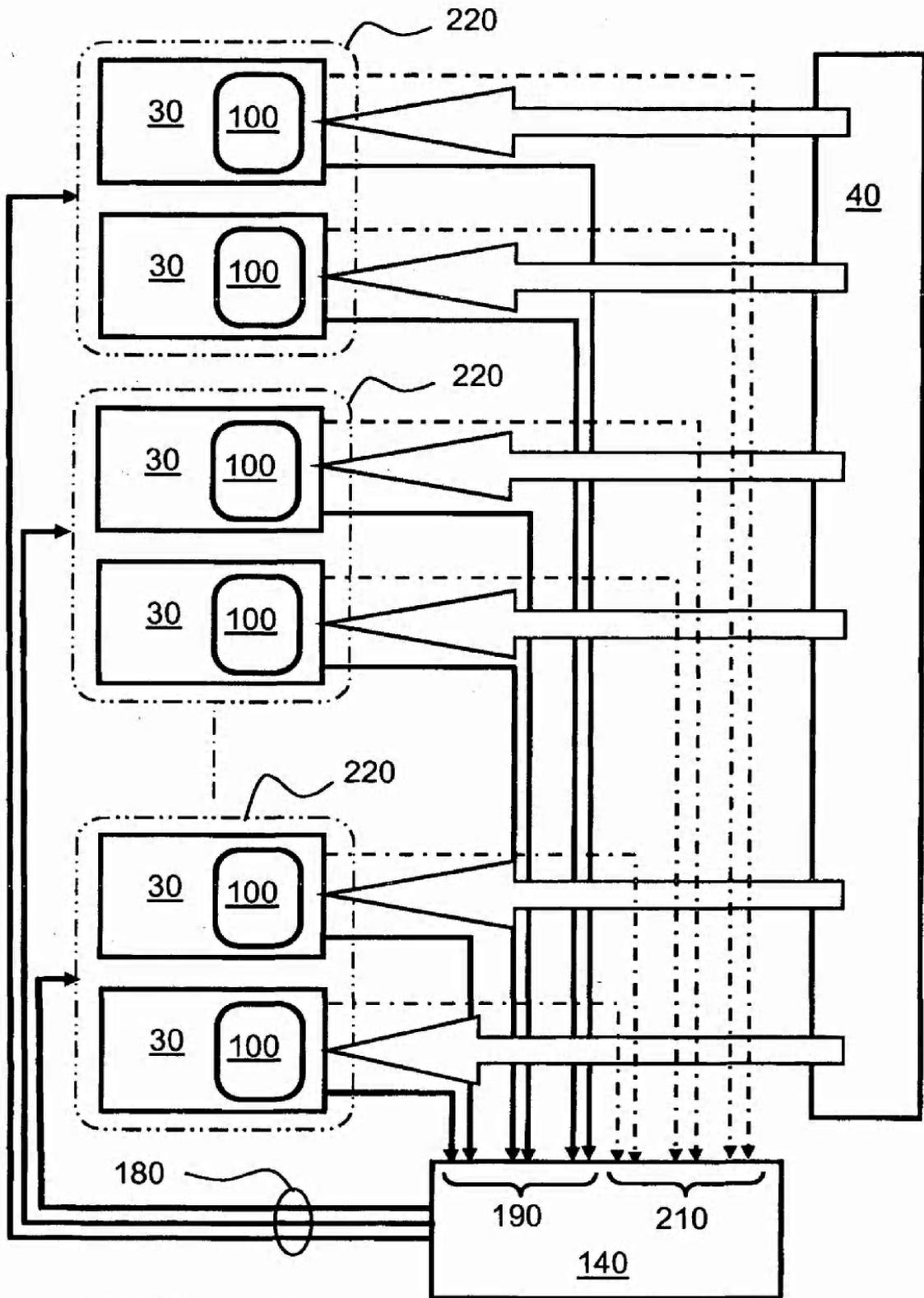


FIG. 4