

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 207**

51 Int. Cl.:

G06Q 10/00 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2011** **E 11195718 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016** **EP 2608123**

54 Título: **Sistema para distribuir energía eléctrica entre un grupo de dispositivos eléctricos, método para distribuir energía eléctrica entre un grupo de dispositivos eléctricos de dicho sistema, y controlador utilizable en dicho sistema**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.06.2017

73 Titular/es:

**VLAAMSE INSTELLING VOOR TECHNOLOGISCH
ONDERZOEK (VITO) (100.0%)
Boeretang 200
2400 Mol, BE**

72 Inventor/es:

**HOMMELBERG, MAARTEN y
CLAESSENS, BERT**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 616 207 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

Sistema para distribuir energía eléctrica entre un grupo de dispositivos eléctricos, método para distribuir energía eléctrica entre un grupo de dispositivos eléctricos de dicho sistema, y controlador utilizable en dicho sistema

5 La presente invención se refiere a un sistema para distribuir energía eléctrica entre un grupo de dispositivos eléctricos de acuerdo con el preámbulo de la primera reivindicación.

La presente invención también se refiere a un método para distribuir energía eléctrica entre un grupo de dispositivos eléctricos de dicho sistema y a un controlador utilizable en el sistema de acuerdo con la invención.

10 Los expertos en la técnica ya conocen sistemas de este tipo. Por ejemplo, el documento US2009/0228324 describe una red inteligente para distribuir energía eléctrica entre un grupo de dispositivos eléctricos, por ejemplo un grupo que comprende todos los dispositivos eléctricos de un hogar individual. El grupo comprende al menos un dispositivo eléctrico participante en la red inteligente, por ejemplo un lavavajillas, una secadora de tambor, una lavadora, etc., presentando todos ellos algún tipo de flexibilidad con respecto a la ejecución de la tarea asignada a los mismos, como por ejemplo cuándo ha de finalizar la tarea; y al menos un dispositivo eléctrico no participante en la red inteligente, por ejemplo un televisor, una lámpara, etc., no presentando ninguno de ellos flexibilidad con respecto a 15 cuándo ha de finalizar su tarea, ya que se espera una ejecución inmediata de la tarea asignada, por ejemplo mostrar imágenes en movimiento o iluminar una habitación. El dispositivo participante en la red inteligente está conectado a una red eléctrica a través de una red inteligente mediante un agente de red inteligente. El agente de red inteligente está configurado para determinar la cantidad de energía eléctrica en función del tiempo que ha de ser suministrada a la red eléctrica y desde la misma para el dispositivo de red inteligente del grupo, sobre la base de información, en forma de funciones de demanda marginal, del dispositivo de red inteligente y de la red inteligente. El sistema comprende además un contador para medir la cantidad de energía eléctrica realmente suministrada a la red eléctrica y desde la misma para el grupo, normalmente en forma de un contador de electricidad, que en este caso específico mide por ejemplo la electricidad suministrada a la red eléctrica y desde la misma a los dispositivos del hogar.

25 No obstante, de acuerdo con estos sistemas, cuando se enciende el dispositivo eléctrico no participante en la red inteligente, éste puede tomar inmediatamente energía eléctrica de la red eléctrica. Sin embargo, en esta situación, la energía eléctrica no se obtiene a través de la red inteligente utilizando el agente de red inteligente, sino directamente de la red eléctrica, de modo que se está tomando más energía eléctrica de la red eléctrica que la determinada por el agente de red inteligente. Estas situaciones pueden ser muy poco deseables.

30 Por ejemplo, en un grupo que comprende un dispositivo de carga eléctrica, por ejemplo una batería, y un dispositivo generador de electricidad, por ejemplo elementos fotovoltaicos, el agente de red inteligente puede haber determinado que la energía eléctrica generada por el dispositivo generador sea almacenada en el dispositivo de almacenamiento. Sin embargo, cuando se enciende de repente un dispositivo no participante en la red inteligente, que por ejemplo crea una carga inflexible, como por ejemplo una lámpara, un aparato de televisión, etc., la energía eléctrica para dicho dispositivo se toma directamente de la red eléctrica y no del dispositivo generador, cuando 35 frecuentemente se desea que el grupo consuma en la mayor medida posible su energía eléctrica generada localmente. De acuerdo con otro ejemplo, de repente se enciende un dispositivo generador adicional, de modo que la energía eléctrica generada adicionalmente no se destina a cargar el dispositivo de carga, sino que en lugar de ello es suministrada a la red eléctrica, cuando frecuentemente se desea que el grupo consuma en la mayor medida posible su energía eléctrica generada localmente.

40 Por lo tanto, un objeto de la presente invención consiste en proporcionar un sistema para distribuir energía eléctrica entre un grupo de dispositivos eléctricos, que pueda tener en cuenta la incidencia del uso de energía eléctrica de uno o más dispositivos eléctricos no participantes en la red inteligente.

Esto se logra mediante el sistema de acuerdo con las reivindicaciones de la presente invención.

45 A este respecto, el sistema comprende un controlador que incluye componentes de software para determinar la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo de un período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por un contador suministrada realmente al grupo a lo largo del período de tiempo predeterminado, comprendiendo el controlador componentes de software para simular un dispositivo participante en la red inteligente virtual sobre la base de la diferencia determinada y para proporcionar al agente de red inteligente información basada en la 50 diferencia determinada, de modo que el agente de red inteligente está configurado para determinar la cantidad de energía eléctrica en función del tiempo que ha de ser suministrada a la red eléctrica y desde la misma tanto para los dispositivos del grupo participantes en la red inteligente como para los no participantes, sobre la base de información tanto de los dispositivos del grupo participantes en la red inteligente como de los no participantes, y de la red inteligente, y de modo que la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo a lo largo del período de tiempo determinado se 55 reduzca.

Se ha encontrado que dicho controlador permite que el agente de red inteligente tenga en cuenta la incidencia de un dispositivo no participante en la red inteligente, tal que se pueda lograr una distribución más optimizada de la energía eléctrica entre los dispositivos del grupo.

5 Además se ha encontrado que, dado que el controlador crea un agente de red inteligente virtual, no se requiere ninguna reconfiguración sustancial del hardware de la red y la configuración existente de redes inteligentes se puede conservar sustancialmente.

10 Además, dado que la detección del uso de energía eléctrica por dispositivos no participantes se realiza determinando la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo a lo largo del período de tiempo predeterminado, no es necesario realizar ninguna medición específica de dispositivos no participantes específicos, por lo que no se requieren mediciones respectivas del uso de energía eléctrica.

15 De acuerdo con la invención se puede utilizar cualquier tipo de red inteligente con cualquier tipo de agente de red inteligente: por ejemplo redes inteligentes descentralizadas que utilizan agentes de red inteligente descentralizados, o redes inteligentes centralizadas que utilizan agentes de red inteligente más descentralizados. De acuerdo con un ejemplo específico, la red inteligente es INTELLIGATOR®, desarrollada por VITO NV, incluyendo también sistemas derivados de ésta y las eventuales actualizaciones.

20 La simulación real del agente de red inteligente depende de la red inteligente específica utilizada y puede ser determinada por los expertos en la técnica. La salida del controlador PID se puede configurar directamente en una función de oferta horizontal.

El grupo puede consistir en cualquier tipo de grupo de dispositivos eléctricos, como por ejemplo un grupo de dispositivos pertenecientes a un hogar individual, un grupo de dispositivos pertenecientes a varios hogares, como por ejemplo una ciudad, un barrio de una ciudad, una calle, etc.

25 Con frecuencia, los contadores para medir la cantidad de energía eléctrica realmente suministrada a la red eléctrica y desde la misma para el grupo ya están presentes y disponibles, por ejemplo en forma de contadores inteligentes.

30 El controlador puede estar previsto por ejemplo como un ordenador o un servidor que está conectado a la red inteligente y que recibe señales que representan la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo de un período de tiempo predeterminado y señales que representan la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo a lo largo del período de tiempo predeterminado, para determinar la diferencia entre dichas cantidades.

35 La invención también se refiere a un método para distribuir energía eléctrica entre un grupo de dispositivos eléctricos de un sistema de acuerdo con la invención. El grupo comprende al menos un dispositivo eléctrico participante en la red inteligente y al menos un dispositivo eléctrico no participante en la red inteligente. El dispositivo participante en la red inteligente se conecta a una red eléctrica a través de una red inteligente mediante un agente de red inteligente. El agente de red inteligente determina la cantidad de energía eléctrica en función del tiempo que ha de ser suministrada a la red eléctrica y desde la misma para el dispositivo de red inteligente del grupo, sobre la base de información del dispositivo de red inteligente y de la red inteligente. El sistema comprende además un contador para medir la cantidad de energía eléctrica realmente suministrada a la red eléctrica y desde la misma para el grupo. El sistema también comprende un controlador que determina la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo de un período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo a lo largo del período de tiempo predeterminado. El controlador simula un dispositivo participante en la red inteligente virtual sobre la base de la diferencia determinada y proporciona al agente de red inteligente información basada en la diferencia determinada, de modo que el agente de red inteligente determina la cantidad de energía eléctrica en función del tiempo que ha de ser suministrada a la red eléctrica y desde la misma tanto para los dispositivos del grupo participantes en la red inteligente como para los no participantes, sobre la base de información tanto de los dispositivos del grupo participantes en la red inteligente como de los no participantes, y de la red inteligente, y de modo que la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo a lo largo del período de tiempo determinado se reduzca.

45 De acuerdo con realizaciones preferentes del método de acuerdo con la presente invención, el controlador simula el agente de red inteligente virtual utilizando un controlador PID. Se ha encontrado que dicho controlador PID permite realizar una simulación relativamente sencilla del agente de red inteligente virtual. De acuerdo con realizaciones especialmente preferentes del método de acuerdo con la presente invención, el controlador PID es un controlador PI.

55 Estos controladores ya son conocidos por los expertos en la técnica como controladores de acción proporcional, integral y derivada. El cálculo del controlador PID (que es un algoritmo) implica tres parámetros independientes, preferiblemente constantes: un parámetro proporcional, uno integral y uno derivado, designados normalmente P, I y

D. Estos parámetros pueden ser interpretados en términos de tiempo: P depende del error actual, I depende de la acumulación de errores pasados, y D es una predicción de errores futuros basada en el ritmo de variación actual. De acuerdo con realizaciones preferentes, el controlador es un controlador PI, por consiguiente un controlador PID en el que D es igual a cero. A continuación se ilustra el cálculo del controlador PID:

$$u(t) = P \cdot e(t) + I \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + D \cdot \frac{d}{dt} e(t)$$

En donde $u(t)$ es la salida del controlador PID, los parámetros P, I y D son tal como se explica más arriba y representan respectivamente la ganancia proporcional, la ganancia integral y la ganancia derivada, t representa el tiempo transcurrido desde el comienzo representado por 0, y $e(t)$ representa el error, que en este caso consiste en la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo a lo largo del período de tiempo predeterminado.

La invención también se refiere a un controlador utilizable en el sistema de acuerdo con la invención, para determinar la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo de un período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo a lo largo del período de tiempo predeterminado. El controlador está previsto para simular un dispositivo participante en la red inteligente virtual sobre la base de la diferencia determinada y para proporcionar al agente de red inteligente información basada en la diferencia determinada, de modo que el agente de red inteligente está configurado para determinar la cantidad de energía eléctrica en función del tiempo que ha de ser suministrada a la red eléctrica y desde la misma tanto para los dispositivos del grupo participantes en la red inteligente como para los no participantes, sobre la base de información tanto de los dispositivos del grupo participantes en la red inteligente como de los no participantes, y de la red inteligente, y de modo que la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo a lo largo del período de tiempo determinado se reduzca.

La invención se ilustrará adicionalmente por medio de la siguiente descripción y las figuras anexadas.

La figura 1a muestra un resultado de simulaciones sobre una red inteligente sin la presente invención.

La figura 1b muestra un resultado comparativo de las simulaciones de acuerdo con la figura 1a sobre una red inteligente con la presente invención.

En la siguiente descripción detallada se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión a fondo de la invención y cómo ésta se puede poner en práctica en realizaciones particulares. No obstante, se ha de entender que la presente invención se puede poner en práctica sin dichos detalles específicos. En otros casos hay métodos, procedimientos y técnicas muy conocidos que no se han descrito detalladamente, para no complicar la presente invención. Si bien la presente invención se describirá con respecto a realizaciones particulares y con referencia a determinados dibujos, dichas realizaciones y dibujos no limitan la invención. Los dibujos incluidos y descritos en la presente memoria son esquemáticos y no limitan el alcance de la invención. También se ha de señalar que, en los dibujos, el tamaño de algunos elementos puede estar exagerado y, por consiguiente, no están dibujados a escala con fines ilustrativos.

La presente invención se describirá con respecto a realizaciones particulares y con referencia a determinados dibujos, pero la invención no está limitada por los mismos, sino solo por las reivindicaciones. Los dibujos descritos son meramente esquemáticos y no limitativos. En los dibujos, el tamaño de algunos de los elementos puede estar exagerado y no están dibujados a escala con fines ilustrativos. Las dimensiones y las dimensiones relativas no corresponden necesariamente a las reducciones reales para la puesta en práctica de la invención.

Además, los términos primero, segundo, tercero y similares en la descripción y en las reivindicaciones se utilizan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico. Los términos son intercambiables en circunstancias apropiadas y las realizaciones de la invención pueden actuar en secuencias diferentes a las descritas o ilustradas en la presente memoria.

Además, los términos parte superior, parte inferior, encima, debajo y similares en la descripción y en las reivindicaciones se utilizan con fines descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas. Se ha de entender que los términos así utilizados son intercambiables en circunstancias apropiadas y que las realizaciones de la invención aquí descritas pueden actuar en orientaciones diferentes a las descritas o ilustradas en la presente memoria.

La expresión "que comprende" utilizada en las reivindicaciones no ha de ser interpretada como restringida a los medios enumerados a continuación; no excluye otros elementos o pasos. La interpretación ha de ser que especifica la presencia de las características, números enteros, pasos o componentes indicados tal como se refiere a los

mismos, pero no excluye la presencia o adición de una o más características, números enteros, pasos o componentes adicionales, o grupos de los mismos. Por lo tanto, el alcance de la expresión "un dispositivo que comprende los medios A y B" no se ha de limitar a dispositivos que consisten exclusivamente de componentes A y B.

- 5 El eje X de la figura 1a y de la figura 1b indica el tiempo, en cuartos de hora, mientras que el eje Y de la figura indica la potencia/energía eléctrica utilizada o producida por los diferentes dispositivos o tomada de la red eléctrica. Los valores positivos indican la energía/potencia eléctrica utilizada, mientras que los valores negativos indican la energía/potencia eléctrica producida.

La figura 1a muestra un resultado de simulaciones sobre una red inteligente sin la presente invención.

- 10 Más específicamente, la figura 1 muestra los resultados de una simulación de dispositivos eléctricos de un hogar en la que una cantidad determinada de dispositivos eléctricos no participantes utilizan energía eléctrica, indicados como "demanda no flexible". Además están simulados dos dispositivos eléctricos participantes: un elemento fotovoltaico ("PV") que genera energía eléctrica y una batería ("batería") que permite almacenar energía eléctrica. Los dispositivos eléctricos participantes se conectan a una red eléctrica a través de una red inteligente mediante un agente de red inteligente. La red inteligente utilizada para la simulación fue INTELLIGATOR®, desarrollada por VITO VN. Aunque estaba previsto, en la simulación no se introdujo energía desde una bomba de calor ("HP").

- 20 Como se puede ver, en la simulación, el agente de red inteligente de la red inteligente ha determinado almacenar en la batería la energía eléctrica generada por el elemento fotovoltaico. Sin embargo, la energía eléctrica requerida por los dispositivos no participantes se toma directamente de la red eléctrica, tal como se puede ver por la indicación "energía de la Red" y comparando ésta con la "demanda no flexible" indicada.

- 25 Con frecuencia, esto no es deseable, ya que a menudo se desea que la energía eléctrica producida por el elemento fotovoltaico sea utilizada preferiblemente por los propios dispositivos eléctricos del hogar, antes de tener que usar energía eléctrica procedente de la red eléctrica. Dicho de otro modo, aunque la batería se esté cargando, la energía eléctrica se utilizó preferiblemente para los dispositivos del hogar, más concretamente los dispositivos eléctricos no participantes.

Sin embargo, como los dispositivos no participantes no están conectados a la red inteligente, no pueden ser tenidos en cuenta por el agente de red inteligente.

La figura 1b muestra un resultado comparativo de las simulaciones de acuerdo con la figura 1a sobre una red inteligente con la presente invención.

- 30 Ahora se puede ver que la energía eléctrica tomada de la red eléctrica se ha reducido mucho más. Dicho de otro modo, aunque ahora la batería no se carga por completo mediante el elemento fotovoltaico, se ha de tomar menos energía de la red eléctrica, lo que frecuentemente es más deseable porque ahorra gastos, reduce la pérdida de energía eléctrica durante el proceso de carga de la batería, etc.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para distribuir energía eléctrica entre un grupo de dispositivos eléctricos, comprendiendo el grupo al menos un dispositivo eléctrico participante en una red inteligente y al menos un dispositivo eléctrico no participante en la red inteligente, teniendo el dispositivo eléctrico participante en la red inteligente flexibilidad con respecto a la ejecución de una tarea asignada al mismo y siendo conectado éste a una red eléctrica a través de una red inteligente mediante un agente de red inteligente, estando configurado el agente de red inteligente para determinar la cantidad de energía eléctrica en función del tiempo que ha de ser suministrada a la red eléctrica y desde la misma para el dispositivo eléctrico participante en la red inteligente del grupo, sobre la base de información del dispositivo eléctrico participante en la red inteligente y de la red inteligente, y comprendiendo el sistema además un contador para medir la cantidad de energía eléctrica realmente suministrada a la red eléctrica y desde la misma para el grupo,

caracterizado por un controlador que comprende componentes de software para determinar la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo de un período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado, estando previsto el controlador como un ordenador o un servidor que está conectado a la red inteligente y que recibe señales que representan la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo de un período de tiempo predeterminado y señales que representan la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo a lo largo del período de tiempo predeterminado, para determinar la diferencia entre dichas cantidades, realizándose la detección del consumo de energía eléctrica por al menos un dispositivo no participante mediante la determinación de la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado,

comprendiendo el controlador componentes de software para simular un dispositivo eléctrico participante en la red inteligente virtual sobre la base de la diferencia determinada y para proporcionar al agente de red inteligente información basada en la diferencia determinada, de modo que el agente de red inteligente está configurado para determinar la cantidad de energía eléctrica en función del tiempo que ha de ser suministrada a la red eléctrica y desde la misma tanto para el dispositivo eléctrico participante en la red inteligente como para el dispositivo eléctrico no participante del grupo, sobre la base de información tanto del dispositivo eléctrico participante en la red inteligente como del dispositivo eléctrico no participante del grupo, y de la red inteligente, y de modo que la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo determinado se reduzca, estando adaptado el controlador para simular el dispositivo participante en la red inteligente virtual con un controlador PI o PID;

consistiendo el controlador en un controlador PID adaptado para implementar un algoritmo de cálculo que tiene tres parámetros independientes; un parámetro proporcional, uno integral y uno derivado, designados P, I y D, respectivamente, dependiendo P de un error presente, dependiendo I de una acumulación de errores pasados, y siendo D una predicción de errores futuros basada en el ritmo de variación actual, estando dado el algoritmo de cálculo del controlador PID por:

$$u(t) = P \cdot e(t) + I \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + D \cdot \frac{d}{dt} e(t)$$

en donde $u(t)$ es la salida del controlador PID, los parámetros P, I y D representan respectivamente la ganancia proporcional, la ganancia integral y la ganancia derivada, t representa el tiempo transcurrido desde el comienzo representado por 0, y $e(t)$ representa el error, que consiste en la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador y suministrada realmente al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado.

2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende múltiples dispositivos eléctricos participantes en la red inteligente y dispositivos eléctricos no participantes en la red inteligente.

3. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la salida del controlador PID está formada en una función de oferta horizontal.

4. Controlador utilizable en el sistema según la reivindicación 1, para determinar la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo de un período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado, estando adaptado el controlador para simular un dispositivo eléctrico participante en la red inteligente virtual sobre la base de la diferencia determinada y para proporcionar al agente de red inteligente información basada en la diferencia determinada, de

5 modo que el agente de red inteligente está configurado para determinar la cantidad de energía eléctrica en función del tiempo que ha de ser suministrada a la red eléctrica y desde la misma tanto para el dispositivo participante en la red inteligente como para el dispositivo no participante del grupo, sobre la base de información tanto de los dispositivos participantes en la red inteligente como de los dispositivos no participantes del grupo, y de la red inteligente, y de modo que la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo determinado se reduzca, estando previsto el controlador como un ordenador o un servidor que está adaptado para ser conectado a la red inteligente y adaptado para recibir señales que representan la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo de un período de tiempo predeterminado y adaptado para recibir señales que representan la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo a lo largo del período de tiempo predeterminado, para determinar la diferencia entre dichas cantidades, realizándose la detección del consumo de energía eléctrica por al menos un dispositivo no participante mediante la determinación de la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado, estando adaptado el controlador para simular el dispositivo participante en la red inteligente virtual con un controlador PI o PID;

20 consistiendo el controlador en un controlador PID adaptado para implementar un algoritmo de cálculo que tiene tres parámetros independientes; un parámetro proporcional, uno integral y uno derivado, designados P, I y D, respectivamente, dependiendo P de un error presente, dependiendo I de una acumulación de errores pasados, y siendo D una predicción de errores futuros basada en el ritmo de variación actual, estando dado el algoritmo de cálculo del controlador PID por:

$$u(t) = P \cdot e(t) + I \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + D \cdot \frac{d}{dt} e(t)$$

25 en donde $u(t)$ es la salida del controlador PID, los parámetros P, I y D representan respectivamente la ganancia proporcional, la ganancia integral y la ganancia derivada, t representa el tiempo transcurrido desde el comienzo representado por 0, y $e(t)$ representa el error, que consiste en la diferencia entre la cantidad de energía determinada por el agente de red inteligente que ha de ser suministrada al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado y la cantidad de energía medida por el contador suministrada realmente al grupo y desde el mismo a lo largo del período de tiempo predeterminado.

5. Controlador según la reivindicación 4, **caracterizado por que** el sistema comprende múltiples dispositivos eléctricos participantes en la red inteligente y dispositivos eléctricos no participantes en la red inteligente.

6. Controlador según la reivindicación 4, en el que la salida del controlador PID está formada en una función de oferta horizontal.

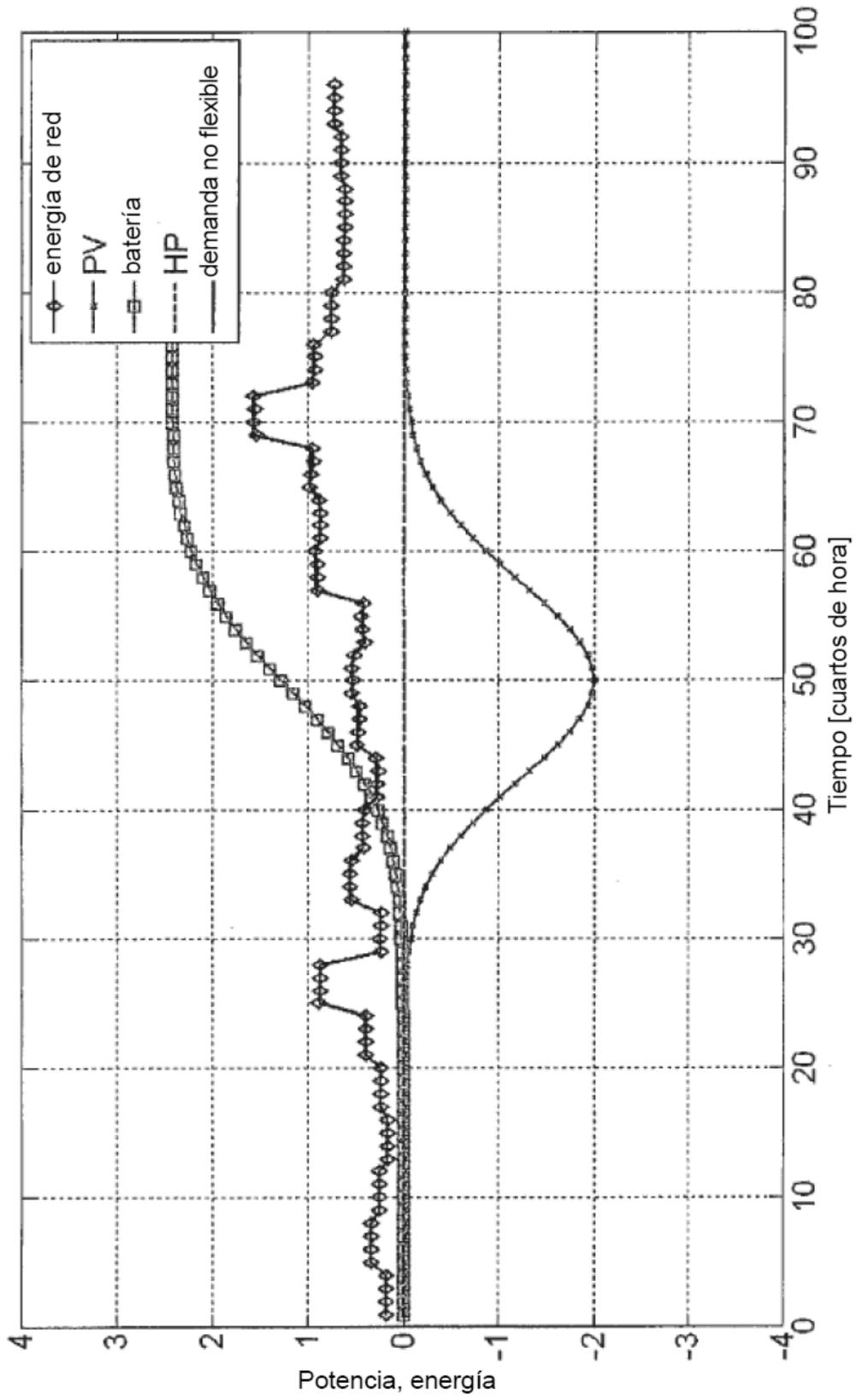


Fig. 1a

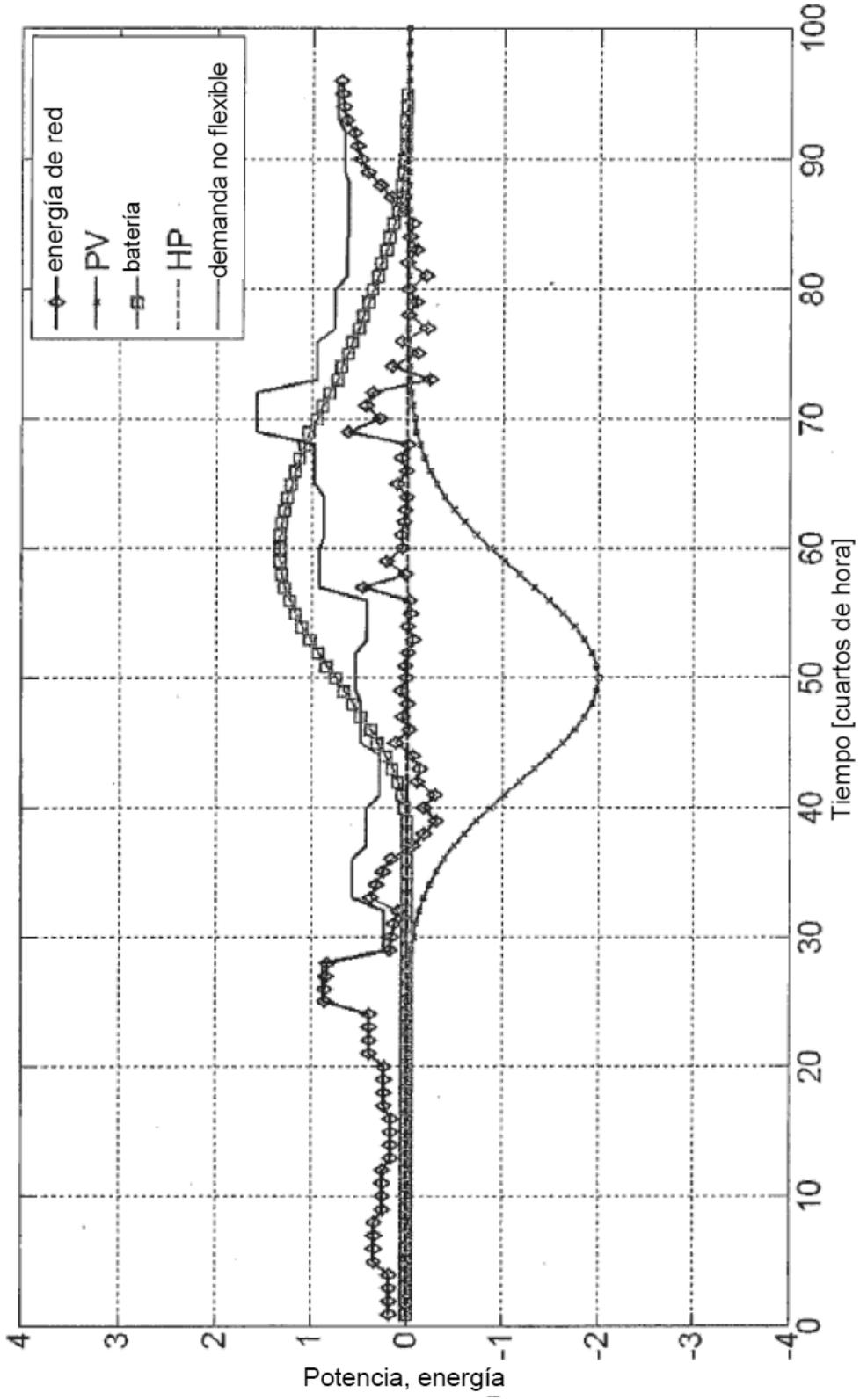


Fig. 1b