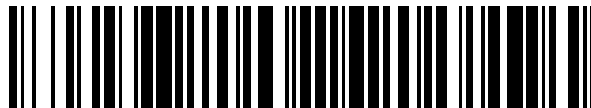


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 562 482**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

B60L 11/18 (2006.01)

G05B 19/02 (2006.01)

H02J 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2013 E 13176439 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.12.2015 EP 2688174**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de reparto de flujos de energía eléctrica y sistema eléctrico que incluye dicho dispositivo**

30 Prioridad:

17.07.2012 FR 1256903

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

04.03.2016

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS
(100.0%)
35 rue Joseph Monier
92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**GUYON, CAROLINE;
BEGUERY, PATRICK y
LAMOUDI, MOHAMED YACINE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 562 482 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

Procedimiento y dispositivo de reparto de flujos de energía eléctrica y sistema eléctrico que incluye dicho dispositivo

La presente invención se refiere a un procedimiento de reparto, en el curso de un período temporal dado, de los flujos de energía eléctrica en el seno de un sistema que comprende al menos un elemento productor y un elemento consumidor de energía eléctrica de entre una red de distribución de energía eléctrica, un edificio, un elemento de almacenamiento de energía eléctrica, una fuente de producción local de energía eléctrica, y que comprende unos medios de medición del estado de carga de cada elemento de almacenamiento y unas potencias eléctricas producidas y consumidas por cada uno de los elementos del sistema.

La presente invención se refiere igualmente a un dispositivo de reparto de los flujos de energía eléctrica que permita la implementación de un procedimiento de ese tipo así como un sistema eléctrico que comprenda dicho dispositivo.

En el campo de la producción de energía eléctrica, se conocen unos dispositivos y procedimientos que permiten conectar unos vehículos equipados con baterías y medios de producción de energía eléctrica a una infraestructura. Estos vehículos presentan la especificidad de poder no solamente ser autónomos en energía después de la fase de carga, sino igualmente poder alimentar la infraestructura antes mencionada cuando las baterías están llenas, permitiendo de ese modo continuar acumulando energía eléctrica. De ese modo, el documento CA-A-2668276 describe un vehículo eléctrico solar cuya excedencia de energía se utiliza para suministrar electricidad a un edificio vecino. Igualmente, el documento WO-A-2011/024067 describe un vehículo eléctrico utilizado como fuente de energía secundaria. Por otro lado, el documento US-A-2012/173034 describe un procedimiento de reparto de la energía eléctrica en el seno de un sistema eléctrico. Estos documentos presentan unos sistemas que permiten la mejora de la producción de energía local.

Sin embargo, esta mejora de la gestión de la energía eléctrica permanece limitada a un sistema simple que comprende una infraestructura y un vehículo, no comprendiendo el sistema más que una única fuente de energía eléctrica producida localmente. Además, el aprovisionamiento de la infraestructura no es parametrizable y no tiene lugar más que cuando la batería del vehículo está llena, lo que es raramente necesario.

El objetivo de la invención es por lo tanto proponer un procedimiento de reparto de flujos de energía eléctrica en un sistema que comprende diversos productores y consumidores de electricidad, siendo este procedimiento parametrizable de manera que tenga en cuenta unas particularidades de los productores y consumidores del sistema y del tipo de reparto requerido.

Con este fin, la invención tiene por objeto un procedimiento del tipo antes mencionado que comprende al menos las siguientes etapas:

- unas etapas de inicialización que consisten en:

- a) definir unos parámetros físicos de modelización del sistema,
- b) definir un modelo del sistema, bajo la forma de representación de estado utilizando los parámetros físicos determinados en la etapa a),
- c) definir unos parámetros de optimización para la resolución de un problema y
- d) predefinir un problema de optimización, en el período temporal dado, para el reparto de los flujos de energía eléctrica del sistema utilizando el modelo definido en la etapa b), y

- unas etapas iterativas que consisten, en unos instantes de actualización sucesivos del período temporal dado, en:

- e) medir un estado de carga de cada elemento de almacenamiento de la energía eléctrica así como unas potencias de producción y de consumo de energía eléctrica de los diferentes elementos del sistema,
- f) actualizar una previsión del comportamiento de los elementos productores y consumidores del sistema en otro período temporal de la misma duración que la duración del período temporal dado y que comienza en un instante de actualización considerado,
- g) definir la formulación del problema de optimización en el otro período temporal,
- h) resolver el problema de la etapa g) utilizando un solucionador, y
- i) aplicar unos controles de reparto de energía eléctrica en el sistema utilizando las soluciones de la etapa h), hasta la siguiente iteración.

Según otros aspectos ventajosos de la invención, el procedimiento de reparto comprende una o varias de las siguientes características, tomadas aisladamente o en cualquier combinación técnicamente admisible:

- La etapa a) comprende la definición de parámetros que permiten determinar un perfil de producción y/o de consumo de al menos un elemento del sistema en el período temporal.
- La etapa c) de definición de los parámetros de optimización comprende al menos la definición del período temporal y de un período de actualización que define la duración entre dos etapas iterativas.
- El modelo del sistema se define con la siguiente representación de estado:

$$\begin{cases} x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + Gw_k \\ y_k = Cx_k + Du_k + Fw_k \end{cases}$$

en la que x_k y x_{k+1} son los estados x del sistema en unos instantes k y $k+1$, y_k es un parámetro y de salida del sistema en el instante k , u_k es un parámetro u de control en el instante k , w_k es un parámetro w de perturbación en el instante k y A, B, G, C, D, F son unas matrices constantes.

- 5 - El estado x del sistema corresponde al estado de carga de cada elemento de almacenamiento de energía eléctrica.
 - El parámetro de control u se define según siguiente el vector:

$$u = \begin{bmatrix} P_{carga}^{M_{11}} & P_{descarga}^{M_{11}} & P_{compra}^{M_{14}} & P_{reventa}^{M_{14}} & P_{consLocal}^{M_6} \end{bmatrix}^T$$

en la que $P_{carga}^{M_{11}}$ y $P_{descarga}^{M_{11}}$ son respectivamente unas potencias de carga y descarga que corresponden a cada elemento de almacenamiento, $P_{compra}^{M_{14}}$ y $P_{reventa}^{M_{14}}$ son respectivamente unas potencias compradas y vendidas que corresponden a cada red de distribución y en la que $P_{consLocal}^{M_6}$ corresponde a las potencias locales producidas por cada elemento del sistema y comidansus localmente.

- 10 - El parámetro de perturbación w se define según el siguiente vector:

$$w = \begin{bmatrix} P_{prod}^{M_6} & E_{vehiculo}^{M_{10}} \end{bmatrix}^T$$

en la que $P_{prod}^{M_6}$ corresponde a las potencias eléctricas producidas localmente por cada fuente de producción local, y $E_{vehiculo}^{M_{10}}$ corresponde a las energías consumidas por cada vehículo eléctrico que incorpora uno o varios elementos de almacenamiento, cuando estos elementos no están conectados al resto del sistema.

- 15 - El parámetro de salida del sistema se define según el siguiente vector:

$$y = \begin{bmatrix} P_{edificio}^{M_{14}} & x & 0 \end{bmatrix}^T$$

en la que $P_{edificio}^{M_{14}}$ corresponde a la potencia suministrada a cada edificio, y x corresponde a los estados de cargas de cada elemento de almacenamiento.

- 20 - La etapa d) de predefinición del problema de optimización consiste en modelizar el comportamiento del sistema para el período temporal dado utilizando la siguiente ecuación:

$$\tilde{Y} = \phi x_0 + \psi \tilde{U} + \xi \tilde{w}$$

en la que x_0 es un estado inicial del sistema, \tilde{Y} , \tilde{U} y \tilde{w} son respectivamente los parámetros de salida, de control y de perturbación del sistema en el periodo temporal dado expresados en forma matricial, y ϕ , ψ y ξ son unas matrices constantes cuyos elementos dependen de las matrices constantes A, B, G, C, D, F .

- 25 - La etapa g) de formulación del problema de optimización comprende al menos la definición de una función objetivo $f(\tilde{U})$ así como la actualización de las restricciones del problema de optimización, expresándose estas restricciones en forma de la siguiente desigualdad:
 30

$$A_{in} \tilde{U} \leq b_{in}$$

en la que \tilde{U} es el parámetro de control en el período temporal dado, A_{in} una matriz dependiente de la matriz ψ , y b_{in} una matriz dependiente de las matrices ψ y ξ , de los valores mínimos \tilde{Y}_{min} y máximos \tilde{Y}_{max} del parámetro de salida \tilde{Y} , y de la variación máxima $\delta \tilde{U}_{max}$ del control \tilde{U} .

- 35 La invención tiene igualmente por objeto un dispositivo de reparto que permite implementar el procedimiento mencionado en el presente documento anteriormente y, más específicamente, un dispositivo de reparto, en el curso de un período temporal dado, de los flujos de energía eléctrica en el seno de un sistema que comprende al menos un elemento productor y un elemento consumidor de energía eléctrica de entre una red de distribución de energía eléctrica adecuada para suministrar y/o recibir energía de los otros elementos del sistema, un elemento de almacenamiento de energía eléctrica adecuado para recibir la producción de energía de los elementos productores de energía y/o para suministrar energía a los elementos consumidores de energía del sistema, un edificio adecuado para consumir una energía producida localmente y/o procedente de la red de distribución y/o procedente de un elemento de almacenamiento, y una fuente de producción de energía eléctrica adecuada para suministrar energía a la red y/o al edificio y/o al elemento de almacenamiento, y que comprende igualmente unos medios de medición del estado de carga de cada elemento de almacenamiento y de las potencias eléctricas producidas y consumidas por cada uno de los elementos del sistema. Este dispositivo está **caracterizado porque** comprende unos medios de cálculo configurados para implementar:
 40
 45

- unas etapas de inicialización que consisten en:

- a) definir unos parámetros físicos de modelización del sistema,
- b) definir un modelo del sistema, bajo la forma de representación de estado utilizando los parámetros físicos determinados en la etapa a),
- 5 c) definir unos parámetros de optimización para la resolución de un problema y
- d) predefinir un problema de optimización, en el período temporal dado, para el reparto de los flujos de energía eléctrica del sistema utilizando el modelo definido en la etapa b), y

- unas etapas iterativas que consisten, en unos instantes de actualización sucesivos del período temporal dado, en:

- 10 e) medir un estado de carga de cada elemento de almacenamiento de la energía eléctrica así como unas potencias de producción y de consumo de energía eléctrica de los diferentes elementos del sistema,
- f) actualizar una previsión del comportamiento de los elementos productores y consumidores del sistema en otro periodo temporal de la misma duración que la duración del período temporal dado y que comienza en un instante de actualización considerado,
- 15 g) definir la formulación del problema de optimización en el otro período temporal,
- h) resolver el problema de la etapa g) utilizando un solucionador, y
- i) aplicar unos controles de reparto de energía eléctrica en el sistema utilizando las soluciones de la etapa h), hasta la siguiente iteración.

Según otros aspectos ventajosos de la invención, el dispositivo de reparto de los flujos de energía eléctrica comprende una o varias de las siguientes características, tomadas aisladamente o según cualquier combinación técnicamente admisible:

- El elemento de almacenamiento comprende al menos una batería de acumuladores dispuesta sobre un vehículo eléctrico.

25 La invención se refiere finalmente a un sistema eléctrico que comprende al menos un elemento productor y un elemento consumidor de energía eléctrica de entre: una red de distribución, un edificio, un elemento de almacenamiento, una fuente de producción local, y que comprende igualmente unos medios de medición tales como los que se han planteado en el presente documento anteriormente. Este sistema comprende un dispositivo de reparto tal como se ha mencionado en el presente documento anteriormente, mientras que la red de distribución de energía eléctrica inteligente comunica dinámicamente con el dispositivo de reparto, particularmente sobre los precios de recompra y de venta de la energía y/o la potencia disponible de la red de distribución y/o la presencia de horas valle de utilización de la energía de la red.

Las características y ventajas de la invención surgirán con la lectura de la descripción que sigue a continuación, dada únicamente a título de ejemplo no limitativo, y realizada en referencia los dibujos adjuntos, en los que:

- 35 - la figura 1 es una representación esquemática del sistema que comprende un dispositivo de reparto de energía eléctrica según la invención conectado a unos elementos productores y consumidores de energía eléctrica,
- la figura 2 es una representación esquemática de los flujos de datos de entrada y de salida hacia y desde la unidad de supervisión visible en la figura 1, y
- la figura 3 es un esquema de bloques de un procedimiento de acuerdo con la invención de reparto de los flujos de energía eléctrica en el seno del sistema visible en la figura 1.

40 En la figura 1, un sistema 2 comprende un edificio 4, una fuente 8 de producción local de energía eléctrica, un vehículo eléctrico 10 equipado con un elemento 11 de almacenamiento de la energía eléctrica, una red eléctrica 14 de distribución, un repartidor 16 y una unidad 18 de supervisión.

En lo que sigue de la descripción y cómo es visible en la figura 1, se denomina LP a un enlace representado en trazo continuo en la figura 1 y que une el repartidor 16 con un elemento del sistema 2 cuya referencia es un entero natural P igual a 4, 8, 10 o 14. Este enlace LP es un enlace conductor apropiado para transportar una energía eléctrica. Igualmente, se denotan respectivamente como EP y E'P los sentidos de transferencia de energía eléctrica de un elemento referenciado P hacia el repartidor 16 y los del repartidor 16 hacia un elemento referenciado P. Por ejemplo, la red de distribución 14 está conectada al repartidor 16 por el enlace L14. La energía transferida desde el edificio 14 hacia el repartidor 16 se indica por E14, mientras que la energía transferida desde el repartidor 16 hacia el edificio 14 se indica por E'14.

Igualmente cada elemento del sistema 2 es adecuado para comunicar a través de los enlaces de datos representados en puntos en la figura 1, en el que P es un entero natural que representa una referencia visible en la figura 1. Por convención se denomina SP a una señal comunicada por el elemento P del sistema 2 hacia la unidad de supervisión 18 y S'P a una señal comunicada desde la unidad de supervisión 18 hacia este elemento P. Por ejemplo, la red eléctrica 14 y la unidad 18 son adecuadas para comunicar en los dos sentidos y se denota como S14 la señal enviada por la red 14 a la unidad 18 y como S'14 la señal enviada desde la unidad hacia la red 14.

El edificio 4 es adecuado para consumir la energía eléctrica producida por la fuente local 8, el elemento de almacenamiento 10, o incluso la red de distribución 14.

5 La fuente local 8 de producción de energía eléctrica E8 es, según el modo de realización visible en la figura 1, una instalación de paneles fotovoltaicos. Como variante, esta fuente de producción comprende unos medios eólicos u otros medios de producción de energía eléctrica tal como una turbina. Esta fuente local puede, por ejemplo, equipar el edificio 4 y/o el vehículo 10. La totalidad de esta energía E8 producida localmente se encamina al repartidor 16 a través del enlace L8.

10 El vehículo eléctrico 10 es adecuado para almacenar en su elemento 11 de almacenamiento una energía eléctrica E'10 producida por los elementos productores 8, 10, 14 del sistema 2 y encaminada por el repartidor 16. En la práctica, este elemento 11 de almacenamiento es una batería de acumuladores y la energía eléctrica E'10 se almacena en la batería 11 para una utilización posterior del vehículo 10. En lo que sigue, se considera que el elemento 11 de almacenamiento es adecuado para almacenar una energía E'10, así como para suministrar una energía E10 al repartidor 16.

15 La red de distribución de energía eléctrica 14 transporta la energía E14 eléctrica que se encamina al repartidor 16. Puede recibir igualmente la energía E'14 eléctrica del repartidor 16 en el caso de la reventa de energía eléctrica producida localmente por los productores 8, 10 del sistema 2. Esta red 14 de distribución eléctrica o "smart grid" se denomina inteligente en la medida en que comunica a la unidad de supervisión 18 unas informaciones que se refieren, por ejemplo, a la evolución de las tarifas de la energía, las potencias disponibles en la red 14, o incluso los períodos de horas valle, tal como se ha representado por la señal S14 en la figura 1.

20 El repartidor 16 se conecta a cada elemento 4, 8, 10, 14, 18 del sistema. Es adecuado para orientar unos flujos de energía eléctrica E4, E'4, E8, E10, E'10, E14, E'14 entre los diferentes elementos productores 4, 8, 10, 14 y/o consumidores 4, 10, 14 del sistema 2, tal como se ha representado en la figura 1.

25 La unidad de supervisión 18 está conectada, de manera análoga al repartidor 16, a cada elemento 4, 8, 10, 14, 16 del sistema 2. Es adecuada para comunicar con estos elementos en los dos sentidos, con el objetivo de recibir unas mediciones de las potencias producidas o consumidas por cada uno de los elementos 4, 8, 10 y 14 y el estado del repartidor 16, a través de las señales S4, S8, S10, S14 y S16, y controlar el comportamiento de cada uno de estos elementos 4, 8, 10, 14, 16 a través de las señales S'4, S'8, S'10, S'14 y S'16.

30 La unidad de supervisión 18 constituye, con el repartidor 16, un dispositivo 20 de reparto de los flujos de energía eléctrica producidos E8, E10, vendido E'14 y consumidos E'4, E'10, E14 en el seno del sistema 2. Con el fin de realizar este reparto, el dispositivo 20 es adecuado para resolver un problema de optimización que permita, a partir de informaciones sobre el comportamiento de los elementos 4, 8, 10 y 14 del sistema 2, definir unos controles de reparto adaptados a los deseos correspondientes del usuario. Estas informaciones y controles son visibles más específicamente en la figura 2.

35 El dispositivo 20 comprende una unidad 210 de configuración, una unidad 220 de optimización y una unidad 230 de proceso repartidas entre los componentes 16 y 18 del dispositivo 20, preferentemente situadas en la unidad 18.

40 La unidad 210 de configuración almacena unos primeros datos 211, unos segundos datos 212 y unos terceros datos 213. Los primeros datos 211 son unos datos de arquitectura del sistema que se refieren, por ejemplo, al número y al tipo de los elementos presentes en el sistema 2, así como a su disposición. Los segundos datos 212 son unos parámetros físicos de los elementos del sistema 2 que dimensionan la producción y/o el consumo de los diferentes elementos. Por ejemplo, dichos parámetros físicos son la capacidad de almacenamiento de la batería 11, o incluso la potencia suscrita en la red.

45 Los terceros datos 213 son unos parámetros de optimización que se utilizan para el cálculo del reparto de energía en el sistema 2. Estos datos 213 comprende la duración de un periodo temporal dado T_{total} para el que se define el problema de optimización, la duración de un período T_{actu} de actualización que corresponde al periodo que separa dos resoluciones de problemas de optimización consecutivos, una duración que separa dos instantes k y $k+1$, o incluso una función objetivo que se determinará según el modo de reparto energético deseado, como por ejemplo un reparto que minimice la compra de energía eléctrica a la red 14 de distribución.

50 En lo que sigue de la descripción, se considera un modo de realización en el que el periodo temporal T_{total} tiene una duración de veinticuatro horas, el periodo de actualización T_{actu} tiene una duración de diez minutos y la duración que separa dos instantes k y $k+1$ es de un minuto.

Los datos de la unidad 210 de configuración se modifican únicamente durante la modificación, la adición o la retirada de un elemento del sistema 2, o durante una modificación de los parámetros de optimización.

55 La unidad 220 de optimización realiza, según el periodo de actualización T_{actu} , es decir en este caso cada diez minutos, un cálculo iterativo que utiliza los datos 211, 212, 213, que son independientes del tiempo. Por otro lado, la unidad 220 de optimización utiliza para este mismo cálculo los datos de un grupo 300 de módulos 310, 320, 330, 340 que se actualizan al final de cada periodo de actualización T_{actu} , es decir cada diez minutos.

Este grupo 300 comprende un primer módulo 310 que comprende las estimaciones de producción de cada elemento productor de energía del sistema en el próximo periodo temporal T_{total} , es decir, las próximas veinticuatro horas, un segundo módulo 320 que comprende las estimaciones de consumo de los elementos consumidores de energía del sistema 2 en las próximas veinticuatro horas, un tercer módulo 330 que comprende los datos sobre el consumo y la producción de las próximas veinticuatro horas previstas para el vehículo 10 y un cuarto módulo 340 que comprende unos datos sobre el comportamiento de la red de distribución 14 para las próximas veinticuatro horas. Por ejemplo, los datos de producción y de consumo de los elementos 4, 8, 10 y 14 del sistema 2 son unos perfiles de producción y de consumo estimados que pueden tener en cuenta unos parámetros meteorológicos, si es necesario. Estos datos son accesibles, por ejemplo a partir de un servidor no representado en las figuras, a través de una conexión de Internet, o incluso cualquier otro tipo de conexión dedicada a la transferencia de estos datos. A título de ejemplo incluso, estos datos pueden provenir de una estación local, por ejemplo meteorológica, para la previsión del comportamiento de los productores 8 de energía local.

La unidad de optimización comunica igualmente con una unidad 230 de proceso cuyo objetivo es adaptar las consignas 221 de potencia de la unidad 220 de optimización en función de la medida de las potencias eléctricas reales 231 de los elementos del sistema 2.

La unidad 220 de optimización es el órgano de cálculo central del dispositivo 20 de reparto. Utiliza los datos 211, 212, 213 de la unidad 210 de configuración, los datos de actualización del grupo 300 de módulos 310, 320, 330, 340 y las medidas de las potencias reales 231, con el fin de determinar las consignas 221 de potencia para el reparto de la energía en el sistema 2.

La unidad 230 de proceso compara las consignas 221 y las medidas de las potencias 231, con el fin de establecer un control 232 de los flujos de potencia. Este control 232 está compuesto del conjunto de las señales S'4, S'8, S'10, S'14, S'16 de control de los flujos de potencia.

El procedimiento comprende una primera fase 1000 de inicialización y una segunda fase 2000 de cálculo iterativo.

La fase de inicialización 1000 comprende una primera etapa 1100 de definición de los parámetros físicos 212 de modelización del sistema, una segunda etapa 1200 de definición de un modelo del sistema, en la forma de representación de estado utilizando los parámetros físicos 212 determinados en la etapa 1100 así como los datos 211 de la arquitectura del sistema, una tercera etapa 1300 de definición de los parámetros de optimización 213, y una cuarta y última etapa 1400 de predefinición de un problema de optimización, en el periodo temporal T_{total} determinado durante la etapa 1300 y que en este caso es de veinticuatro horas, utilizando el modelo definido en la etapa 1200.

En la primera etapa 1100, se definen los parámetros físicos 212 del sistema 2, es decir que se determina, para cada elemento 4, 8, 10 y 14 del sistema 2, unas magnitudes físicas que dimensionan su consumo o su producción de energía eléctrica, y por tanto el reparto de energía en el sistema 2. Para el vehículo 10 por ejemplo, estos parámetros comprenden el rendimiento de la batería 11 de acumuladores. En la segunda etapa 1200, se define un modelo del sistema 2 utilizando la representación de estado definida por el siguiente sistema de ecuaciones [1]:

$$\begin{cases} x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + Gw_k \\ y_k = Cx_k + Du_k + Fw_k \end{cases} \quad [1]$$

en la que x_k y x_{k+1} son los estados x del sistema en unos instantes k y $k+1$, separados en el ejemplo por un minuto, y_k es un parámetro y de salida del sistema en el instante k , u_k es un parámetro de control u en el instante k , w_k es una perturbación w en el instante k y A, B, G, C, D, F son unas matrices constantes.

En el ejemplo de realización que se ha descrito, el estado del sistema x es el estado de carga de la batería 11. El parámetro de control u se define según la siguiente ecuación [2]:

$$u = \begin{bmatrix} P_{carga} & P_{descarga} & P_{compra} & P_{venta} & P_{consLocal} \end{bmatrix}^T \quad [2]$$

en la que P_{carga} y $P_{descarga}$ son unas potencias de carga y descarga del elemento 11 de almacenamiento, P_{compra} y P_{venta} son unas potencias compradas y vendidas a la red 14 de distribución, y/o $P_{consLocal}$ es una potencia consumida localmente. En la ecuación [2] y en lo que sigue de la descripción, el exponente T se utiliza para designar la transposición de una matriz. Esta ecuación [2] es un caso particular de la ecuación general [2bis] siguiente que define el parámetro de control u para un número cualquiera de elementos de almacenamiento 11, de redes 14 y de fuentes de producción de energía local 8:

$$u = \begin{bmatrix} P_{carga}^{M_{11}} & P_{descarga}^{M_{11}} & P_{compra}^{M_{14}} & P_{venta}^{M_{14}} & P_{consLocal}^{M_8} \end{bmatrix}^T \quad [2bis]$$

en la que $P_{carga}^{M_{11}}$ y $P_{carga}^{M_{11}}$ son respectivamente unas potencias de carga y descarga que corresponden a cada elemento 11 de almacenamiento, $P_{compra}^{M_{14}}$ y $P_{venta}^{M_{14}}$ son respectivamente unas potencias compradas y vendidas que corresponden a cada red de distribución 14 y en la que $P_{consLocal}^{M_8}$ corresponde a las potencias locales producidas por cada elemento 8, 10 del sistema 2 y consumidas localmente.

5 El parámetro de perturbación w se define según la siguiente ecuación [3]:

$$w = \begin{bmatrix} P_{prod} & E_{vehículo} \end{bmatrix}^T \quad [3]$$

10 en la que P_{prod} es una potencia producida localmente y $E_{vehículo}$ una energía consumida por el vehículo 10 eléctrico que incorpora el elemento 11 de almacenamiento cuando el elemento de almacenamiento no está conectado al resto del sistema, es decir cuando el vehículo 10 está en curso de utilización. Esta ecuación [3] es un caso particular de la siguiente ecuación [3bis] general:

$$w = \begin{bmatrix} P_{prod}^{M_8} & E_{vehículo}^{M_{10}} \end{bmatrix}^T \quad [3bis]$$

en la que $P_{prod}^{M_8}$ corresponde a las potencias eléctricas producidas localmente por cada fuente 8 de producción local, y $E_{vehículo}^{M_{10}}$ corresponde a las energías consumidas por cada vehículo 10 eléctrico que incorpora uno o varios elementos de almacenamiento 11, cuando estos elementos no están conectados al resto del sistema 2.

15 El parámetro de salida del sistema y se define según la siguiente ecuación [4]:

$$y = \begin{bmatrix} P_{edificio} & x & 0 \end{bmatrix}^T \quad [4]$$

en la que $P_{edificio}$ es una potencia suministrada al edificio 4 y x el estado de carga de la batería 11. Esta ecuación [4] es un caso particular de la siguiente ecuación [4bis]:

$$y = \begin{bmatrix} P_{edificio}^{M_4} & x & 0 \end{bmatrix}^T \quad [4bis]$$

20 en la que $P_{edificio}^{M_4}$ corresponde a la potencia suministrada a cada edificio 4, y x corresponde a los estados de cargas de cada elemento 11 de almacenamiento.

25 En el curso de la etapa 1300, la unidad 18 define los parámetros 213 de optimización. Esta etapa 1300 comprende la elección de la duración tenida en cuenta para la definición del problema de optimización, es decir veinticuatro horas en el ejemplo considerado, del periodo de actualización T_{actu} del bucle iterativo de la fase 2000, es decir diez minutos en el ejemplo considerado, y de la separación entre dos instantes k y $k+1$, es decir un minuto en el ejemplo considerado. Esta etapa 1300 comprende igualmente la definición de una función objetivo para la definición del problema de optimización. Se observará que si el periodo temporal T_{total} es más largo y/o el periodo de actualización T_{actu} es más corto y/o la separación entre dos instantes es más corta, entonces el tiempo de cálculo es mayor, de ahí la importancia de un precálculo en la fase 1000 de las matrices ϕ , ψ , ξ que servirán en cada iteración de la fase 2000.

30 Durante la última etapa 1400 de la fase de inicialización 1000, la unidad 18 predefine un problema de optimización para el reparto de los flujos de energía E_4 , E_8 , E_{10} , E_{14} , E'_{10} , E'_{14} eléctrica del sistema 2 en el periodo temporal T_{total} , utilizando el modo definido en la etapa 1200. La predefinición de este problema de optimización consiste en generalizar la representación de estado dada por el sistema de ecuaciones [1] para obtener la siguiente ecuación matricial [5]:

$$\tilde{Y} = \phi x_0 + \psi \tilde{U} + \xi \tilde{w} \quad [5]$$

35 en la que x_0 es un estado inicial del sistema, \tilde{Y} , \tilde{U} y \tilde{w} son respectivamente unos parámetros de salida, de control y de perturbación del sistema para una duración de veinticuatro horas expresados en forma matricial, y ϕ , ψ y ξ son unas matrices constantes cuyos elementos dependen de las matrices constantes A , B , G , C , D y F definidas durante la etapa 1200. Siendo la ecuación [5] la generalización de una representación de estado del sistema de ecuaciones [1], el parámetro \tilde{U} se compone de vectores de control u_0 , u_k , u_{k+1} , ... u_{k+n} , siendo n un número natural, que definen la serie de controles a aplicar en el período T_{total} . Igualmente, las matrices \tilde{Y} y \tilde{w} están compuestas respectivamente de salidas y_0 , y_k , y_{k+1} , ... y_{k+n} y de perturbaciones w_0 , w_k , w_{k+1} , ... w_{k+n} a considerar en el periodo T_{total} de veinticuatro horas. En la práctica las matrices ϕ , ψ y ξ se definen respectivamente por las siguientes ecuaciones [6], [7] y [8]:

$$\phi = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \\ \vdots \\ CA^N \end{bmatrix} \quad [6]$$

$$\psi = \begin{bmatrix} D & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ CB & D & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ CAB & CB & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ CA^{N-1}B & \dots & \dots & CAB & CB & D \end{bmatrix} \quad [7]$$

$$\xi = \begin{bmatrix} F & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ CG & F & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ CAG & CF & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ CA^{N-1}G & \dots & \dots & CAG & CG & F \end{bmatrix} \quad [8]$$

5 El interés de la predicción del problema, es decir del establecimiento de las matrices ϕ , ψ y ξ , es no calcular más que una única vez estas matrices que se utilizarán en cada iteración de la fase 2000, con el objetivo de conseguir memoria y tiempo del cálculo efectuado por la unidad de optimización 220.

10 La fase iterativa 2000 comprende una quinta etapa 2100 de activación de la iteración, una sexta etapa 2200 de medición de las potencias eléctricas del sistema, una séptima etapa 2300 de actualización de los datos del grupo 300 de módulos 310, 320, 330, 340, una octava etapa 2400 de definición del problema de optimización, una novena etapa 2500 de resolución del problema definido en la etapa 2400 y una décima etapa 2600 de aplicación de los controles de reparto de la energía procedentes de los resultados de la etapa 2500.

Durante la quinta etapa 2100, se pone en espera la fase iterativa 2000 hasta la llegada de un nuevo instante de actualización t , es decir durante diez minutos.

15 Durante la primera etapa 2200 que se desencadena cuando se alcanza un instante de actualización, se recuperan las mediciones de las potencias consumidas y producidas por cada uno de los elementos del sistema 2, así como el estado de carga de la batería 11. Esta etapa 2200 permite actualizar el comportamiento de los diferentes elementos del sistema 2 con el fin de resolver el problema de optimización. En la práctica, medir las diferentes potencias y el estado de carga de la batería permite identificar los vectores u , w , y además de la magnitud x , lo que permite de ese modo obtener la representación del estado definida por el sistema de ecuaciones [1] para el instante corriente de actualización.

20 La etapa 2300 consiste en actualizar la previsión de los parámetros del sistema 2 en el periodo T_{total} , es decir en las próximas veinticuatro horas. Esta etapa consiste en la actualización de los perfiles de producción y de consumo de energía para cada uno de los elementos 4, 8, 10, 14 del sistema 2, la actualización de los datos vinculados al consumo y a la utilización planificada del vehículo eléctrico 10, así como la actualización de las restricciones que tratan sobre el parámetro de control \tilde{U} , el parámetro de salida \tilde{Y} , el parámetro de perturbación \tilde{w} , así como sobre una variación $\delta\tilde{U}$ entre dos matrices \tilde{U} calculadas en dos instantes consecutivos k y $k+1$. Esta actualización se efectúa mediante la integración de los datos actualizados del grupo 300 de módulos 310, 320, 330, 340 y permite efectuar una predicción sobre la evolución de las potencias consumidas y producidas en las próximas veinticuatro horas, y por tanto establecer las matrices \tilde{Y} y \tilde{w} .

30 Durante la etapa 2400, la unidad 18 formula el problema de optimización. De acuerdo con los métodos conocidos de definición de un problema de ese tipo, esta etapa 2400 comprende la actualización de la función objetivo $f(\tilde{U})$ definida durante la etapa 1300, en la que \tilde{U} es el parámetro de control del sistema 2 para las próximas veinticuatro horas. Todas las restricciones actualizadas anteriormente se expresan en la forma de la siguiente desigualdad [9]:

$$A_{in}U \leq b_{in} \quad [9]$$

35 en la que \tilde{U} es el parámetro de control obtenido mediante la resolución del problema de optimización durante la etapa 2500, la matriz A_{in} se define según la siguiente ecuación [10]:

$$A_{in} = \begin{bmatrix} \Psi \\ -\Psi \\ D_{T_{total}+1} \\ -D_{T_{total}+1} \\ \begin{bmatrix} I_{N_u} & O_{N_u \times N_u \cdot T_{total}} \\ -I_{N_u} & O_{N_u \times N_u \cdot T_{total}} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad [10]$$

con

$$D_{T_{total}+1} = \begin{bmatrix} I_{N_u} & -I_{N_u} & 0_{N_u} & \dots & \dots & 0_{N_u} \\ 0_{N_u} & I_{N_u} & -I_{N_u} & & & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & \ddots & 0_{N_u} \\ 0_{N_u} & \dots & \dots & 0_{N_u} & I_{N_u} & -I_{N_u} \end{bmatrix}$$

5 y en la que ψ es la matriz definida en la ecuación [7], I_{N_u} es una matriz identidad de dimensión N_u , $0_{N_u \times N_u \cdot T_{total}}$ es una matriz nula que comprende N_u líneas y $N_u \cdot T_{total}$ columnas, siendo N_u el número de controles del parámetro \tilde{U} , y la matriz b_{in} se define según la siguiente ecuación [11]:

$$b_{in} = \begin{bmatrix} \tilde{Y}_{max} - \phi x_0 - \xi \tilde{w} \\ -\tilde{Y}_{min} + \phi x_0 + \xi \tilde{w} \\ \delta \tilde{U}_{max} \\ \delta \tilde{U}_{max} \\ \delta U_0 + U_{-1} \\ \delta U_0 - U_{-1} \end{bmatrix} \quad [11]$$

10 en la que \tilde{Y}_{max} e \tilde{Y}_{min} son los parámetros de la salida \tilde{Y} máximo y mínimo para el periodo T_{total} , $\delta \tilde{U}_{max}$ es la variación del control máximo permitido entre dos instantes k y $k+1$, δU_0 es la variación del control máxima permitida en el primer instante, y U_{-1} es el último control aplicado. En la práctica y en el ejemplo considerado, la primera iteración desencadena, en un instante t_0 , la formulación del problema de optimización para un periodo T_{total} de veinticuatro horas que se extienden de t_0 a t_0+T_{total} . Durante esta iteración y con la ayuda de las previsiones sobre las potencias producidas y consumidas del sistema 2, se calculan los controles óptimos a efectuar durante las veinticuatro próximas horas de manera que se satisfaga la función objetivo $f(\tilde{U})$ del problema de optimización. Esta función objetivo $f(\tilde{U})$ dependiente de los deseos del usuario se determina, por ejemplo, de manera que reduzca la factura de electricidad, que minimice las emisiones de CO₂, que venda en el mejor momento su energía producida, o incluso para favorecer la utilización de la totalidad de la energía producida localmente.

15 Durante la etapa 2500, la unidad 18 resuelve el problema definido durante la etapa 2400 con la ayuda de un solucionador de problemas de programación lineal.

20 Se obtiene de ese modo la matriz de control \tilde{U} buscada para satisfacer durante veinticuatro horas los objetivos de reparto definidos en el problema de optimización a través de la función objetivo.

25 Durante la etapa 2600, la unidad 18 envía las consignas 221 de potencias a la unidad 230 de proceso que, con la ayuda de las mediciones de potencias 231 del sistema 2, aplica unos controles de potencias reguladas hasta el próximo instante de actualización, es decir durante diez minutos. Se itera la fase 2000 cada diez minutos de manera que las predicciones realizadas durante la etapa 2300 sean las más próximas posibles a la realidad.

De ese modo, después de la primera iteración, la unidad 18 formula el problema de optimización en un instante $t_1 = t_0 + T_{actu}$. En particular, en la etapa 2400, la unidad 18 formula el problema de optimización para un periodo temporal T_{total}^* de veinticuatro horas que va de t_1 a $t_0 + T_{actu} + T_{total}$. En cada iteración, el instante de cálculo t se desfasa en T_{actu} y el período de veinticuatro horas se desfasa otro tanto.

30 El procedimiento permite de ese modo, cada diez minutos, encontrar los controles óptimos de reparto de los flujos energéticos del sistema 2 con el fin de resolver el problema de optimización bajo las restricciones definidas en la etapa 2400. De ese modo, el procedimiento tiene en cuenta las especificidades propias de cada elemento 4, 8, 10, 11, 14 del sistema 2 y su evolución en el transcurso del tiempo para ofrecer el control más apropiado.

35 Exceptuando eventualmente la primera etapa 1100, todas las etapas 1200, 1300, 1400, 2100, 2200, 2300, 2400, 2500, 2600 del procedimiento de reparto de los flujos de energía eléctrica se realizan de manera automática por la unidad de supervisión 18.

Se concibe de ese modo que el sistema de reparto parametrizable es más preciso, adaptable y conveniente para un sistema que comprende una diversidad de fuentes y de tipos de producción de energía eléctrica.

5 En el modo de realización descrito, la duración del periodo temporal T_{total} , la duración del periodo de actualización T_{actu} , y la separación entre dos instantes k y $k+1$ se ha fijado arbitrariamente respectivamente en veinticuatro horas, diez minutos y un minuto. Estos pueden tomar otros valores.

10 El modo de realización elegido se basa en un sistema 2 que comprende una red, una fuente local de energía, un edificio y un vehículo eléctrico provisto de una batería de acumuladores. Como variante, el sistema 2 puede no comprender un vehículo y comprender únicamente uno (o varios) elemento(s) de almacenamiento 11 directamente conectado(s) al repartidor 16. En este caso, el elemento 11 de almacenamiento puede ser fijo y, por ejemplo, estar situado en otro elemento del sistema 2 tal como el edificio 4. En otras variantes, el sistema 2 puede comprender uno o varios de los elementos 4, 8, 10, 11, 14 del sistema según cualquier combinación técnicamente admisible.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento, (1000, 2000) de reparto, en el curso de un periodo temporal dado (T_{total}), de los flujos de energía eléctrica (E'4, E8, E10, E'10, E14, E'14) en el seno de un sistema (2) que comprende:

- al menos un elemento productor y un elemento consumidor de energía eléctrica entre los siguientes elementos:
 - 5 - una red (14) de distribución de energía eléctrica adecuada para suministrar y/o recibir energía de los otros elementos (4, 8, 10) del sistema (2),
 - un elemento (11) de almacenamiento de energía eléctrica adecuado para recibir la producción de energía (E8, E14) de los elementos (8, 14) productores del sistema (2) y/o para suministrar energía (E10) a los elementos (4, 14) consumidores de energía del sistema (2),
 - 10 - un edificio (4) adecuado para consumir una energía (E8, E10, E14) producida localmente y/o procedente de la red (14) de distribución y/o procedente de un elemento (11) de almacenamiento,
 - una fuente (8) de producción local de energía eléctrica adecuada para suministrar energía a la red (14) y/o al edificio (4) y/o al elemento (11) de almacenamiento, y
 - unos medios (18) de medición del estado de carga de cada elemento (11) de almacenamiento y de unas potencias eléctricas producidas y consumidas por cada uno de los elementos (4, 8, 10, 14) del sistema (2),
 - 15

caracterizado porque el procedimiento comprende al menos las siguientes etapas:

- unas etapas (1100, 1200, 1300, 1400) de inicialización que consisten en:
 - a) definir (1100) unos parámetros físicos (212) de modelización del sistema, siendo los parámetros físicos unas magnitudes físicas que dimensionan el consumo o la producción de energía del elemento productor y del elemento consumidor,
 - 20 b) definir (1200) un modelo del sistema, bajo la forma de representación de estado utilizando los parámetros físicos (212) determinados en la etapa a), definiéndose el modelo del sistema con la siguiente representación de estado:

$$\begin{cases} x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + Gw_k \\ y_k = Cx_k + Du_k + Fw_k \end{cases}$$

25 en la que x_k y x_{k+1} son los estados x del sistema en unos instantes k y $k+1$, y_k es un parámetro y de salida del procedimiento en el instante k , u_k es un parámetro de control u en el instante k , w_k es un parámetro de perturbación w en el instante k y A, B, G, C, D, F son unas matrices constantes.

30 c) definir (1300) unos parámetros de optimización (213) para la resolución de un problema de optimización, y d) predefinir (1400) el problema de optimización, en el periodo temporal (T_{total}) dado, para el reparto de los flujos de energía eléctrica (E'4, E8, E10, E'10, E14, E'14) del sistema 2 utilizando el modelo definido en la etapa b), consistiendo la predefinición del problema de optimización en modelizar el comportamiento del sistema para el periodo temporal (T_{total}) dado utilizando la siguiente ecuación:

$$\tilde{Y} = \phi x_0 + \psi \tilde{U} + \xi \tilde{W}$$

35 en la que x_0 es un estado inicial del sistema, \tilde{Y} , \tilde{U} y \tilde{W} son respectivamente unos parámetros de salida, de control y de perturbación del sistema en una duración temporal (T_{total}) dada expresados en forma matricial, y ϕ, ψ y ξ son unas matrices constantes cuyos elementos dependen de las matrices constantes A, B, G, C, D y F , y

- unas etapas (2200, 2300, 2400, 2500, 2600) iterativas que consisten, en unos instantes de actualización sucesivos ($t_0, t_0+T_{actu}, t_0+2T_{actu}, \dots$) del periodo temporal dado (T_{total}), en:

- e) medir (2200) un estado de carga (x) de cada elemento (11) de almacenamiento de la energía eléctrica, así como unas potencias de producción y de consumo de energía eléctrica (E'4, E8, E10, E'10, E14, E'14) de los diferentes elementos (4, 8, 10, 14) del sistema (2),
- f) actualizar (2300) una previsión del comportamiento de los elementos productores y consumidores (4, 8, 10, 14) del sistema (2) en otro periodo temporal (T'_{total}) de igual duración que la duración del periodo temporal dado (T_{total}) y que comienza en un instante de actualización considerado ($t_0, t_0+T_{actu}, t_0+2T_{actu}, \dots$),
- 45 g) en definir (2400) la formulación del problema de optimización en el otro periodo temporal (T'_{total}), comprendiendo la formulación del problema de optimización al menos la definición de una función objetivo $f(\tilde{U})$ así como la actualización de las restricciones del problema de optimización, expresándose estas restricciones en forma de la siguiente desigualdad:

$$A_{in} \tilde{U} \leq b_{in}$$

en la que \tilde{U} es el parámetro de control en el período temporal dado, A_{in} una matriz dependiente de la matriz ψ , y b_{in} una matriz dependiente de las matrices ψ y ξ , de los valores mínimos \tilde{Y}_{min} y máximos \tilde{Y}_{max} del parámetro de salida \tilde{Y} , y de la variación máxima $\delta\tilde{U}_{max}$ del control \tilde{U} ,

5 h) resolver (2500) el problema de la etapa g) utilizando un solucionador, y
 i) aplicar (2600) unos controles (u) de reparto de las energías eléctricas en el sistema (2) utilizando las soluciones de la etapa h), hasta la siguiente iteración.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la etapa a) comprende la definición de parámetros que permiten determinar un perfil de producción y/o de consumo de al menos un elemento (4, 8, 10, 14) del sistema (2) en el periodo temporal (T_{total}).

10 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la etapa c) de definición de los parámetros de optimización (213) comprende al menos la definición del periodo temporal (T_{total}) y de un período de actualización (T_{actu}) que define la duración entre dos etapas iterativas.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las matrices ϕ , ψ y ξ se definen respectivamente mediante las siguientes ecuaciones:

15

$$\phi = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \\ \vdots \\ CA^N \end{bmatrix} \quad \psi = \begin{bmatrix} D & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ CB & D & \ddots & & & \vdots \\ CAB & CB & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & & & & & 0 \\ CA^{N-1}B & \dots & \dots & CAB & CB & D \end{bmatrix}$$

$$\xi = \begin{bmatrix} F & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ CG & F & \ddots & & & \vdots \\ CAG & CF & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & & & & & 0 \\ CA^{N-1}G & \dots & \dots & CAG & CG & F \end{bmatrix}$$

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el estado x del sistema corresponde al estado de carga de cada elemento (11) de almacenamiento de la energía eléctrica.

20 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el parámetro de control u se define según el siguiente vector:

$$u = \left[P_{carga}^{M_{11}} \quad P_{descarga}^{M_{11}} \quad P_{compra}^{M_{14}} \quad P_{reventa}^{M_{14}} \quad P_{consLocal}^{M_b} \right]^T$$

en la que $P_{carga}^{M_{11}}$ y $P_{descarga}^{M_{11}}$ son respectivamente unas potencias de carga y descarga que corresponden a cada elemento (11) de almacenamiento, $P_{compra}^{M_{14}}$ y $P_{reventa}^{M_{14}}$ son respectivamente unas potencias compradas y vendidas que corresponden a cada red de distribución (14) y en la que $P_{consLocal}^{M_b}$ corresponde a las potencias locales producidas por cada elemento (8, 10) del sistema (2) y consumidas localmente.

25 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el parámetro de perturbación w se define según el siguiente vector:

$$w = \left[P_{prod}^{M_b} \quad E_{vehiculo}^{M_{10}} \right]^T$$

en la que $P_{prod}^{M_b}$ corresponde a las potencias eléctricas producidas localmente por cada fuente (8) de producción local, y $E_{vehiculo}^{M_{10}}$ corresponde a las energías consumidas por cada vehículo (10) eléctrico que incorpora uno o varios elementos de almacenamiento (11), cuando estos elementos no están conectados al resto del sistema (2).

30 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el parámetro de salida del sistema se define según el siguiente vector:

$$y = \left[P_{edificio}^{M_s} \quad x \quad 0 \right]^T$$

en la que $P_{edificio}^{M_4}$ corresponde a la potencia suministrada a cada edificio (4), y x corresponde a los estados de cargas de cada elemento (11) de almacenamiento.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la matriz A_{in} se define según la siguiente ecuación:

$$5 \quad A_{in} = \begin{bmatrix} \Psi \\ -\Psi \\ D_{T_{total}+1} \\ -D_{T_{total}+1} \\ \begin{bmatrix} I_{N_u} & O_{N_u \times N_u \cdot T_{total}} \\ -I_{N_u} & O_{N_u \times N_u \cdot T_{total}} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad \text{con } D_{T_{total}+1} = \begin{bmatrix} I_{N_u} & -I_{N_u} & 0_{N_u} & \dots & \dots & 0_{N_u} \\ 0_{N_u} & I_{N_u} & -I_{N_u} & & & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \ddots & \ddots & 0_{N_u} \\ 0_{N_u} & \dots & \dots & 0_{N_u} & I_{N_u} & -I_{N_u} \end{bmatrix}$$

e I_{N_u} es una matriz identidad de dimensión N_u , $O_{N_u \times N_u \cdot T_{total}}$ es una matriz nula que comprende N_u líneas y $N_u \cdot T_{total}$ columnas, siendo N_u el número de controles del parámetro \tilde{U} ,

y **porque** la matriz b_{in} se define según la siguiente ecuación:

$$b_{in} = \begin{bmatrix} \tilde{Y}_{max} - \phi x_0 - \xi \tilde{w} \\ -\tilde{Y}_{min} + \phi x_0 + \xi \tilde{w} \\ \delta \tilde{U}_{max} \\ \tilde{U}_{max} \\ \delta U_0 + U_{-1} \\ \delta U_0 - U_{-1} \end{bmatrix}$$

10 en la que \tilde{Y}_{min} son los parámetros de la salida \tilde{Y} máximo y mínimo para el periodo T_{total} , $\delta \tilde{U}_{max}$ es la variación del control máximo permitida entre dos instantes k y k+1, δU_0 es la variación del control máxima permitida en el primer instante, y U_{-1} es el último control aplicado.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la etapa f) de actualización de la previsión del comportamiento de los elementos productores y consumidores consiste en la actualización de los perfiles de producción y de consumo de energía para cada uno de los elementos (4, 8, 10, 14) del sistema (2), y la actualización de restricciones que se refieren al parámetro de control (\tilde{U}), al parámetro de salida (\tilde{Y}), al parámetro de perturbación (\tilde{w}), así como a una variación ($\delta \tilde{U}$) entre dos matrices \tilde{U} calculadas en dos instantes consecutivos k y k+1.

11. Dispositivo de reparto, en el transcurso de un periodo temporal dado (T_{total}), de los flujos de energía eléctrica (E'4, E8, E10, E'10, E14, E'14) en el seno del sistema (2) que comprende:

- al menos un elemento productor y un elemento consumidor de energía eléctrica entre los siguientes elementos:
 - una red (14) de distribución de energía eléctrica adecuada para suministrar y/o recibir energía de los otros elementos (4, 8, 10) del sistema (2),
 - un elemento (11) de almacenamiento de energía eléctrica adecuado para recibir la producción de energía (E8, E14) de los elementos (8, 14) productores de energía del sistema (2) y/o para suministrar energía (E10) a los elementos (4, 14) consumidores de energía del sistema (2),
 - un edificio (4) adecuado para consumir una energía (E8, E10, E14) producida localmente y/o procedente de la red (14) de distribución y/o procedente de un elemento (11) de almacenamiento,
 - una fuente (8) de producción local de energía eléctrica adecuada para suministrar energía a la red (11) y/o al edificio (4) y/o al elemento (11) de almacenamiento, y
- unos medios (18) de medición del estado de carga de cada elemento (11) de almacenamiento y de unas potencias eléctricas producidas y consumidas por cada uno de los elementos (4, 8, 10, 14) del sistema (2),

caracterizado porque este dispositivo de reparto comprende unos medios de cálculo configurados para realizar al menos:

- unas etapas (1100, 1200, 1300, 1400) de inicialización que consisten en:
 - a) definir (1100) unos parámetros físicos (212) de modelización del sistema, siendo los parámetros físicos unas magnitudes físicas que dimensionan el consumo o la producción de energía del elemento productor y del elemento consumidor,
 - b) definir (1200) un modelo del sistema, bajo la forma de representación de estado utilizando los parámetros

físicos (212) determinados en la etapa a), definiéndose el modelo del sistema con la siguiente representación de estado:

$$\begin{cases} \mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{A}\mathbf{x}_k + \mathbf{B}\mathbf{u}_k + \mathbf{G}\mathbf{w}_k \\ \mathbf{y}_k = \mathbf{C}\mathbf{x}_k + \mathbf{D}\mathbf{u}_k + \mathbf{F}\mathbf{w}_k \end{cases}$$

5 en la que \mathbf{x}_k y \mathbf{x}_{k+1} son los estados \mathbf{x} del sistema en unos instantes k y $k+1$, \mathbf{y}_k es un parámetro y de salida del procedimiento en el instante k , \mathbf{u}_k es un parámetro de control \mathbf{u} en el instante k , \mathbf{w}_k es un parámetro de perturbación \mathbf{w} en el instante k y \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{G} , \mathbf{C} , \mathbf{D} , \mathbf{F} son unas matrices constantes.

c) definir (1300) unos parámetros de optimización (213) para la resolución de un problema de optimización, y d) predefinir (1400) el problema de optimización, en el periodo temporal (T_{total}) dado, para el reparto de los flujos de energía eléctrica (E'4, E8, E10, E'10, E14, E'14) del sistema (2) utilizando el modelo definido en la etapa b), consistiendo la predefinición del problema de optimización en modelizar el comportamiento del sistema para el periodo temporal (T_{total}) dado utilizando la siguiente ecuación:

$$\tilde{\mathbf{Y}} = \phi\mathbf{x}_0 + \psi\tilde{\mathbf{U}} + \xi\tilde{\mathbf{w}}$$

15 en la que \mathbf{x}_0 es un estado inicial del sistema, $\tilde{\mathbf{Y}}$, $\tilde{\mathbf{U}}$ y $\tilde{\mathbf{w}}$ son respectivamente unos parámetros de salida, de control y de perturbación del sistema en una duración temporal (T_{total}) dada expresados en forma matricial, y ϕ , ψ y ξ son unas matrices constantes cuyos elementos dependen de las matrices constantes \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{G} , \mathbf{C} , \mathbf{D} y \mathbf{F} , y

- unas etapas (2200, 2300, 2400, 2500, 2600) iterativas que consisten, en unos instantes de actualización sucesivos (t_0 , t_0+T_{total} , ...) del periodo temporal dado (T_{total}), en:

20 e) medir (2200) un estado de carga (\mathbf{x}) de cada elemento (11) de almacenamiento de la energía eléctrica, así como unas potencias de producción y de consumo de energía eléctrica de los diferentes elementos (4, 8, 10, 14) del sistema (2),

f) actualizar (2300) una previsión del comportamiento de los elementos productores y consumidores (4, 8, 10, 14) del sistema (2) en otro periodo temporal (T'_{total}) de igual duración que la duración del periodo temporal dado (T_{total}) y que comienza en un instante de actualización (t_0 , t_0+T_{actu} , t_0+2T_{actu} , ...) considerado,

25 g) en definir (2400) la formulación del problema de optimización en el otro periodo temporal (T'_{total}), comprendiendo la formulación del problema de optimización al menos la definición de la función objetivo $f(\tilde{\mathbf{U}})$ así como la actualización de las restricciones del problema de optimización, expresándose estas restricciones en forma de la siguiente desigualdad:

$$\mathbf{A}_{in}\tilde{\mathbf{U}} \leq \mathbf{b}_{in}$$

30 en la que $\tilde{\mathbf{U}}$ es el parámetro de control en el periodo temporal dado, \mathbf{A}_{in} una matriz dependiente de la matriz ψ , y \mathbf{b}_{in} una matriz dependiente de las matrices ψ y ξ , de los valores mínimos $\tilde{\mathbf{Y}}_{min}$ y máximos $\tilde{\mathbf{Y}}_{max}$ del parámetro de salida $\tilde{\mathbf{Y}}$, y de la variación máxima $\delta\tilde{\mathbf{U}}_{max}$ del control $\tilde{\mathbf{U}}$,

h) resolver (2500) el problema de la etapa g) utilizando un solucionador, y

35 i) aplicar (2600) unos controles de reparto de las energías eléctricas en el sistema utilizando las soluciones de la etapa h), hasta la siguiente iteración.

12. Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado porque** el elemento de almacenamiento comprende al menos una batería (11) de acumuladores dispuesta en un vehículo (10) eléctrico.

13. Sistema eléctrico (2) que incorpora al menos:

- un elemento productor y un elemento consumidor de energía eléctrica entre los siguientes elementos:

40 - una red (14) de distribución de energía eléctrica adecuada para suministrar y/o recibir energía de los otros elementos (4, 8, 10) del sistema (2),

- un elemento (11) de almacenamiento de energía eléctrica adecuado para recibir la producción de energía (E8, E14) de los elementos (8, 14) productores de energía del sistema (2) y/o para suministrar energía (E10) a los elementos (4, 14) consumidores de energía del sistema (2),

45 - un edificio (4) adecuado para consumir una energía (E8, E10, E14) producida localmente y/o procedente de la red (14) de distribución y/o procedente de un elemento de almacenamiento,

- una fuente (8) de producción local de energía eléctrica adecuada para suministrar energía a la red (14) y/o al edificio (4) y/o al elemento (11) de almacenamiento, y

50 - unos medios (18) de medición del estado de carga de cada elemento (11) de almacenamiento y de unas potencias eléctricas producidas y consumidas por cada uno de los elementos (4, 8, 10, 14) del sistema (2),

caracterizado porque este sistema (2) comprende un dispositivo de reparto (20) según una de las reivindicaciones 11 a 12 y **porque** la red (14) de distribución de energía eléctrica es adecuada para comunicarse dinámicamente

(S14, S'14) con el dispositivo de reparto (20), principalmente sobre los precios de recompra y de venta de la energía y/o la potencia disponible de la red de distribución y/o la presencia de horas valle de utilización de la energía de la red.

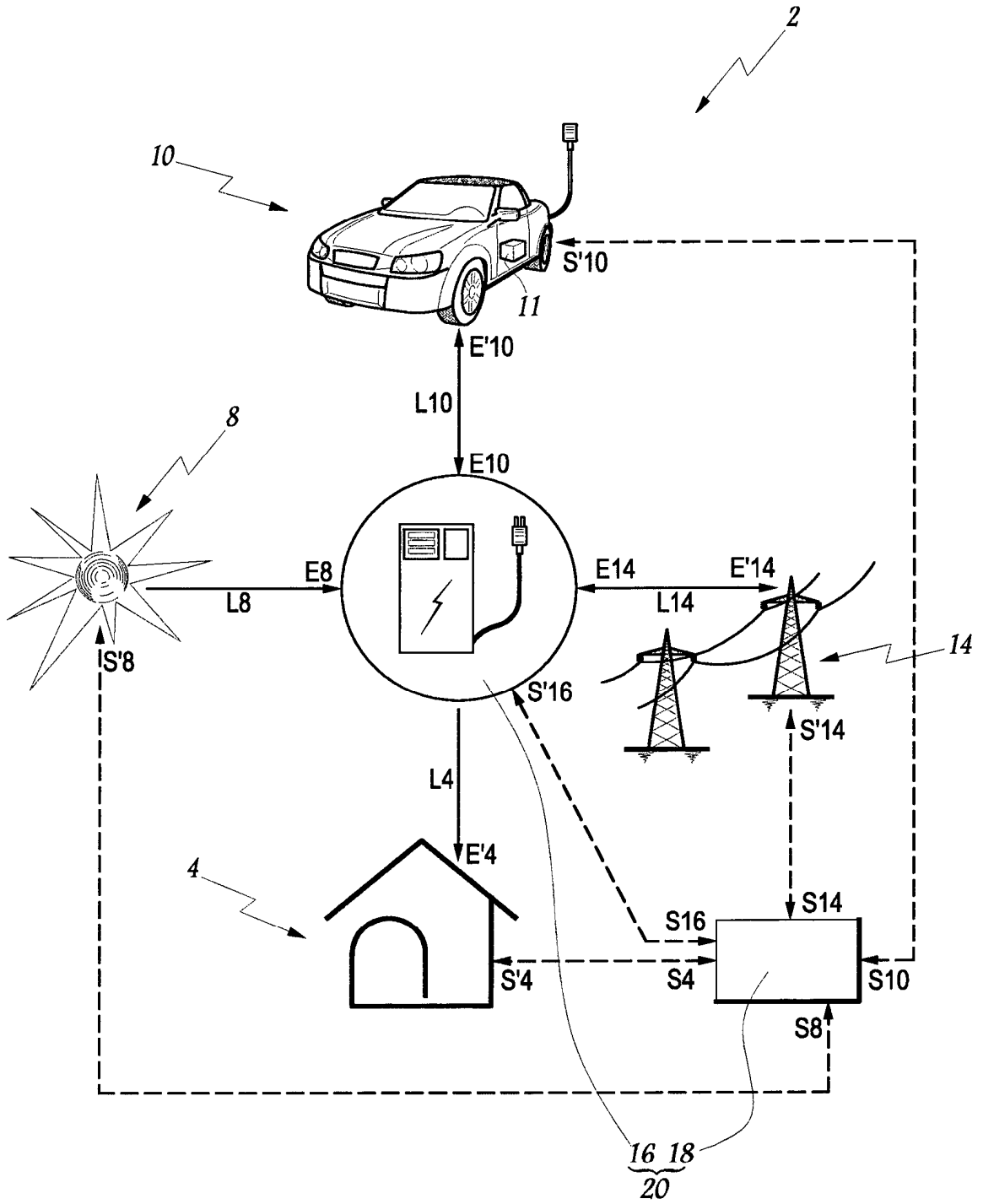


Fig. 1

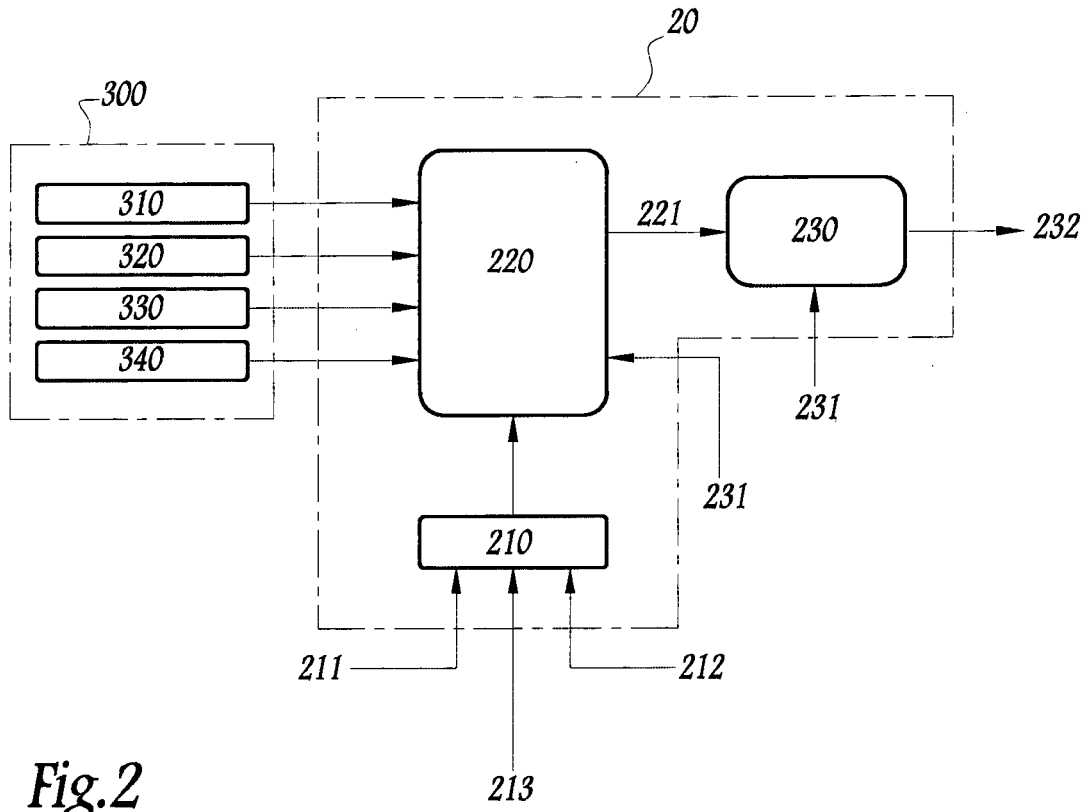


Fig. 2

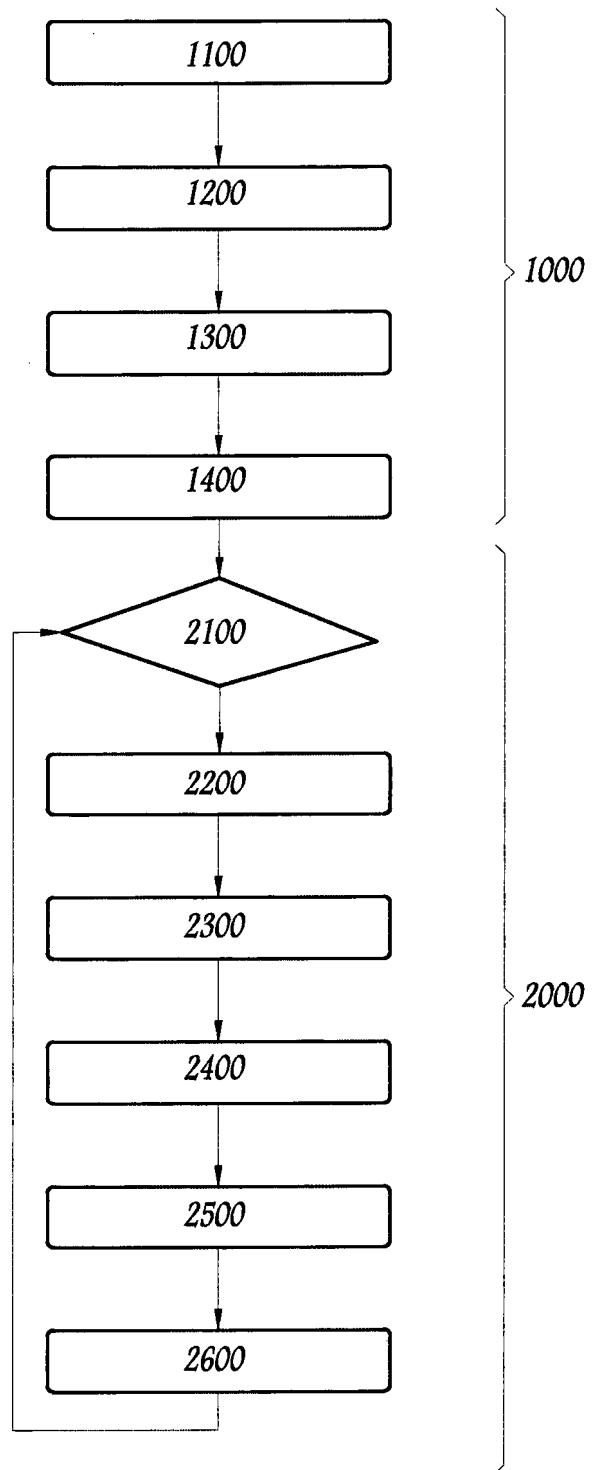


Fig.3