

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 223**

51 Int. Cl.:

G06K 9/00 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)

G01R 21/133 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.03.2010 PCT/FR2010/000233**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.09.2010 WO2010106253**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2010 E 10723162 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.01.2017 EP 2409167**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de filtración de curvas de consumo eléctrico y de asignación de consumo a clases de aparatos**

30 Prioridad:

20.03.2009 FR 0901311

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

15.06.2017

73 Titular/es:

**UNIVERSITÉ DU SUD TOULON-VAR (100.0%)
Avenue de l'Université BP 20132
83957 La Garde Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**REBEC, GAELLE y
LACROIX, YVES**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 617 223 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 filtración de curvas de consumo eléctrico y de asignación de consumo a clases de aparatos

5 La presente invención se refiere de manera general a un procedimiento de filtración de curvas de consumo de energía eléctrica, particularmente en medio residencial, con el fin de poder estar en condiciones de asignar el consumo eléctrico de un lugar de consumo a tal o cual clase de aparatos eléctricos. La finalidad de la puesta en práctica del procedimiento de acuerdo con la invención consiste en saber asignar el consumo eléctrico de un lugar a tal o cual categoría de aparatos, particularmente con el fin de poder seguir, y potencialmente reducir, el consumo de cada categoría de aparatos eléctricos.

10 En consecuencia, la invención encuentra en particular su aplicación en el campo del consumo de energía eléctrica por los particulares y/o las empresas. En efecto, la reducción del consumo de energía eléctrica en un lugar de consumo podría, en primer lugar, pasar por una mejor atribución del consumo diario a los diferentes aparatos que son utilizados en este lugar.

Estado de la técnica

15 Se conocen ya múltiples técnicas para seguir el consumo eléctrico de un lugar, y para asignar partes de este consumo eléctrico a tal o cual aparato.

20 Según una de estas técnicas, cada aparato eléctrico está provisto de un vatímetro que indica la potencia eléctrica consumida. Se puede de ese modo determinar el consumo eléctrico por aparato o por grupo de aparatos. Sin embargo, este método tiene un coste elevado, tanto por el hecho del material suplementario empleado como del hecho de la necesidad de instalar y de establecer parámetros en los aparatos de medición de la potencia consumida con un mayor nivel de detalle que el proporcionado de manera agregada por el contador eléctrico conectado entre la red de alimentación y del lugar de consumo.

25 Según otra técnica, descrita en la patente EP 1 136 829 B1, se detecta la puesta bajo tensión y la puesta fuera de tensión de un aparato eléctrico por intermedio de una señal de alta frecuencia emitida en la puesta bajo tensión y al corte de aparato, constituyendo la citada señal de alta frecuencia una especie de firma eléctrica del aparato en cuestión. Estas son las potencias instantáneas que son registradas por cada aparato. Se crea una base de datos: esta contiene, por cada aparato, diferentes valores de potencias y diferentes señales transitorias.

30 LESLIE K NORFORD ET AL: "Non-intrusive electrical load monitoring in commercial buildings based on steady-state and transient load-detection algorithms", ENERGY AND BUILDINGS, LAUSANNE, CH. (1996-01-01) describe una técnica no intrusiva de análisis del consumo eléctrico de una pluralidad de aparatos eléctricos que funcionan sobre un lugar de consumo, por filtración de una curva de carga que representa el consumo eléctrico de los citados aparatos en función del tiempo.

35 El conocimiento de los aparatos en las curvas de cargas y después el cálculo de la energía que han consumido se hace por confrontación entre la base de datos constituida y las curvas de cargas registradas. Pero ello supone que el propietario del lugar o un técnico viene a efectuar el aprendizaje de los aparatos eléctricos, es decir establece un registro de los aparatos del lugar y lo tiene al día en función de las adiciones y/o de los desplazamientos de aparatos.

40 Los métodos conocidos de determinación del consumo de aparatos en una instalación eléctrica tienen pues en común un carácter intrusivo frente al lugar en el cual se quiere analizar el consumo eléctrico. En efecto, la identificación precisa de los aparatos eléctricos presentes en casa de un particular es imposible sin utilizar informaciones recogidas previamente concernientes a los aparatos presentes en el lugar. No obstante, esta fase de aprendizaje induce una molestia en casa del usuario y no permite un cambio de los hábitos de consumo. Además, se han efectuado diversos estudios de firmas de los aparatos eléctricos desde 1990, pero ninguno ha podido identificar los aparatos eléctricos sin recurrir a una forma cualquiera de intrusión, ya sea durante una fase de aprendizaje manual o durante la creación de una base de referencia con el usuario, o durante la vigilancia posterior de las compras o conexiones de materiales eléctricos efectuadas por el usuario.

45 A pesar del conocimiento a priori, por métodos intrusivos, del detalle de las instalaciones eléctricas, los métodos conocidos permiten, en el mejor de los casos, dar cuenta de aproximadamente 80% del consumo eléctrico en punta, y con frecuencia bastante menos de 80% como promedio.

Objetivos de la invención

50 Un objetivo general de la invención es el de proponer un procedimiento de análisis de curva de carga de una instalación eléctrica, y un dispositivo que ponga en práctica el citado procedimiento, que estén en situación de paliar los inconvenientes de los procedimientos y sistemas conocidos en el estado de la técnica.

Un objetivo particular de la invención es el de proponer un procedimiento apto para extraer, y después para separar,

el consumo de los aparatos eléctricos que funcionan en una instalación, sin forma de intrusión alguna, simplemente a partir del análisis y del tratamiento de las curvas de cargas diarias.

5 Otro objetivo de la invención consiste en proponer un procedimiento de análisis o de filtración de una curva de carga eléctrica, que permita asignar como promedio más de 85% del consumo eléctrico a categorías bien identificadas de aparatos, y en cualquier caso más de 70% del consumo en cada instante, a pesar de la ausencia de fase de aprendizaje manual de los aparatos eléctricos presentes en el lugar, o la ausencia de un conocimiento a priori de los detalles de la instalación eléctrica y de los aparatos eléctricos que están allí conectados.

10 Otro objetivo de la invención consiste en proponer un procedimiento y un dispositivo de análisis del consumo que sea muy económico y que no precise de instalación complementaria, aparte de una simple caja para la adquisición de la curva de carga en la proximidad del contador eléctrico, y para el tratamiento de la citada curva de carga, ya sea localmente en el lugar, ya sea a distancia de manera centralizada.

Objeto de la invención

15 El principio de la invención reside en la capacidad de extraer, y después separar, de los aparatos, sin forma alguna de intrusión, a partir de curvas de carga diarias globales. Con el fin de conseguir esta extracción, es necesario definir, en un primer momento, una clasificación innovadora de los aparatos, a partir de ciclos de consumo característicos de los aparatos o de los tipos de aparatos.

20 Después una fase de aprendizaje permite separar y crear una división relativa de los aparatos que ha utilizado el usuario. Esta división permite recuperar informaciones de potencia (activa, reactiva, aparente), en tiempo, en tensión, en intensidad, en impedancia u otras, que permiten reconstruir una gran mayoría de los ciclos producidos por un aparato en funcionamiento. Esta fase de reconstrucción es única, ya que se basa en un principio jerárquico de elección de combinaciones de potencias posibles. Se evalúan los criterios y los umbrales concretos de cada clase de aparatos, que permiten tener en cuenta las especificidades de potencia de los aparatos.

Finalmente, el método impone un orden de presentación de los algoritmos de filtración de la curva de carga, con el fin de reducir sensiblemente los errores de atribución de ciclos.

25 Con el fin de alcanzar los objetivos previstos, la invención tiene más precisamente por objeto un procedimiento de análisis del consumo eléctrico de una pluralidad de aparatos eléctricos que funcionan en un lugar de consumo, por filtración de una curva de carga que representa el consumo eléctrico de los citados aparatos en función del tiempo, caracterizado porque comprende las etapas siguientes:

- previamente a la filtración propiamente dicha de la curva de carga:
 - 30 - registrar y numerar la curva de carga de manera que se obtenga una curva de carga numerada por periodos de tiempo;
 - definir un conjunto de clases de aparatos, estando cada clase definida por ciclos similares de variación de potencia en función del tiempo;
 - 35 - definir, para cada clase de aparatos, un algoritmo de filtración de la curva de carga dedicada a la citada clase de aparatos, siendo dicho algoritmo apto para extraer ciclos de variación de potencia de la curva de carga numerada, y para asignar a la citada clase de aparatos;
 - después, durante la filtración propiamente dicha de la curva de carga numerada, utilizar sucesivamente los algoritmos de filtración dedicados a cada clase de aparatos, para identificar y reagrupar, a partir de la curva de carga numerada, los ciclos de variaciones de potencia consumida por los aparatos eléctricos.

40 Según un aspecto de la invención, la etapa de filtración de la curva de carga numerada para una clase de aparato dada, comprende las operaciones siguientes:

- búsqueda y extracción, a partir de la curva de carga, de los ciclos de variación de potencia característicos de la clase de aparatos dada;
- 45 - validación de los ciclos extraídos en función de criterios en potencia y en tiempo previamente definidos, y reparto de los ciclos extraídos entre un conjunto de ciclos válidos correspondientes al modelo de funcionamiento en potencia y en tiempo de un aparato, y un conjunto de ciclos provisionalmente rechazados;
- creación de una división provisional constituida por sub-conjuntos incompletos de ciclos válidos de variación de potencia, comprendiendo cada ciclo incompleto ciclos de un solo aparato;
- 50 - aprendizaje local sobre los ciclos válidos de cada división provisional, de manera que se definan criterios en potencia y en tiempo característicos de los ciclos válidos;

- a partir de los criterios en potencia y en tiempo que resultan del aprendizaje local, reconstrucción del modelo de funcionamiento cronológico completo o casi completo de cada aparato, atribuyéndole ciclos de variación de potencia antes rechazados provisionalmente;
- puesta al día o actualización de la clasificación y del aprendizaje en función de la etapa de reconstrucción, de manera que se cree una división definitiva de los ciclos extraídos, correspondiendo cada división al consumo del aparato.

La etapa de búsqueda y extracción de los ciclos de variación de potencia característicos de una clase dada de aparatos, consiste en definir códigos binarios característicos correspondientes a las variaciones de potencia de esta clase de aparatos, a continuación en sustraer de la curva de carga numerada los códigos binarios característicos así definidos y en clasificarlos ya sea en un conjunto de ciclos válidos correspondientes al modelo de funcionamiento de un aparato, ya sea en un conjunto de ciclos provisionalmente rechazados, y después en reinyectar los ciclos provisionalmente rechazados en la curva de carga antes de la búsqueda de los ciclos de variación de potencia relativos a otra clase de aparatos.

Según la invención, para validar los ciclos extraídos para una clase dada de aparatos, las características en potencia y en tiempo de los ciclos extraídos son comparadas con los criterios en potencia y en tiempo previamente definidos para esta clase, y los de los ciclos que presentan características en potencia y tiempo incompatibles con los criterios son provisionalmente rechazados, siendo los otros ciclos definitivamente validados como pertenecientes a un aparato de la clase dada.

La creación de una división provisional constituida por sub-conjuntos incompletos de ciclos de variación de potencia válidos para cada aparato comprende etapas que consisten en reagrupar los ciclos de variación de potencia válidos que presentan sensiblemente los mismos valores de los criterios en potencia y en tiempo, de manera que cada grupo de ciclos representa los ciclos de un aparato de la clase que haya funcionado sobre la curva de carga, después en representar la división provisional bajo la forma de una matriz de informaciones en la que cada línea representa un aparato y cada columna contiene los ciclos extraídos válidos que pertenecen a los aparatos.

La etapa de aprendizaje consiste en calcular los valores de un conjunto de criterios en potencia y en tiempo asociados a los ciclos válidos de cada aparato, a continuación en analizar estadísticamente estos valores y en almacenar las estadísticas obtenidas en una memoria, bajo la forma de un vector de informaciones asociado a cada aparato.

La etapa de reconstrucción consiste en reconstituir, para cada aparato, el conjunto completo o casi completo de los ciclos de variación de potencia emitidos por el aparato entre su encendido y su apagado, integrando de manera cronológica, en el conjunto de los ciclos válidos de este aparato, ciclos seleccionados a partir del conjunto de los ciclos provisionalmente rechazados, efectuándose esta selección con la ayuda de criterios y de umbrales resultantes del aprendizaje.

La etapa de creación de una división definitiva consiste en poner al día cada sub-conjunto de ciclos que representan un aparato de la clase filtrada, con los ciclos que faltan, tales como los reconstruidos durante la etapa de reconstrucción. Se obtiene al final de la puesta al día la parte de consumo de la clase correspondientes a este aparato, y las variaciones de potencia no atribuidas restantes son reinyectadas e la curva de carga restante.

De manera ventajosa, los criterios en potencia y en tiempo son auto-adaptativos y varían de una curva de carga a otra. Ello permite aumentar la eficacia del procedimiento de análisis de las curvas de cargas sucesivas.

De preferencia, el procedimiento según la invención comprende una etapa que consiste en agregar los consumos eléctricos de cada clase de aparatos a partir de la división definitiva de los ciclos extraídos, de manera que se produzca un estado recapitulativo que indique el consumo eléctrico, y la proporción de consumo eléctrico de los aparatos de cada clase durante un periodo de análisis del consumo.

Con el fin de disponer de manera suficiente de datos de variación de potencia, la curva de carga es numerada por periodos de tiempo inferiores o iguales a un segundo.

En un modo de realización ventajoso en práctica, el conjunto de clases previamente definidas de aparatos comprende al menos una de las clases tomadas entre las siguientes:

- la clase llamada de las bombas eléctricas;
- la clase llamada de las resistencias eléctricas;
- la clase llamada de los hornos de micro-ondas;
- la clase llamada de los aparatos eléctricos de gran electrodoméstico;
- la clase de los otros aparatos eléctricos que no entren en una clase precedente.

La clase llamada de las bombas eléctricas está definida por un ciclo de variación de potencia consumida que comprende sucesivamente una primera variación positiva de potencia, una segunda variación negativa de potencia y una tercera variación negativa de potencia.

5 La clase llamada de los aparatos eléctricos de gran electrodoméstico se define por un ciclo de variación de potencia consumida que comprende sucesivamente al menos cuatro variaciones de potencia, a saber, una primera variación de potencia positiva, una segunda variación de potencia negativa, una tercera variación de potencia positiva y una cuarta variación de potencia negativa.

10 La clase llamada de los hornos de micro-ondas está definida por cuatro tipos de ciclos distintos de variación de potencia, comprendiendo el primer tipo de ciclo una variación de potencia positiva seguida por una variación negativa, comprendiendo el segundo tipo de ciclo dos variaciones positivas seguidas por una variación negativa, comprendiendo el tercer tipo de ciclo una variación positiva seguida de dos variaciones negativas, y comprendiendo el cuarto tipo de ciclo dos sucesiones constituidas cada una por una variación positiva seguida de una variación negativa.

15 La clase llamada de resistencias eléctricas está definida por un ciclo de variación de potencia consumida que comprende sucesivamente una primera variación positiva de potencia seguida de una segunda variación negativa de potencia.

20 De preferencia, la curva de carga numerada es filtrada sucesivamente con la ayuda de un algoritmo específico para cada clase de aparatos, y se ordena la sucesión de los citados algoritmos. De ese modo, el procedimiento de filtración pone en práctica de preferencia, sucesivamente, el algoritmo de filtración relativo a la clase de las bombas, después el algoritmo de filtración relativo a la clase de los hornos de micro-ondas, después el algoritmo de filtración relativo a la clase de gran electrodoméstico y a continuación el algoritmo de filtración relativo a la clase de las resistencias. Este orden permite minimizar el número de ciclos asignados sin razón a un aparato, y en consecuencia aumentar el rendimiento del procedimiento de filtración.

25 El procedimiento según el invento puede ser puesto en práctica en su totalidad en el lugar de consumo, o en parte en el lugar de consumo y en parte en un lugar de tratamiento distante. De ese modo, en una variante de realización del procedimiento, la etapa de adquisición de la curva de carga es realizada localmente, y los valores numéricos representativos de la curva de carga son entonces tratados localmente en una caja de tratamiento dispuesta en el lugar de consumo.

30 Según otra variante del procedimiento, la etapa de adquisición de la curva de carga se realiza localmente, y los valores binarios representativos de la curva de carga son a continuación transmitidos a un centro de tratamiento distante donde son efectuadas las etapas de filtración de la curva de carga.

La invención tiene igualmente por objeto un dispositivo de tratamiento destinado a ser conectado a la línea de alimentación eléctrica de un lugar de consumo, caracterizado porque comprende una lógica apta para poner en práctica el procedimiento de filtración según la invención.

35 La invención se comprenderá mejor en referencia a los dibujos, en los cuales:

La figura 1 representa un esquema de principio de las entradas y de las salidas del procedimiento según la invención;

La figura 2 representa un extracto posible de curva de carga que se puede registrar en tiempo real y utilizar como entrada del procedimiento;

40 Las figuras 3A a 3D representan firmas típicas de aparatos para 4 clases extraídas a partir de las curvas de cargas;

La figura 4 representa un organigrama o diagrama de flujo de principio del algoritmo de filtración global según la invención;

La figura 5.1 representa un organigrama más detallado del algoritmo de filtración de la curva de carga y de construcción de las clases de aparatos;

45 La figura 5.2 representa un organigrama de principio del algoritmo de filtración al nivel de una clase de aparatos eléctricos;

La figura 5.3 representa un ejemplo de organigrama para la fase de reconstrucción de ciclos de consumo del organigrama de la figura 5.2.

Descripción detallada de la invención

50 Se hará referencia a la figura 1. A un nivel global, es posible describir el procedimiento según la invención en función de las entradas que se le deben suministrar, y de las salidas que suministra.

Como entrada del procedimiento, se dispone de una medida de la potencia eléctrica consumida en un lugar de consumo. Esta medida se traduce principalmente, en forma gráfica, por una curva de carga analógica que representa la potencia consumida, en función del tiempo, tal como es representada en la figura 1 durante un cierto periodo de análisis.

5 La curva de carga es sometida a un proceso iterativo, cuyo objetivo es repartir el consumo total del lugar entre varias categorías o clases de aparatos, sin que se sepa a priori cuál es la naturaleza de los aparatos eléctricos en funcionamiento en el lugar. El reparto del consumo es entonces representado bajo forma tabular, o incluso, como se representa en la figura 1, bajo una forma gráfica de sectores que proporcionan rápidamente una indicación visual del consumo que se ha de atribuir a cada clase de aparato.

10 El objetivo a alcanzar es el de obtener una tasa mínima de 70% de clasificación correcta de los aparatos, y una tasa de clasificación superior a 85% como media. Como se verá más adelante, diversos factores hacen que no sea posible atribuir 100% de un consumo eléctrico global a los diferentes aparatos, sino que es necesario llegar a una tasa de clasificación significativa para satisfacer a un cierto nivel de información para el usuario que haga el dispositivo de análisis suficientemente creíble.

15 Sistema de medición

Se utiliza un sistema de medición (no representado) que tenga la capacidad de registrar el conjunto de las variaciones eléctricas que se producen en la red eléctrica de un consumidor, en un periodo de tiempo dado con un muestreo al segundo. Este sistema está provisto de captador de intensidad que puede estar materializado por pinzas amperimétricas y un captador de tensión materializado, por ejemplo, por un transformador (cuyo valor se conoce) conectado en una toma de la red. Estas variaciones están representadas por un gráfico denominado «curva de carga».

En la figura 2 se ha representado de manera más detallada un extracto de una curva de carga que representa la potencia activa registrada en un periodo de dieciséis horas.

25 A partir de tales curvas se va a estudiar el comportamiento en variaciones de potencia y en tiempo de los aparatos eléctricos. Para analizar estos comportamientos, se crea primeramente una base de referencia que contiene las curvas de carga llamadas «de aprendizaje». Estas curvas contienen la actividad de aparatos eléctricos normalmente utilizados por los consumidores como la aspiradora, el refrigerador, el micro-ondas, la cafetera, el horno, la plancha, las lámparas, los robots electrodomésticos, las calefacciones complementarias, el calentamiento de agua, la lavadora de ropa, el lava-vajillas, la televisión, etc.

30 La comprensión del funcionamiento de los aparatos eléctricos se basa en el registro de curvas de cargas de potencia (activa, reactiva, aparente). Para obtener curvas de cargas registradas en una cierta duración, es necesario medir la potencia instantánea suministrada a la red y registrar las magnitudes eléctricas elementales: la tensión eficaz de la señal, U_{eff} , en voltios (V), la intensidad eficaz I_{eff} , en amperios (A) y el factor de potencia, $\cos(\varphi)$.

35 La red eléctrica del particular está alimentada por una corriente alterna de 50 Hz de frecuencia, por ejemplo, y cuya tensión es teóricamente de 220 V, por ejemplo, en una serie de países. Por supuesto, la utilización de frecuencias y de tensiones diferentes no cambia nada fundamentalmente en la medida de la potencia consumida.

40 Los aparatos están constituidos en su mayoría por receptores electromagnéticos (bobinas, motores, etc.). La mayor parte de los receptores no son puramente resistivos, sino que tienen un comportamiento ya sea inductivo, ya sea capacitivo. Ello implica un desfase entre la corriente y la tensión. Es por tanto necesario tener en cuenta el factor de potencia ($\cos(\varphi)$) determinado por el ángulo de desfase φ entre la tensión nominal y la corriente nominal.

A partir de estas magnitudes se determinan otras variables eléctricas. Así, como es bien sabido, se calculan dos tipos de potencias útiles para una corriente alterna:

45 - la potencia activa, indicada como P , expresada en vatios (W), que corresponde a un suministro de energía transmitida al receptor y convertible en calor o en trabajo. La potencia activa es la que es más generalmente utilizada, ya que corresponde a la realidad del trabajo o del calor suministrado por la carga teniendo en cuenta el desfase entre la tensión y la corriente. Se tiene:

$$P = U_{eff} \cdot I_{eff} \cos(\varphi)$$

- la potencia reactiva, Q , en voltios.amperios.reactivos (VAR) que corresponde a la potencia ficticia que caracteriza el cambio de energía no utilizada para suministrar un trabajo. Se tiene:

50
$$Q = U_{eff} \cdot I_{eff} \sin(\varphi)$$

Finalmente, se calcula la impedancia eléctrica, Z , en ohmios (Ω), que mide la oposición de un circuito eléctrico al paso de una corriente alterna sinusoidal. Se tiene:

$$Z = \frac{U}{I}$$

Definición de clases de aparatos en función de su modo de consumo típico

5 Un aspecto puesto en evidencia por la experimentación, y en el cual se basa la invención, es que el análisis sistemático de múltiples curvas de carga para aparatos reales de una base de referencia proporciona enseñanzas muy útiles sobre el perfil de consumo de cada aparato.

Este análisis permite entonces crear una clasificación apropiada de varios aparatos estándar.

10 En efecto, el estudio de las curvas de carga de la base de referencia ha mostrado que es posible reagrupar ciertos aparatos eléctricos según clases. Estas clases son definidas según un modo de funcionamiento provocado por los componentes internos de los aparatos. Muchos aparatos eléctricos tienen un comportamiento en potencia similar a pesar de una utilidad muy diferente (por ejemplo: el refrigerador y la aspiradora).

15 Los aparatos eléctricos están contruidos con diferentes componentes eléctricos y producen por tanto diferentes comportamientos característicos. Cuando se analiza la variación de potencia activa sobre una curva de carga, entre el encendido y el apagado de un aparato, se observa la repetición de «ciclos» ordenados de variaciones de potencia activa. Un ciclo de potencia se define por la sucesión de variaciones positivas y negativas de potencia activa. A partir de esta constante, ha sido posible definir cuatro clases de aparatos eléctricos que se encuentran comúnmente en el sector residencial. Estas clases están caracterizadas por uno o varios ciclos de potencia típicos.

Se ha de entender que la invención no se limita a la clasificación del consumo de aparatos eléctricos domésticos, sino que puede ser extendida por la persona experta en la técnica a otros tipos de aparatos eléctricos, principalmente en el medio industrial, que darán lugar sin duda a clasificaciones complementarias.

20 A partir de este primer estudio de funcionamiento de aparatos se definirán los términos siguientes que se emplearán en lo que sigue:

Ciclo de potencia: sucesión ordenada de variaciones de potencia positiva o negativa que interviene en intervalos de tiempo regulares.

25 *Modelo de funcionamiento:* sucesión regular de ciclos de potencia producidos por el aparato entre su puesta en tensión y su puesta fuera de tensión en la red eléctrica.

Ahora se van a describir con más detalle, en relación con la figura 3, las cuatro clases de aparatos utilizados en el marco de la presente descripción.

30 La figura 3A representa una curva de carga típica de los aparatos de la clase de las bombas. La clase «Bomba» caracteriza los aparatos que tienen un funcionamiento del tipo de compresión. Cuando funciona el aparato, produce un ciclo regular definido por una variación positiva de potencia (indicada como $\Delta P_1 > 0$) y dos variaciones negativas de potencia (indicadas como $\Delta P_2 < 0$, $\Delta P_3 < 0$). En esta clase se encuentran aparatos como el refrigerador, la aspiradora, todos los tipos de bombas, etc.

35 La figura 3B representa una curva de carga típica de las resistencias eléctricas. La clase «Resistencia» caracteriza los aparatos provistos de una resistencia o de un motor universal. Estos aparatos generan un ciclo de potencia definido por una variación positiva de potencia (indicada como $\Delta P_1 > 0$) seguida de una variación negativa de potencia ($\Delta P_2 < 0$). En esta clase se pueden encontrar en el medio residencial aparatos tales como el horno, la cafetera, la olla, los convectores, el calentador de agua, las bombillas, etc.

40 La figura 3C representa una curva de carga típica de los hornos de micro-ondas. El horno de micro-ondas es un aparato que se clasifica solo en una clase llamada «Micro-ondas», ya que su comportamiento en potencia está definido por cuatro ciclos de potencia distintos que permiten separarlo de los otros aparatos.

El primer tipo de ciclo de potencia está compuesto por dos variaciones de potencia:

- una primera variación de potencia positiva: $\Delta P_1 > 0$,
- una segunda variación de potencia negativa: $\Delta P_2 < 0$.

45 Un horno de micro-ondas puede generar ciclos que corresponden al modelo de ciclo de la clase «Resistencia», es decir, dos variaciones de potencia. Sin embargo, los intervalos de tiempo entre los diferentes ciclos no son tan regulares como en el caso de los ciclos generados por los aparatos resistivos. Este tipo de ciclo constituye la primera categoría de variaciones que genera el horno de micro-ondas.

El segundo tipo de ciclo para la clase «Micro-ondas» está compuesto por tres variaciones de potencia:

- una primera variación de potencia positiva: $\Delta P_1 > 0$
- una segunda variación de potencia negativa: $\Delta P_2 < 0$
- una tercera variación de potencia negativa: $\Delta P_3 < 0$

El tercer tipo de ciclo para la clase « Micro-ondas » está compuesto de tres variaciones de potencia:

- 5
- una primera variación de potencia positiva: $\Delta P_1 > 0$
 - una segunda variación de potencia negativa: $\Delta P_2 > 0$
 - una tercera variación de potencia negativa: $\Delta P_3 < 0$

10 Como se constata, se trata de un ciclo correspondiente al modelo de ciclo de la clase «Bomba». Sin embargo, los intervalos de tiempo entre las variaciones de potencia no son comparables a los generados por los aparatos de compresión.

El cuarto ciclo para la clase «Micro-ondas» está compuesto de cuatro variaciones sucesivas de potencia:

- 15
- una primera variación de potencia positiva: $\Delta P_1 > 0$
 - una segunda variación de potencia negativa: $\Delta P_2 < 0$
 - una tercera variación de potencia positiva: $\Delta P_3 > 0$
 - una cuarta variación de potencia negativa: $\Delta P_4 < 0$

20 El horno de micro-ondas es el único aparato eléctrico que ha de ser definido por cuatro ciclos de potencia posibles. Se ha podido constatar que, cuando funciona, el micro-ondas no produce únicamente uno solo de los cuatro ciclos posibles. Varios tipos de ciclos pueden alternarse en algunos minutos. Es también esta alternancia de los ciclos de potencia, diferentes en el tiempo, lo que permite discriminar este aparato con respecto a los aparatos de otras clases.

Finalmente, se agrupan en el seno de la clase «Gran electrodoméstico» los aparatos tales como: la lavadura de ropa, el lava-vajillas, la secadora de ropa.

25 Estos son fácilmente identificables por una curva de cara como la representada en la figura 3D, ya que son aparatos de generar un número de ciclos muy grande y cuyo funcionamiento se presenta generalmente en una duración muy grande (de 30 minutos como mínimo a 2 h 30 como media). El ciclo de potencia generado por este tipo de aparato está compuesto en la mayoría de los casos por cuatro variaciones sucesivas de potencia. Sin embargo, ciertos aparatos de este tipo pueden tener ciclos compuestos de más de cuatro variaciones de potencia. Durante los experimentos, ha sido posible enumerar hasta diez variaciones sucesivas. Se trata siempre de un número par de variaciones y el intervalo entre las variaciones es del orden del segundo. Las variaciones de potencia que componen los ciclos son pues:

- 30
- una primera variación positiva: $\Delta P_1 > 0$
 - una segunda variación negativa: $\Delta P_2 < 0$
 - una tercera variación positiva: $\Delta P_3 > 0$
 - una cuarta variación negativa: $\Delta P_4 < 0$
- 35
- etc.

La mayor parte de los aparatos eléctricos de uso doméstico se clasifican entre las cuatro grandes clases definidas anteriormente. En el seno de una misma clase, las características en tiempo y en potencia de estos ciclos difieren, no obstante, según el aparato que funciona.

40 Sin embargo, existen algunos aparatos cuyo funcionamiento en potencia no es fácil de definir y que no pertenecerán a estas cuatro clases. Por esto, se añadirá a la clasificación una clase llamada «Otros aparatos», que dará cuenta de todas las variaciones de potencia no atribuidas, debiendo entenderse que el objetivo consiste en minimizar la fracción del consumo total que se debe a esta clase.

Principio del procedimiento global de filtración de las curvas de carga

45 Dando por supuesto que la curva de carga obtenida por la medición, y estando definidas las clases de aparatos por sus ciclos de potencia, se va a describir ahora en su globalidad el tratamiento que se aplica a la curva de carga, haciendo referencia a la figura 4.

Se parte del principio de la que la curva de carga analógica $P = f(t)$ es en primer lugar codificada bajo forma numérica, por ejemplo asociando, por convención, a cada variación positiva de potencia el valor «1» y asociando a cada variación negativa de potencia el valor «0». Por supuesto, serían posibles otras codificaciones sin afectar a la generalidad de la invención.

- 5 El proceso global de filtración de la curva de carga funciona con una serie de etapas principales de referencias 1 a 6 en la figura 4, que se describirán con detalle más adelante, y que son comunes a todas las clases. No obstante, el reparto de los aparatos entre las clases es importante, ya que cada clase es filtrada con un algoritmo específico.

Para cada clase, se filtra la curva de carga para extraer el consumo de los aparatos correspondientes a la citada clase. La extracción se basa en la búsqueda de ciclos de variación de potencia característicos que hayan permitido definir la clase.

Así, a modo de ejemplo, para buscar en la curva de carga los ciclos de variación de potencia creados por los aparatos del tipo de bomba, se identifican en la curva de carga numérica, todos los códigos «100», y se sustraen de la curva de carga. Al final de esta etapa de extracción, el algoritmo separa los ciclos que se distinguen fácilmente de los que son problemáticos y que tienen necesidad de un segundo nivel de análisis para poder ser asignados a una clase de aparatos.

En efecto, un ciclo «100» puede haber sido generado efectivamente por un aparato de la clase «Bombas», o por otros aparatos diferentes, pero cuya superposición de los ciclos de variación de potencia proporcione también un código «100». Con el fin de discriminar los ciclos «100» verdaderos debidos a las bombas, se asocia a la caracterización de la clase de las bombas por el código «100» una caracterización suplementaria sobre la base de criterios de potencia vinculados a las variaciones de potencia, y de criterios de tiempo de aparición de estas variaciones de potencia en el ciclo. Estos criterios de potencia y de tiempo son fijados de antemano sobre la base del análisis previo de una pluralidad de aparatos, siendo estos criterios fijados en potencia y en tiempo invariables para cada clase de aparatos.

Por ejemplo, en el caso de los refrigeradores usuales, que están en la clase de bombas, se constata que la primera variación de potencia ΔP_1 oscila en el intervalo del orden de 100 vatios alrededor de la variación de potencia media ΔP_1 del conjunto de los refrigeradores domésticos en el mercado.

En consecuencia, se puede decir que la detección de un código «100» que corresponde a una primera variación de potencia situada fuera del intervalo anterior, permitiría concluir que el aparato en cuestión no es un refrigerador, y por consiguiente rechazar el código «100» correspondiente como siendo no válido.

De ello se deduce que la etapa de extracción de los ciclos permite también formar una primera división de aparatos en el seno de la clase analizada. Cada aparato de una clase está definido por un sub-conjunto de ciclos que contienen un cierto número de ciclos que habrá producido entre su encendido y su apagado.

A partir de estos ciclos y para cada sub-conjunto, el algoritmo de la clase realiza un aprendizaje. Se trata de una síntesis de informaciones estadísticas concernientes al consumo de los aparatos, y estas informaciones estadísticas son entonces reagrupadas en vectores de información, como se explica con más detalle más adelante.

La recuperación de estas informaciones estadísticas representa el núcleo del funcionamiento del algoritmo, ya que es el único medio de definir y de separar a continuación los aparatos entre ellos en el seno de una misma clase.

En efecto, los sub-conjuntos de ciclos son muy raramente completos, es decir que el algoritmo ha rechazado primero un cierto número de ciclos producidos por los aparatos de la clase porque no se correspondían, en un primer momento, a los criterios de potencia y de tiempo fijados para la clase. Este rechazo interviene principalmente en el caso en que varios aparatos han funcionado conjuntamente y por tanto se han mezclado los ciclos de potencia.

La integración y la reconstrucción del conjunto de los ciclos generados por un aparato, entre su encendido y su apagado, se efectúa, en consecuencia, mediante una fase llamada de reconstrucción. Esta fase recupera los datos resultantes del aprendizaje y reconstruye los ciclos que faltan de variación de potencia para cada sub-conjunto de la división. Después de la fase de reconstrucción, es posible calcular la potencia consumida por cada aparato y, en consecuencia, el consumo del conjunto de los aparatos de esta clase.

Se procede de la misma manera para las otras clases, y para el consumo restante de la curva de carga, que corresponde a la categoría «Otros», es decir el conjunto del consumo que no ha podido ser asignado a una de las clases de aparatos previamente definidas.

50 A partir del consumo de cada clase de aparatos, es fácil calcular el porcentaje de este consumo con respecto al consumo del conjunto correspondiente a la curva de carga durante el periodo de análisis. Por supuesto, el consumo respectivo de las diferentes clases de aparatos y de la clase «Otros» puede ser entonces simplemente representado en forma tabular o en forma gráfica (véase la figura 1) para el cliente al cargo del lugar de consumo.

Filtración global de la curva de carga (figura 5.1)

El procedimiento de filtración global descrito de manera general más arriba ha sido ilustrado con más detalle en la figura 5.1, que muestra claramente las principales etapas de este procedimiento global de filtración de la curva de carga.

5 La primera etapa, señalada como 51, consiste en cargar y en leer la curva de carga completa tal como está registrada y codificada en una sucesión de « 1 » y de « 0 ».

A continuación, en una segunda etapa, señalada como 52, se aplica el primer algoritmo de filtración, correspondiente la clase 1, al conjunto de la curva de carga. En la medida en que el primer algoritmo corresponda al de la clase de las bombas, ello redundará en volver a buscar el conjunto de los códigos « 100 » en la curva de carga completa, y extraerlos para sustracción de la curva de carga, y encuadrarlos en una primera clase señalada como clase 1.

Al final de la filtración de la curva de carga mediante el primer algoritmo, se aplica en 55 el algoritmo 2 a la curva de carga residual 53 ya filtrada por el algoritmo 1, es decir la curva de carga menos los ciclos correspondientes a la clase 1. La filtración mediante el algoritmo 2 da lugar a la nueva búsqueda en la curva de carga residual de los códigos numéricos correspondientes a la segunda clase de aparatos. Estos códigos son encuadrados en 56 en la clase 2, y se obtiene en 57 una nueva curva de carga residual, de la que han sido sustraídos los códigos correspondientes a las variaciones de potencia de los aparatos de la segunda clase.

Después, de manera similar, se aplica el mismo procedimiento (etapas 58 a 63) a los códigos de las clases restantes, a saber, las clases 3 y 4, en la hipótesis de que la clasificación se hace sobre cuatro clases de aparatos.

20 Al final de este proceso iterativo, se obtiene en 65 una clasificación tal total como sea posible en este estado, es decir que todos los códigos correspondientes a las diferentes clases han sido extraídos de la curva de carga, y que los códigos restantes en la curva de carga corresponden a una clase desconocida u « otros », indicada como 64, que corresponden ya sea a ciclos de variaciones de potencias de aparatos que no entran en las clases previamente definidas, ya sea de los ciclos de aparatos de las clases 1 a 4, pero que no han podido ser reconocidos todavía como tales en este estado, y que necesitarán un tratamiento complementario.

Descripción de los algoritmos de filtración local para cada clase de aparatos (figura 5.2)

Cada algoritmo específico de una clase de aparatos debe realizar las funciones siguientes:

- extraer de la curva de carga los ciclos de variación de potencia de la clase implicada, sobre la base del reconocimiento de un código característico de la clase en cuestión, como se ha descrito anteriormente;
- 30 - analizar la validez de los ciclos extraídos de la curva de carga: en efecto, es posible que ciertos ciclos extraídos correspondan de hecho a la superposición de ciclos de variación de potencia de varios aparatos. Estos ciclos deben ser identificados como no válidos y reinyectados en la curva de carga para la continuación del tratamiento;
- separar los ciclos de variación de potencia de dos aparatos que funcionan al mismo tiempo;
- 35 - reconstruir cronológicamente un modelo de funcionamiento completo de cada aparato;
- efectuar una división de los aparatos en una misma clase.

La figura 5.2 representa de manera más detallada el organigrama del algoritmo de filtración de la curva de carga para cada clase de aparatos. Ese organigrama comprende las etapas principales siguientes, cada una de las cuales será descrita con más detalle más adelante:

- 40 - en 68, búsqueda y extracción de los ciclos de variación de potencia de una clase dada, indicada como clase *i*;
- validación (no representada en esta figura) de los ciclos extraídos, de manera que se asegure que los ciclos extraídos corresponden bien a la clase *i* en cuestión;
- 45 - en 69, creación, en el interior de esta clase *i*, de una primera clasificación constituida por sub-conjuntos de ciclos que pertenezcan a un mismo aparato, lo que conduce a división provisional de los aparatos;
- en 70, aprendizaje local sobre los ciclos que corresponden a cada aparato, a partir de informaciones en potencia y en tiempo (66) correspondiente a los ciclos, para afinar los criterios en potencia y en tiempo de la clase dada;
- 50 - sobre la base de este aprendizaje, reconstrucción, en 71, de los ciclos que faltan, para completar el modelo de funcionamiento cronológico de cada aparato;

- puesta al día de la clasificación y del aprendizaje, y creación, en 72, de una división definitiva de aparatos n la clase dada *i*.

Ahora se va a describir con más detalle cada una de estas etapas.

Etapas 1 (figura 4): búsqueda y extracción de los ciclos.

- 5 La tabla siguiente resume los ciclos de potencia de cada clase y su código binario asociado sobre la base del cual se buscan los ciclos.

Clase	Ciclos	Código binario asociado
Bomba	$\Delta P_1 > 0, \Delta P_2 < 0, \Delta P_3 < 0$	100
Resistencia	$\Delta P_1 > 0, \Delta P_2 < 0$	10
Micro-ondas	$\Delta P_1 > 0, \Delta P_2 < 0$	10
	$\Delta P_1 > 0, \Delta P_2 > 0, \Delta P_3 < 0$	110
	$\Delta P_1 > 0, \Delta P_2 < 0, \Delta P_3 < 0$	100
	$\Delta P_1 > 0, \Delta P_2 < 0, \Delta P_3 > 0, \Delta P_4 < 0$	1010
Gran electrodoméstico	$\Delta P_1 > 0, \Delta P_2 < 0, \dots, \Delta P_{i-1} > 0, \Delta P_i < 0$ estando <i>i</i> comprendido entre 1 y K (par)	1010, ... 0

Tabla: código binario asociado a los ciclos de potencia para cada clase

- 10 El algoritmo recorre la curva de carga codificada en forma binaria para filtrar los códigos correspondientes a la clase *i* estudiada. Para filtrar estos ciclos, se definen los códigos binarios que se han de buscar en la curva de carga. Un ciclo está compuesto de varias variaciones de potencia, definidas por el código siguiente:

$$\begin{cases} 1 & \text{si } \Delta P_i > 0 \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

Una curva de carga se traduce en variaciones de potencia reagrupadas en una tabla indicada por CC. Se obtiene pues, para la curva de carga, una tabla que contiene, por ejemplo, los valores binarios siguientes:

15 $CC = \{1,0,0,1,0,1,0, \dots \dots \dots, 0\}$

El algoritmo de la clase *i* busca y extrae de la tabla CC el o los códigos correspondientes a la clase *i*, como se resume en la tabla anterior.

- 20 La experimentación ha permitido constatar, de manera sorprendente, que para optimizar el proceso de filtración de la curva de carga y evitar una gran mayoría de los errores de atribución en las clases, es mejor imponer un orden preferencial para las filtraciones correspondientes a las diferentes clases, es decir, filtrar los ciclos de las clases de manera ordenada.

El orden de presentación ideal buscado puede permitir filtrar más fácilmente:

- ciclos fáciles de extraer de la curva de carga, pues son más regulares (este es el caso de los aparatos del tipo de « bombas »),
- 25 - ciclos producidos en una duración muy corta (micro-ondas).

En definitiva, se constata que el mejor orden de puesta en práctica de los algoritmos para filtrar una curva de carga se revela ser:

- (1) El algoritmo de las « Bombas ».
- (2) El algoritmo del « Micro-ondas ».
- 30 (3) El algoritmo del « Gran electrodoméstico ».
- (4) El algoritmo de las « Resistencias ».

Etapa 2 (figura 4): validación de los ciclos extraídos.

Al final del procedimiento de extracción de los códigos binarios, el algoritmo analiza los ciclos para validarlos o rechazarlos basándose en un criterio invariable de la clase. Los criterios invariantes utilizados son criterios de potencia y de tiempo asociados a los ciclos. Las características en potencia y en tiempo de los ciclos son pues comparados con los otros criterios en potencia y en tiempo previamente definidos.

En efecto, las variaciones de potencia observadas para un ciclo tienen valores que pueden ser comparados con los valores esperados para una clase de aparatos o para un aparato. La validación de un ciclo se efectúa con un criterio definido como una combinación de potencias asociada al conjunto de variaciones de potencia de los ciclos, particularmente el valor de la primera variación de potencia del ciclo.

Además, entre las diferentes variaciones de potencia de un ciclo, se introduce un cierto tiempo indicado como ΔT , y este tiempo puede igualmente ser comparado con criterios de tiempo previamente definidos para cada clase de aparatos.

De ese modo, un primer análisis es efectuado sobre los ciclos extraídos de la curva de carga para validar en un primer tiempo que estos ciclos corresponden bien a aparatos de la clase implicada, y para rechazar los ciclos incompatibles con los criterios fijados de potencia o de tiempo, sobre los cuales, en consecuencia, el algoritmo no puede hacer la elección precisa.

En consecuencia, un ciclo válido para un aparato es un ciclo que presenta la buena sucesión de variaciones de potencia (es decir, el buen código), y las características en potencia y en tiempo esperadas para este aparato.

La mayor parte del tiempo, los rechazos de ciclos son debidos a dos aparatos que hayan funcionado al mismo tiempo, y cuyos ciclos se han mezclado, de manera que es conveniente analizarlos con más detalle.

En función de este análisis sobre la base de criterios fijados, son creados entonces dos conjuntos:

- los de los ciclos validados, indicados como *ECv*;
- los de los ciclos rechazados provisionalmente, indicados como *ECr*.

En el curso de la ejecución de los cuatro algoritmos de filtración correspondientes a las cuatro clases de aparatos, se tiene pues en un primer tiempo cuatro conjuntos *ECv* de ciclos válidos pero incompletos. En efecto, faltan ciclos en el funcionamiento de cada aparato a causa de los ciclos rechazados provisionalmente. Cada conjunto *ECv* se completa entonces por una puesta al día al final de un algoritmo de filtración, antes de pasar al algoritmo siguiente.

Etapa 3 (figura 4): creación de la primera clasificación provisional de los aparatos

Un primer análisis estadístico de las variaciones de potencia que componen los ciclos validados permite crear una división de los ciclos atribuidos a una clase de aparatos, en la que cada sub-conjunto representa los ciclos de un aparato de la clase que haya funcionado sobre la curva de carga.

Esta clasificación de los ciclos va a permitir a continuación efectuar, como se explica más adelante, un aprendizaje sobre los ciclos, y una enumeración del número de aparatos que pertenecen a la clase, y después esbozar el modelo de funcionamiento completo de cada aparato.

Los resultados se dan en la forma de una matriz de informaciones en la que cada línea representa un aparato (o sub-conjunto indicado como *SS_i*) y cada columna contiene los ciclos extraídos válidos pertenecientes a los aparatos.

Etapa 4 (figura 4): aprendizaje local de los ciclos

Después de las etapas de búsqueda, de validación y de clasificación de los ciclos, la etapa 4 representa la segunda parte de funcionamiento del algoritmo, y constituye una etapa fundamental de la clasificación de los aparatos. Las informaciones obtenidas al final de esta etapa permiten que el algoritmo evalúe las variaciones de potencia a tener en cuenta para reconstruir el modelo de funcionamiento completo de un aparato eléctrico.

En la medida en que han sido rechazados ciclos provisionalmente para un aparato, no es todavía posible determinar el consumo eléctrico para este aparato. Mediante la etapa 4 de aprendizaje seguida de la etapa 5 de reconstrucción de los ciclos, se trata de afinar el consumo de cada aparato en su clase. Para ello, es necesario recuperar los ciclos de variación de potencia que faltan en el modelo de funcionamiento de este aparato.

Antes de poder recuperar los ciclos que faltan, es necesario definir nuevos valores de criterios de funcionamiento, más próximos al funcionamiento real de los aparatos, sustituyendo valores de los criterios previamente fijados en potencia y en tiempo que han permitido construir los conjuntos *ECv* y *ECr*.

Con el fin de definir nuevos criterios y los valores correspondientes, se analizan estadísticamente las diferentes características en potencia y en tiempo de los ciclos observados.

Las tablas que siguen proporcionan un ejemplo de los diferentes criterios que pueden ser calculados y analizados estadísticamente para cada algoritmo correspondiente a las cuatro clases contempladas.

Criterio	Bombas	Resistencias
Variación de potencia	$\Delta P_1 = P_1 - 0$ $\Delta P_2 = P_1 - P'_2$ $\Delta P_3 = P_3 - P'_2$ $\Delta P_T = \sum_{i=1}^3 P_i$	$\Delta P_1 = P_1 - 0$ $\Delta P_2 = P_1 - P_2$
Variación de tiempo	$\Delta T_1 = T(P_2) - T(P_1)$ $\Delta T_2 = T(P_3) - T(P_2)$ $\Delta T_3 = T(P_3) - T(P_1)$ $\Delta T_4 = T(P_1) - T(P'_1)$	$\Delta T_1 = T(P_2) - T(P_1)$ $\Delta T_4 = T(P_1) - T(P'_1)$

Tabla 1: lista de criterios a analizar para las bombas y resistencias

5

Criterio	Micro-ondas	Gran electrodoméstico
Variación de potencia	$\Delta P_1 = P_1 - 0$ $\Delta P_2 = P_1 - P_2$ $\Delta P_3 = P_3 - P_2$ $\Delta P_4 = P_4 - P_3$ $\Delta P_T = \sum_{i=1}^3 P_i$	$\Delta P_k = P_{k+1} - P_k$ $\Delta P_T = \sum_{i=1}^k P_i$
Variación de tiempo	$\Delta T_1 = T(P_2) - T(P_1)$ $\Delta T_2 = T(P_3) - T(P_2)$ $\Delta T_3 = T(P_3) - T(P_1)$ $\Delta T_4 = T(P_1) - T(P'_1)$ $\Delta T_5 = T(P_4) - T(P_3)$	$\Delta T_k = T(P_{k+1}) - T(P_k)$ $\Delta T_4 = T(P_1) - T(P'_1)$ Duración de fase de caldeo Duración de fase de tambor Duración de aireado

Tabla 2: lista de los criterios a analizar para las clases de micro-ondas y gran electrodoméstico

Para cada criterio en potencia y en tiempo definido en cada clase, el algoritmo va a analizar los ciclos con los útiles estadísticos siguientes: media, mediana, varianza, máximo, mínimo.

- 10 Los resultados de estos cálculos son almacenados en memoria, para cada sub-conjunto de ciclos correspondientes a un aparato, en un vector al que se denomina « vector de informaciones » e indicado como $V_{I=1, \dots, F}$, representando F la dimensión de la división. Estos vectores son la única fuente de información que posee el algoritmo sobre los aparatos resultantes de la curva de carga, y sustituyen cualquier adquisición manual de información sobre los aparatos, por ejemplo por el propietario del lugar de consumo o un técnico. En este sentido, el procedimiento es muy
- 15 no intrusivo.

Las etapas 5 y 6 siguientes del procedimiento de filtración forman parte de la tercera fase del algoritmo que trata del problema de análisis de los ciclos provisionalmente rechazados y de la fase de « reconstrucción » del modelo de funcionamiento de cada aparato. Es esta última fase la que va a proporcionar la clasificación final de los aparatos

que pertenecen a la clase estudiada.

Etapa 5 (figura 4): reconstrucción del conjunto completo de ciclos para cada aparato

5 Se trata de volver a encontrar los ciclos que faltan para un aparato dado, para poder, al final de la etapa de reconstrucción de los ciclos, calcular el consumo total de este aparato durante el periodo de análisis. Este aparato corresponde a una línea de la matriz ECv de los ciclos válidos.

En esta reconstrucción, el algoritmo del procedimiento según la invención recorre el conjunto de los ciclos rechazados ECr para cada aparato, con el fin de buscar de nuevo las variaciones de potencia correspondientes a los ciclos que han sido rechazados en un primer tiempo, pero que pertenecen bien a un sub-conjunto de la división, habida cuenta de los valores de los criterios resultantes de la etapa de aprendizaje.

10 Teniendo en cuenta diferentes criterios en potencia y en tiempo resultantes del aprendizaje, para cada clase hay una fase de reconstrucción definida con sus propios criterios y sus propios umbrales. La fase de reconstrucción se aplica de manera iterativa a todos los sub-conjuntos (por tanto aparatos) creados con el aprendizaje.

15 Cada algoritmo de una clase basa su fase de reconstrucción en el principio de un método de ayuda a la decisión multi-criterios, particularmente de tipo AHP, acrónimo para « Analytic Hierarchy Process », en terminología anglosajona. Este género de método es conocido por la persona experta en la materia y no se describirá con detalle.

Se ha representado simplemente a modo de ejemplo, en la figura 5.3, el organigrama de un algoritmo de reconstrucción utilizando el método AHP, aplicado al ejemplo de la clase « Bomba ».

Como se ha visto, la clase « Bomba » posee ciclos de variaciones de potencias caracterizados por tres variaciones de potencia: $\Delta P1 > 0$, $\Delta P2 < 0$ y $\Delta P3 < 0$.

20 Se extraen en 80, a partir del conjunto de los ciclos rechazados provisionalmente para la clase « Bombas », los que tienen una primera variación de potencia $\Delta P1$ positiva. Entre estos ciclos, se retienen, en 81, el conjunto de ciclos cuyos valores del vector de informaciones corresponden a los valores de los criterios en potencia y en tiempo resultantes del aprendizaje. Los otros ciclos son rechazados de nuevo, en 82, en ECr.

25 Después se extraen del conjunto ECr de los ciclos rechazados provisionalmente, en 83, los que tienen una segunda variación de potencia negativa, y se les combina, en 84, con los ciclos ya extraídos sobre la base de su primera variación de potencia $\Delta P1$ válida. Se forma así, en 85, un conjunto de ciclos cuyas primeras y segundas variaciones de potencia $\Delta P1$, $\Delta P2$ son compatibles con los valores resultantes del aprendizaje. Los ciclos de 86 cuya segunda variación de potencia no conviene, son rechazados en 87 en ECr.

30 En 88, 89, 90, 91 se itera este procedimiento para las terceras variaciones de potencia $\Delta P3$, de manera que se obtienen, en 92, únicamente los ciclos para los cuales las variaciones $\Delta P1$, $\Delta P2$ y $\Delta P3$ sean coherentes con los valores de los criterios resultantes del aprendizaje. Estos ciclos previamente rechazados de modo provisional, son entonces reintegrados de manera cronológica en el sub-conjunto provisional de los ciclos de este aparato, de manera que se forma un sub-conjunto de ciclos reconstruido o definitivo para este aparato.

35 Se procede del mismo modo para el conjunto de los aparatos de una clase, a continuación para todas las clases. Al hacer esto, se vacían paulatinamente el conjunto ECr de los ciclos rechazados provisionalmente. Al final del tratamiento para una clase, no quedan más que algunos ciclos residuales par esta clase, que no han encontrado afectación en el modelo de funcionamiento de un aparato de esta clase. Estos ciclos residuales son entonces reinyectados en el conjunto global de los ciclos provisionalmente rechazados, con el fin de tomar parte en el tratamiento de reconstrucción para otra clase, y así sucesivamente.

40 Al final del tratamiento de reconstrucción para la última clase de aparatos, no queda en el conjunto de los ciclos rechazados más que los ciclos de variación de potencia que no han podido ser asignados a un aparato de ninguna clase. Estos ciclos son asignados entonces a la clase de consumo « Otros ».

45 Es de observar que el conjunto de ciclos validados definitivamente para todos los aparatos de una clase, corresponden al consumo total identificado para esta clase de aparatos, lo que permite calcular y representar la parte de consumo de esta clase en la curva de carga global.

Etapa 6 (figura 4): clasificación final y puestas al día

50 El algoritmo actualiza, para cada clase de aparatos, cada sub-conjunto de ciclos con los ciclos que faltan que han sido reconstruidos. La clase es completada con la actualización de los ciclos que faltan y se reduce el tamaño del conjunto ECr. Al final del proceso total de filtración se debe obtener una clase « Otros » lo más pequeña posible. A partir de esta clasificación definida, el algoritmo pone igualmente al día los vectores de información almacenados en memoria.

En definitiva, el conjunto de etapas de los algoritmos de filtración tiene por objetivo producir una clasificación fiable de los aparatos que pertenecen a una misma clase y minimizar el tamaño de la clase « Otros », es decir, el número

de acontecimientos de potencia no atribuidos a una clase de aparatos o a un aparato.

Definición de los criterios en potencia y en tiempo, y sus umbrales

5 Para cada sub-conjunto de la clasificación realizada en la primera parte del algoritmo (filtración de la curva de carga), los criterios en potencia y en tiempo toman valores que son denominados « umbrales ». La definición o el cálculo de estos umbrales permite al algoritmo efectuar una elección con respecto a una variación de potencia que pertenezca al conjunto de los ciclos rechazados.

Como se ha visto, los umbrales son de diferentes naturalezas: hay umbrales fijados y umbrales auto-adaptados durante la ejecución del algoritmo.

Los umbrales fijados:

10 Esos umbrales son fijados en función de la experiencia adquirida gracias al estudio de una base de referencia de aparatos y de su consumo en funcionamiento. Estos umbrales fijados son invariables de la clase estudiada. Van a ser aplicados con ciertos criterios de la clase, y permanecerán sin cambio cualquiera que sea el sub-conjunto de ciclos estudiado. Estos umbrales se presentan bajo la forma de un intervalo de valores. La definición de un intervalo de valores posibles permite al algoritmo una cierta flexibilidad en el análisis de características de una variación de potencia, de manera que se evite una elección arbitraria que pueda entrañar errores de clasificación.

Los umbrales auto-adaptados:

Estos son umbrales que se calculan durante la fase de aprendizaje, con la ayuda de útiles estadísticos simples aplicados a ciertos criterios de la clase. Son por tanto características del sub-conjunto de ciclos estudiados.

En el caso de la clase « Bomba », los umbrales auto-adaptados son, por ejemplo:

- 20
- la media de las variaciones de potencia de la primera variación de potencia del ciclo, indicada como $media(\Delta P_1)$;
 - la media de las variaciones de potencia de la segunda variación de potencia, indicada como $media(\Delta P_2)$;
 - la media del retraso entre la primera y la segunda variaciones de potencia, indicada como $media(\Delta T_1)$.

25 Es en la fase de reconstrucción de los ciclos donde se utilizan la mayoría de los umbrales, bajo la forma de combinaciones entre los umbrales fijados y los umbrales auto-adaptados. Estas combinaciones permiten tener en cuenta, para cada variación de potencia analizada, las características del sub-conjunto de ciclos, pero también las características generales de la clase estudiada.

30 La tabla que sigue proporciona, a modo de ejemplo, la naturaleza, los valores de los umbrales y los criterios utilizados en el algoritmo de las « Bombas ». Se ha de entender que los criterios y los umbrales correspondientes son variables en función de cada clase de aparatos y pueden ser determinados fácilmente por el experto en la técnica.

	Criterio	Naturaleza del umbral	Valor del umbral
(1)	$\Delta P_T = \sum_{i=1}^3 P_i$	fijado	[-40w, 40w]
(2)	(ΔP_1) (ΔP_2) (ΔP_3) (ΔT_3)	Fijado y Auto-adaptado	$[media(\Delta P_1) - 200W, media(\Delta P_1) + 200W]$ $[media(\Delta P_2) - 250W, media(\Delta P_2) + 200W]$ $[media(\Delta P_3) - 50W, media(\Delta P_3) + 50W]$ $[media(\Delta T_3) - 5 \text{ min}, media(\Delta T_3) + 10 \text{ min}]$
(3)	(ΔP_1)	Fijado y Auto-adaptado	$[media(\Delta P_1) - 700W, media(\Delta P_1) + 700W]$

	Criterio	Naturaleza del umbral	Valor del umbral
(4)	(ΔP_2) (ΔT_1)	Fijado y Auto-adaptado	$[\text{media } (\Delta P_2) - 250W, \text{media } (\Delta P_2) + 200W]$ $[\text{media } (\Delta T_1) - 1s, \text{media } (\Delta T_1) + 1s]$
(5)	(ΔP_3) (ΔT_3)	Fijado y Auto-adaptado	$[\text{media } (\Delta P_3) - 100W, \text{media } (\Delta P_3) + 100W]$ $[\text{media } (\Delta T_3) - 5 \text{ min}, \text{media } (\Delta T_3) + 15 \text{ min}]$
(6)	$\sum_{i=1}^3 P_i$ (ΔT_4) Número de ciclos	Fijado y Auto-adaptado	$[-40W, 40W]$ $[\text{media } (\Delta T_4) - 10 \text{ min}, \text{media } (\Delta T_4) + 10 \text{ min}]$ Número de ciclos > 5

Tabla 3: criterios y umbrales asociados a algoritmos « Bomba »

5 La función de los umbrales auto-adaptados es la de permitir al algoritmo adaptarse a la curva de carga y a los verdaderos aparatos que están presentes. En consecuencia, no existe regla de decisión rígida, sino más bien intervalos de valores que permiten una flexibilidad en la elección de las variaciones de potencia.

La definición de los criterios y de los umbrales asociados, para cada algoritmo, hace el proceso de filtración a la vez coherente y particular, ya que el principio de filtración permanece el mismo para cada clase, pero cada algoritmo posee ciertas características propias del hecho de que los umbrales son auto-adaptados.

10 Es esta dualidad la que permite llegar a una clasificación de los aparatos sin informaciones exteriores al sistema, solamente a partir de las curvas de cargas.

A cada curva de carga, los ficheros de aprendizaje están más completos en las informaciones analizadas, y permiten afinar los umbrales de los criterios.

Ventajas de la invención

15 La invención remedia el problema planteado y consigue los objetivos previstos. Gracias a la definición de clases de aparatos eléctricos en función de sus características de consumo (ciclos de variación de potencia consumida en función del tiempo), la invención ha mostrado que es posible crear un proceso iterativo capaz de extraer firmas de potencia y de tiempo para cada clase de aparatos, y de repartir los aparatos del lugar en varias clases previamente definidas, simplemente por filtración de la curva de carga global, sin ninguna otra información previa sobre los aparatos, simplemente a condición de disponer previamente de un conjunto de clases definidas a partir de una base de referencia de los aparatos eléctricos.

20 Si el análisis de los ciclos de potencia de la curva de carga no permite todavía identificar con precisión un aparato dado en una clase de aparatos, permite, sin embargo, atribuir cada aparato del lugar de consumo a una de las clases previamente definidas, lo que permite repartir el consumo global entre las clases de aparatos presentes en el lugar. Ello permite, en particular, detectar clases de aparatos que consumen más y, en consecuencia, tomar medidas correctoras en el lugar, principalmente con el fin de reducir el consumo de una clase de aparatos, y/o el consumo global del lugar.

25 La experimentación ha mostrado que, a diferencia de los procedimientos existentes, el procedimiento según la invención permite obtener una tasa de atribución del consumo a una clase de aparatos, superior a 85% en promedio, y superior a 70% cualesquiera que sean los casos de figura.

30 Todavía es importante observar que la puesta en práctica del procedimiento y del dispositivo según la invención tiene un carácter totalmente no intrusivo frente al usuario del lugar, lo que es una garantía de su eficacia y de que se tiene en cuenta el reparto del consumo efectuado.

La puesta en práctica del procedimiento según la invención necesita simplemente la puesta en práctica de una simple caja electrónica dispuesta al nivel del contador eléctrico del lugar, y provista de una lógica que permita adquirir la curva de carga y filtrarla como se ha descrito anteriormente, debiendo entenderse que el propio tratamiento puede ser efectuado localmente en el lugar, o incluso a distancia, de manera centralizada.

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de análisis del consumo eléctrico de una pluralidad de aparatos eléctricos que funcionan en un lugar de consumo, por filtración de una curva de carga que representa el consumo eléctrico de los citados aparatos en función del tiempo, que comprende las etapas siguientes:
 - 5 - previamente a la filtración propiamente dicha de la curva de carga:
 - registrar y hacer numérica la curva de carga, de manera que se obtenga una curva de carga numérica por periodos de tiempo;
 - definir un conjunto de clases de aparatos, siendo cada clase definida por ciclos similares de variaciones de potencia;
 - 10 - definir, para cada clase de aparatos, un algoritmo de filtración de la curva de carga dedicado a la citada clase de aparatos, siendo el citado algoritmo apto para extraer ciclos de variación de potencia de la curva de carga numérica, y asignarlos a dicha clase de aparatos;
 - durante la filtración de la curva de carga numérica:
 - 15 - utilizar sucesivamente los algoritmos de filtración dedicados a cada clase aparatos, para identificar y reagrupar, a partir de la curva de carga numérica, los ciclos de variaciones de potencia consumida por los aparatos eléctricos;
 - estando caracterizado el procedimiento, por una parte, porque la curva de carga numérica es filtrada sucesivamente con la ayuda de un algoritmo específico para cada clase de aparatos, según una sucesión ordenada de algoritmos de filtración, y estando el procedimiento caracterizado, por otra parte, porque la etapa de filtración propiamente dicha de la curva de carga numérica para una clase de aparatos dada comprende las operaciones siguientes:
 - 20 - búsqueda y extracción, a partir de la curva de carga, de los ciclos de variación de potencia característicos de la clase dada de aparatos;
 - validación de los ciclos extraídos en función de criterios en potencia y en tiempo previamente definidos, y reparto de los ciclos extraídos entre un conjunto de ciclos válidos que corresponden al modelo de funcionamiento en potencia y en tiempo de un aparato, y un conjunto de ciclos previamente rechazados;
 - 25 - creación de una división provisional constituida por sub-conjuntos incompletos de ciclos validos, comprendiendo cada sub-conjunto incompleto ciclos de un solo aparato;
 - 30 - aprendizaje local de los ciclos válidos de cada división provisional, de manera que se definan criterios característicos de los ciclos válidos;
 - reconstrucción, a partir de los criterios resultantes del aprendizaje local, del modelo de funcionamiento cronológico completo o casi completo de cada aparato, atribuyéndole ciclos de variación de potencia anteriormente rechazados provisionalmente;
 - 35 - actualización o puesta al día de la clasificación y del aprendizaje en función de la etapa de reconstrucción, de manera que se cree una división definitiva de los ciclos extraídos, correspondiendo cada división al consumo de un aparato.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la etapa de búsqueda y de extracción de los ciclos de variación de potencia característicos de una clase dada de aparatos, consiste en definir códigos binarios característicos correspondientes a las variaciones de potencia de esta clase de aparatos, después en sustraer de la curva de carga numérica los códigos binarios característicos así definidos y en clasificarlos ya sea en un conjunto de ciclos válidos correspondientes al modelo de funcionamiento de un aparato, ya sea en un conjunto de ciclos rechazados provisionalmente, a continuación en reinyectar los ciclos rechazados provisionalmente en la curva de carga antes de la búsqueda de los ciclos de variación de potencia relativos a otra clase de aparatos.
 - 40
 - 45
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque para validar los ciclos extraídos para una clase dada de aparatos, las características en potencia y en tiempo de los ciclos extraídos son comparadas con los criterios en potencia y en tiempo previamente definidos para esta clase, y aquellos de los ciclos que presentan características en potencia y en tiempo incompatibles con los criterios fijados son provisionalmente rechazados, siendo los otros ciclos definitivamente validados como pertenecientes a un aparato de la clase dada.
 - 50
4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la creación de una división provisional constituida por subconjuntos incompletos de ciclos de variación de potencia válidos para cada aparato comprende etapas

- que consisten en reagrupar los ciclos de variación de potencia válidos que presentan sensiblemente los mismos valores de los criterios en potencia y en tiempo, de manera que cada grupo de ciclos represente los ciclos de un aparato de la clase que haya funcionado sobre la curva de carga, después en representar la división provisional bajo la forma de una matriz de informaciones en la que cada línea representa un aparato y cada columna contiene los ciclos extraídos válidos que pertenecen a los aparatos.
- 5
5. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la etapa de aprendizaje consiste en calcular los valores de un conjunto de criterios en potencia y tiempo asociados a los ciclos válidos de cada aparato, después en analizar estadísticamente estos valores, y en almacenar las estadísticas obtenidas en memoria, bajo la forma de un vector de informaciones asociado a cada aparato.
- 10
6. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la etapa de reconstrucción consiste en reconstituir, para cada aparato, el conjunto completo o casi completo de los ciclos de variación de potencia para este aparato entre su encendido y su apagado, integrando de manera cronológica, en el conjunto de los ciclos válidos de este aparato, ciclos seleccionados a partir del conjunto de los ciclos provisionalmente rechazados, efectuándose esta selección con ayuda de criterios y de umbrales obtenidos del aprendizaje.
- 15
7. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la etapa de creación de una división definitiva consiste en actualizar cada sub-conjunto de ciclos que representan un aparato de la clase filtrada, con los ciclos que faltan tal como han sido reconstruidos durante la etapa de reconstrucción.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque los criterios en potencia y en tiempo son auto-adaptables y varían de una curva de carga a otra.
- 20
9. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende una etapa que consiste en agregar los consumos eléctricos de cada clase de aparatos a partir de la división definitiva de los ciclos extraídos, de manera que se produzca un estado recapitulativo que indique el consumo eléctrico, o la proporción de consumo eléctrico, de los aparatos de cada clase durante un periodo de análisis del consumo.
- 25
10. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la curva de carga es hecha numérica por periodos de tiempo inferiores o iguales a un segundo.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el conjunto de clases previamente definidas de aparatos comprende al menos una de las clases tomadas entre las siguientes:
- la clase llamada de las bombas eléctricas;
 - la clase llamada de las resistencias eléctricas;

30

 - la clase llamada de los hornos de micro-ondas;
 - la clase llamada de los aparatos eléctricos de gran electrodoméstico;
 - la clase de otros aparatos eléctricos que no entran en una clase precedente.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque la clase llamada de las bombas eléctricas está definida por un ciclo de variación de potencia consumida que comprende sucesivamente una primera variación positiva de potencia, una segunda variación negativa de potencia y una tercera variación negativa de potencia.
- 35
13. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque la clase llamada de los aparatos eléctricos de gran electrodoméstico está definida por un ciclo de variación de potencia consumida que comprende sucesivamente al menos cuatro variaciones de potencia, a saber, una primera variación de potencia positiva, una segunda variación de potencia negativa, una tercera variación de potencia positiva y una cuarta variación de potencia negativa.
- 40
14. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque la clase llamada de los hornos de micro-ondas está definida por cuatro tipos de ciclos distintos de variación de potencia, comprendiendo el primer tipo de ciclo una variación de potencia positiva seguida de una variación negativa, comprendiendo el segundo tipo de ciclo dos variaciones positivas seguidas de una variación negativa, comprendiendo el tercer tipo de ciclo una variación positiva seguida de dos variaciones negativas, y comprendiendo el cuarto tipo de ciclo dos sucesiones constituidas cada una por una variación positiva seguida de una variación negativa.
- 45
15. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque la clase llamada de las resistencias eléctricas está definida por un ciclo de variación de potencia consumida que comprende sucesivamente una primera variación positiva de potencia seguida por una segunda variación negativa de potencia.
- 50
16. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado porque pone en práctica sucesivamente el algoritmo de filtración relativo a la clase de las bombas, a continuación el algoritmo de filtración relativo a la clase de los hornos de micro-ondas, después el algoritmo de filtración relativo a la clase del gran electrodoméstico y a

continuación el algoritmo de filtración relativo a la clase de las resistencias.

17. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las etapas de adquisición de la curva de carga y de filtración de la curva de carga son realizadas localmente en el lugar de consumo.
- 5 18. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, caracterizado porque la adquisición de la curva de carga es realizada localmente, y porque los valores binarios representativos de la curva de carga son a continuación transmitidos a un centro de tratamiento distante, en el que son efectuadas las etapas de filtración de la curva de carga.
- 10 19. Dispositivo de tratamiento destinado a ser conectado a la línea de alimentación eléctrica de un lugar de consumo, caracterizado porque comprende una lógica adaptada a poner en práctica el procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

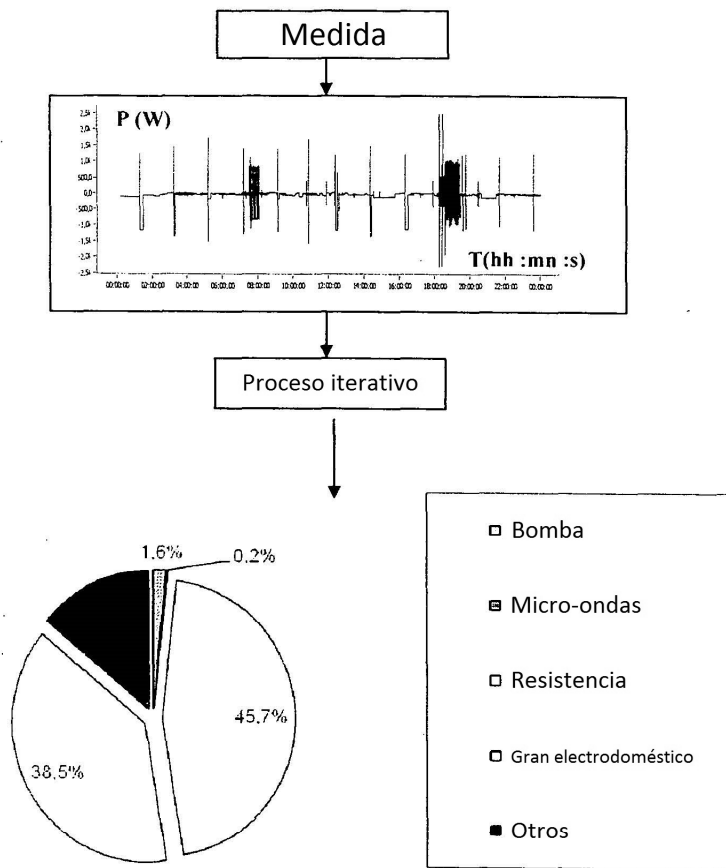


FIGURA 1

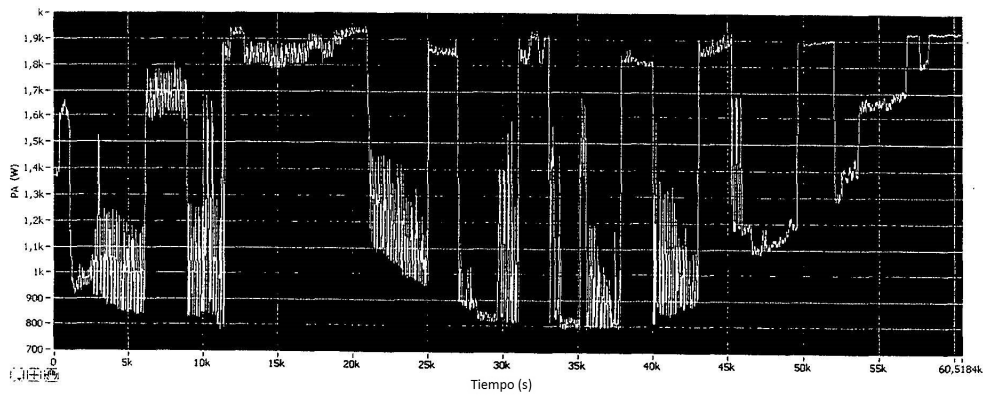


FIGURA 2

Figura 2: extracto de curva de carga, registrado en tiempo real en un periodo aproximado de dieciséis horas.

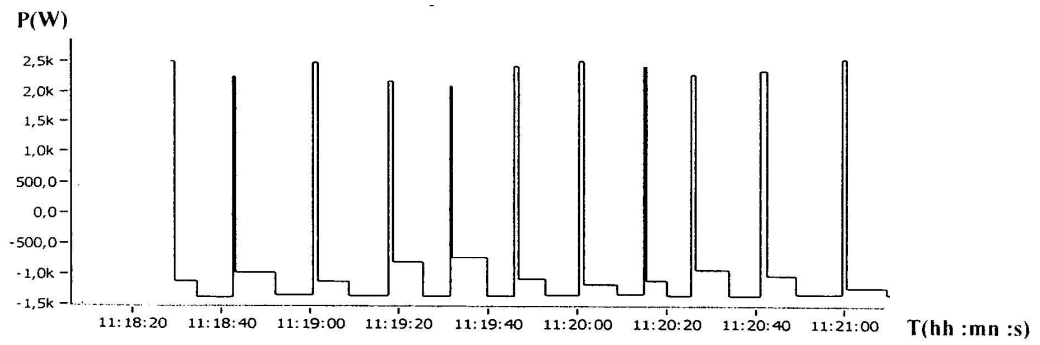


FIG. 3A : la clase "Bomba"

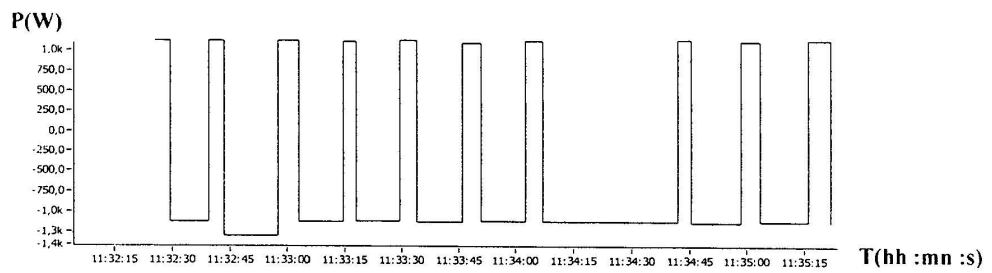


FIG. 3B : la clase "Resistencia"

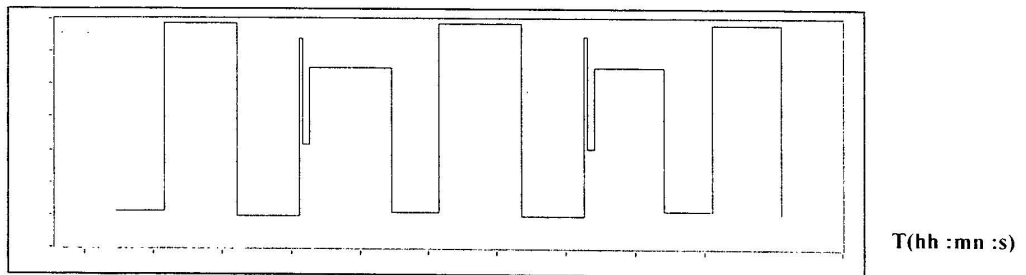


FIG. 3C : la clase "micro-ondas"

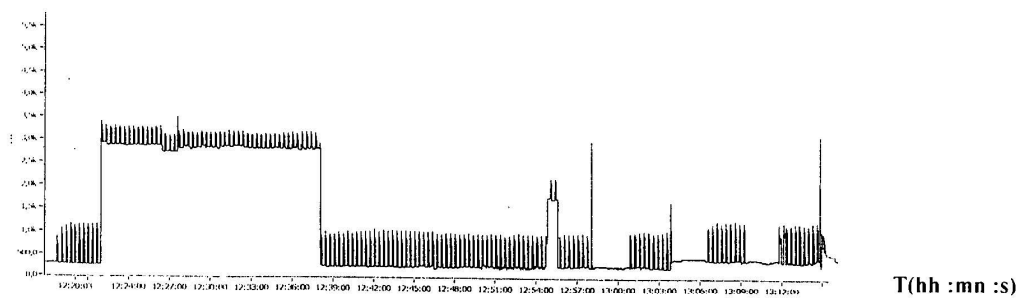


FIG. 3D : la clase "Gran electrodoméstico"

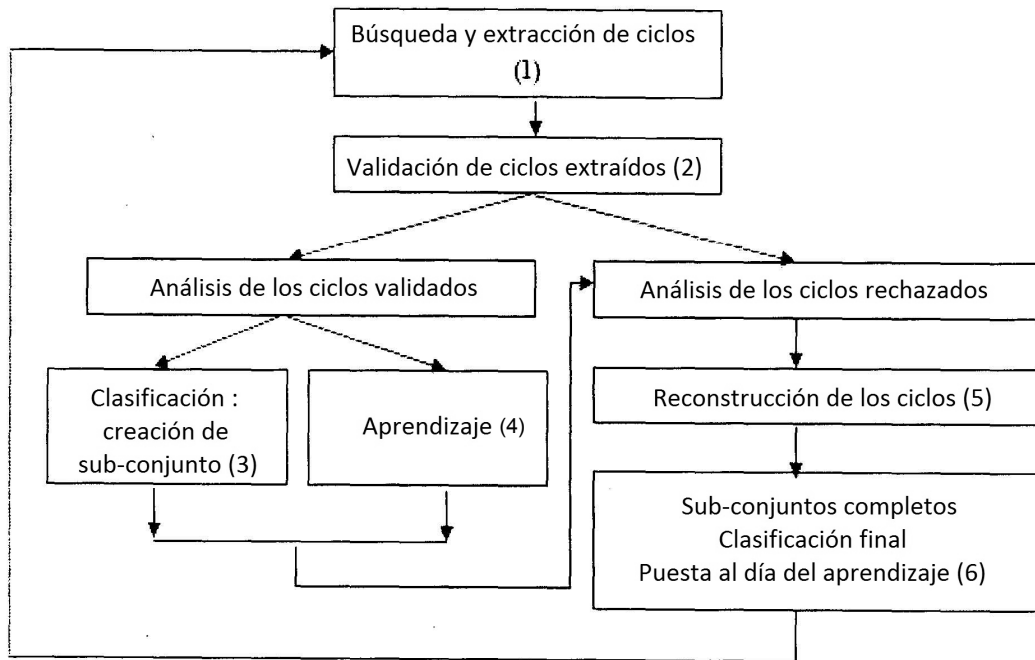


FIGURA 4

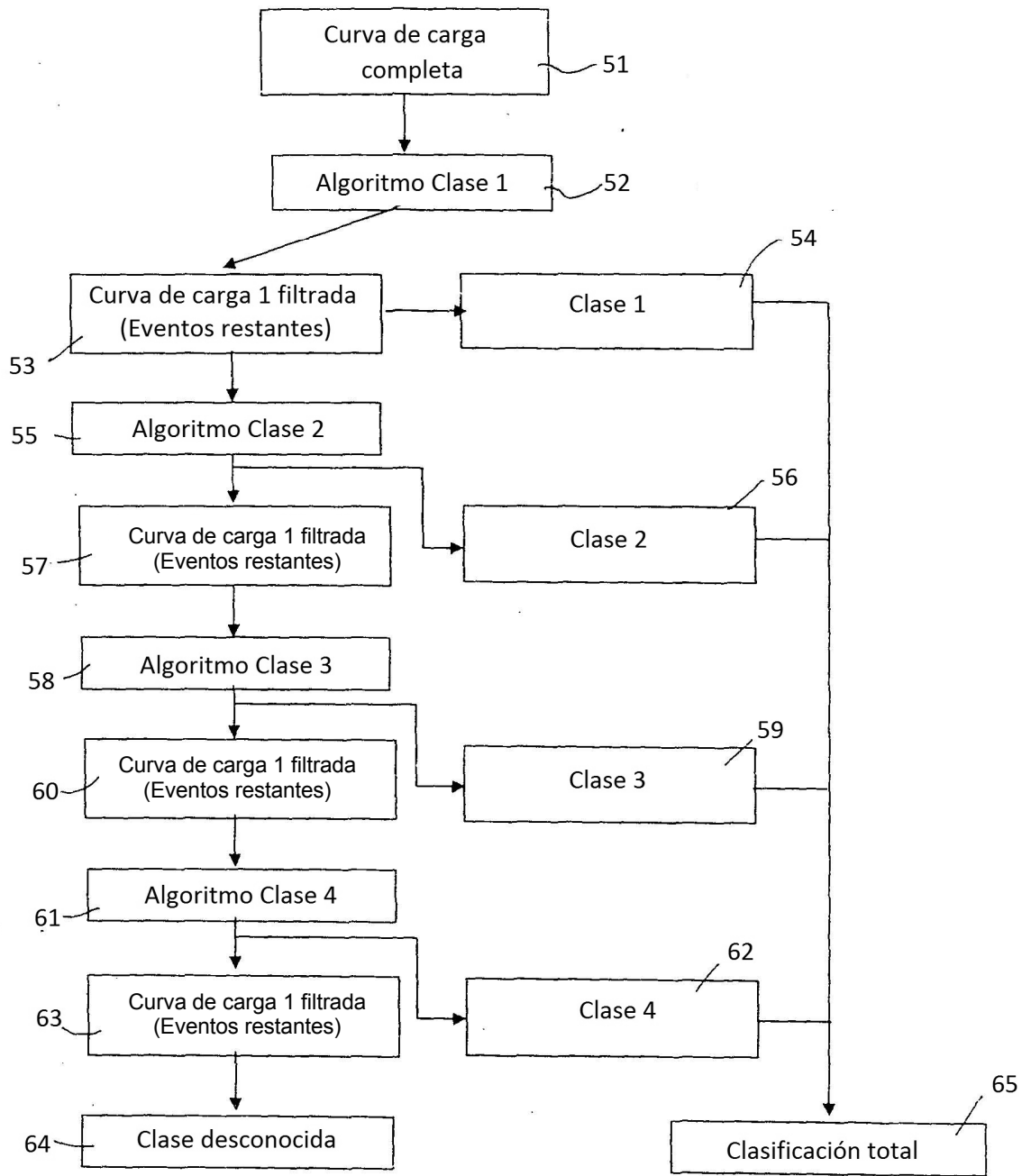


FIGURA 5.1

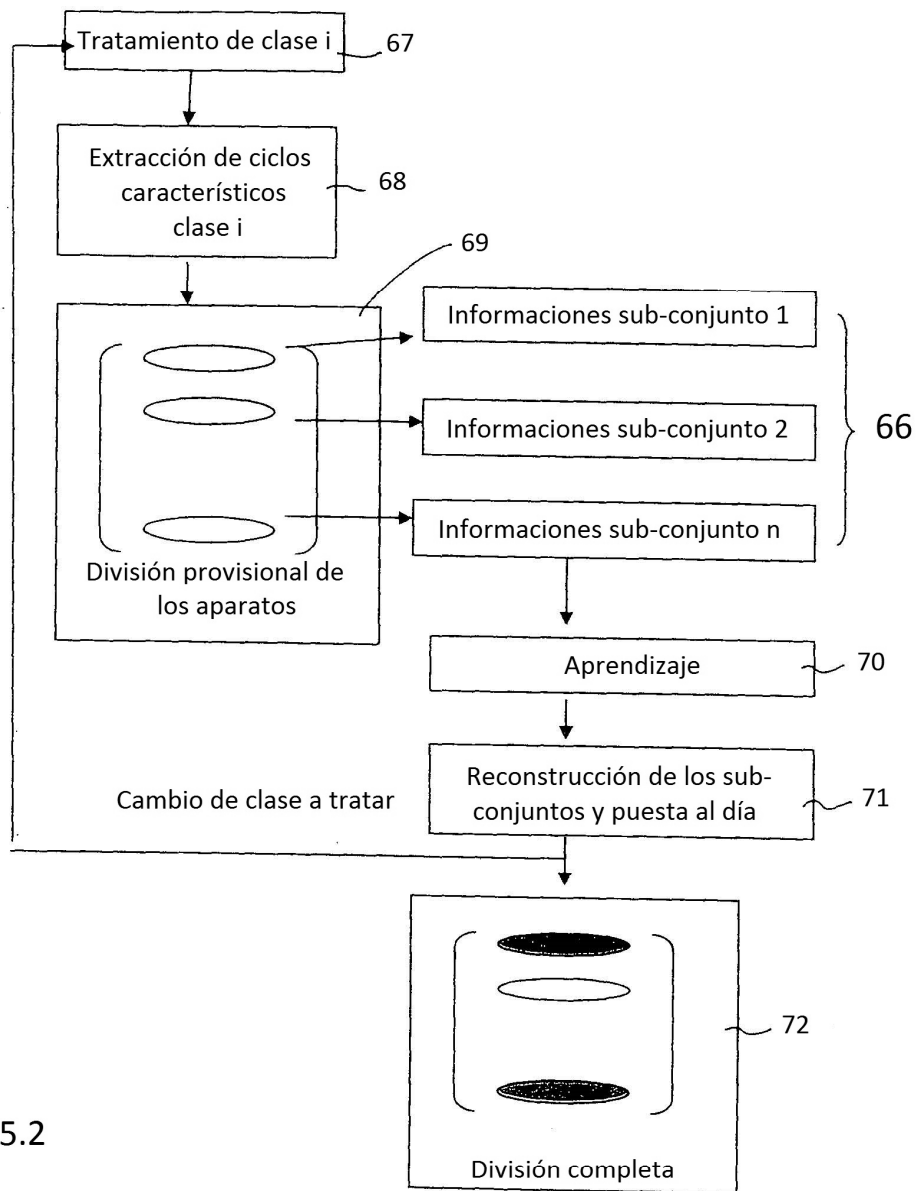


FIGURA 5.2

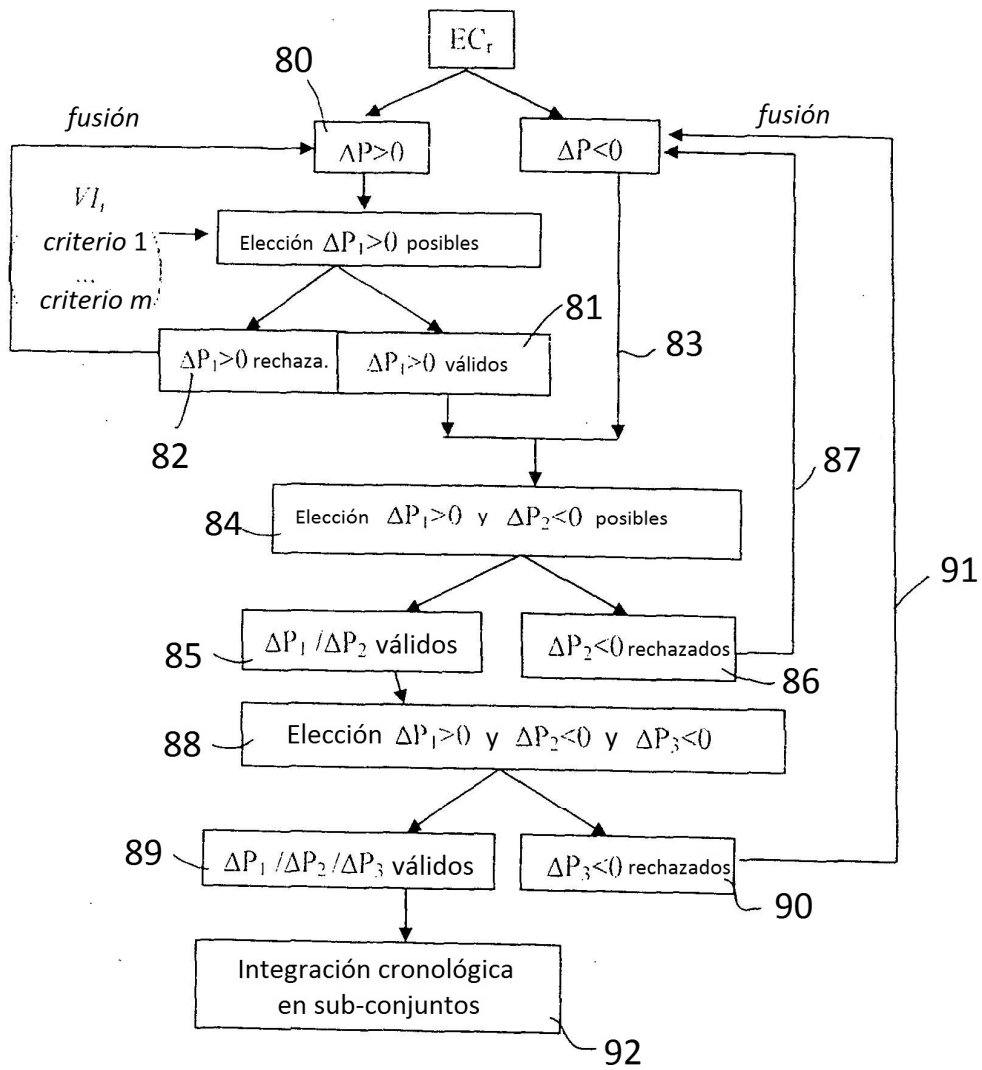


FIGURA 5.3