

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 383**

51 Int. Cl.:

G01D 4/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2012 E 12729687 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016 EP 2718673**

54 Título: **Procedimiento de análisis del consumo de electricidad de un centro que comprende múltiples equipos eléctricos**

30 Prioridad:

08.06.2011 FR 1101745

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

05.09.2016

73 Titular/es:

**SMART IMPULSE (100.0%)
Incubateur de l'Ecole Centrale de Paris Grande
Voie des Vignes
92295 Chatenay-Malabry Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**RICHE, DIDIER;
EL RAMI, NADIM y
TOURIN-LEBRET, DORIAN**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 581 383 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 de análisis del consumo de electricidad de un centro que comprende múltiples equipos eléctricos

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo del análisis del consumo eléctrico de un centro residencial, terciario o industrial no invasivo, es decir, que no requiere la instalación de sensores asociados a cada uno de los equipos que deban supervisarse ni el corte del suministro eléctrico de la instalación. Este análisis sirve en particular para
10 identificar los resortes claves para ahorrar energía.

Estado de la técnica

Se conocen en el estado de la técnica diferentes soluciones consistentes en obtener datos sobre los factores de
15 forma de la corriente y/o de la tensión de alimentación corriente arriba del centro y restarles los datos del consumo individual de cada uno de los equipos eléctricos.

Una primera familia de soluciones consiste en observar las variaciones temporales de la curva de carga e identificar
20 firmas en comparación con unas firmas de referencia de los principales equipos registradas.

En particular, la patente europea EP2000780 describe un procedimiento de detección y estimación del consumo de
los usos eléctricos de las instalaciones de un abonado, caracterizado por que consiste al menos en:

- establecer la curva de consumo eléctrico general de las instalaciones del abonado, incluyendo la etapa consistente
25 en establecer la curva de consumo general de las instalaciones del abonado al menos: el muestreo del consumo de los efluentes consumidos por las instalaciones del abonado, produciéndose dicho muestreo corriente arriba del contador del consumo de efluentes conectado a la conexión a la red general;
- efectuar, mediante la segmentación de la curva de consumo general de las instalaciones del abonado y mediante
30 el seguimiento de los eventos de consumo eléctrico en régimen transitorio, el reconocimiento de los usos eléctricos y estimar su correspondiente consumo.

Se conoce también la solicitud de patente internacional WO 2010106253 que describe un procedimiento de análisis
del consumo eléctrico de una pluralidad de aparatos eléctricos que funcionan en un centro de consumo, mediante el
35 filtrado de una curva de carga que representa el consumo eléctrico de dichos aparatos en función del tiempo, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

- antes del filtrado propiamente dicho de la curva de carga:
- registrar y digitalizar la curva de carga, de modo que se obtenga una curva de carga digitalizada por periodos de
40 tiempo;
- definir un conjunto de clases de aparatos, definiéndose cada clase por ciclos similares de variación de potencia;
- definir, para cada clase de aparato, un algoritmo de filtrado de la curva de carga específica de dicha clase de
aparato, siendo dicho algoritmo capaz de extraer ciclos de variación de potencia de la curva de carga digitalizada, y
asignarlo a dicha clase de aparato;
- a continuación, durante el filtrado propiamente dicho de la curva de carga digitalizada, utilizar sucesivamente los
45 algoritmos de filtrado específicos de cada clase de aparato para identificar y agrupar, a partir de la curva de carga digitalizada, los ciclos de variaciones de potencia consumida por los aparatos eléctricos.

Una segunda familia de soluciones consiste en tener en cuenta no la variación temporal de la potencia medida
corriente arriba de la instalación, sino la forma de onda de la corriente consumida por cada uno de los equipos.
50

En particular, la solicitud de patente internacional WO2011012840 se refiere a un procedimiento de identificación del
funcionamiento de un aparato eléctrico, por ejemplo un motor de inducción. El procedimiento comprende la
identificación del funcionamiento de un aparato eléctrico cuando una trayectoria trazada por unos valores de
potencia real en comparación con unos correspondientes valores de potencia virtual en un determinado período
55 comprende uno o varios arcos sustancialmente circulares. Los valores de potencia real están vinculados a la potencia real total suministrada a uno o más aparatos eléctricos en función del tiempo y los valores de potencia virtual están vinculados a la potencia virtual total suministrada a uno o más aparatos eléctricos en función del tiempo. La invención también se refiere a un procedimiento asociado de identificación del funcionamiento de un tipo de aparato especificado, en el que el funcionamiento de dicho tipo de aparato especificado depende del suministro de al

menos una fuente de energía, como la electricidad, el gas natural o el agua. La invención también se refiere a programas informáticos, soportes que puedan ser leídos por ordenador y productos y aparatos de programas informáticos correspondientes.

5 También se conoce la patente europea 1296147, que describe un procedimiento para estimar el consumo de electricidad individual de una pluralidad de aparatos eléctricos que consiste en:

- crear un modelo para estimar el consumo de electricidad de cada uno de los aparatos eléctricos a partir de las relaciones entre los datos relativos a los armónicos fundamentales y superiores de corriente de máxima carga y sus diferencias de fase de tensión a partir de la corriente de máxima carga y de la tensión obtenidas a partir de combinaciones de diferentes estados de uso de una pluralidad de aparatos eléctricos y los consumos eléctricos utilizados para obtener dichos datos
- 10 - y obtener el consumo de electricidad de los aparatos individuales en funcionamiento utilizando dicho modelo para estimar el consumo de cada aparato a partir de dichos armónicos fundamentales y superiores de dicha corriente de carga máxima y de dichas diferencias de fase de tensión obtenidas a partir de dicha corriente de máxima carga y de la tensión medidas en las proximidades de una entrada de servicio.
- 15

Inconvenientes de la técnica anterior.

20 Los procedimientos consistentes en observar las variaciones temporales de la curva de carga e identificar firmas en comparación con las firmas de referencia registradas de los principales equipos no están adaptados para el análisis de centros que comprendan un gran número de equipos. En efecto, la periodicidad de las adquisiciones es de alrededor de un segundo. Cuando varios equipos se detienen o arrancan con un desfase temporal pequeño, inferior a la periodicidad de adquisición, se produce un fenómeno de enmascaramiento que impide un reconocimiento
25 pertinente de los equipos en cuestión.

Por otra parte, el procedimiento solo tiene en cuenta los transitorios (encendido/apagado) y no toma en consideración los equipos en funcionamiento permanente.

30 Estos problemas llevaron a desarrollar la segunda familia de soluciones, basada en el análisis de las formas de onda.

El problema técnico que plantean estos procedimientos es el de la solidez de los tratamientos. En efecto, estos procedimientos se basan en la caracterización de un equipo con una firma registrada en una situación particular.
35 Cuando se utiliza el equipo en un centro, esa firma resulta ligeramente perturbada, sobre todo por la calidad de la tensión del suministro. Es por tanto necesario proporcionar un margen de error para permitir la detección efectiva de los equipos. Dicho margen de error, sin embargo, conlleva un riesgo de confusión entre equipos distintos, pero caracterizados cada uno por firmas parecidas.

40 Este problema descarta la posibilidad de una base de datos universal y requiere un modelado para cada centro.

Solución proporcionada por la invención

La presente invención tiene como objetivo proporcionar una solución técnica para los problemas planteados por los
45 procedimientos de análisis del estado de la técnica.

Con este fin, la invención se refiere, en su sentido más general, a un procedimiento de análisis del consumo de electricidad de un centro que comprende múltiples equipos eléctricos de diversos tipos, consistente en medir periódicamente la corriente y la tensión al menos en una de las fases eléctricas corriente arriba de la red eléctrica de alimentación del centro, en aplicar a una combinación de las señales digitalizadas de dichas corriente y tensión
50 medidas un tratamiento de análisis para determinar el reparto del consumo en función de al menos una parte de dichos equipos basándose en una firma de cada uno de dichos equipos, caracterizado por que dicho tratamiento de análisis consiste en comparar la forma de onda de corriente medida en una biblioteca de firmas previamente registradas de cada uno de dichos equipos eléctricos, comprendiendo dichas firmas al menos un parámetro en
55 función de la forma de onda de la tensión de alimentación, determinándose la firma de cada uno de los equipos en una etapa previa consistente en aplicar a cada uno de los equipos una serie predeterminada de secuencias de alimentación con señales de tensión cuya forma de onda es representativa de las formas de onda observadas en las instalaciones eléctricas habituales y en registrar la forma de onda de corriente resultante del funcionamiento de dicho equipo.

Preferiblemente, la firma de al menos una parte de dichos equipos se basa en una combinación de firmas de los componentes eléctricos utilizados por el equipo en cuestión.

- 5 Ventajosamente, se procede además a un tratamiento que tiene en cuenta el ciclo de activación de los componentes eléctricos constitutivos de cada uno de los equipos en cuestión.

Preferiblemente, al menos una parte de las firmas comprende al menos un parámetro que depende de la forma de onda de la tensión de alimentación observada.

10

Según un modo de realización particular, se asocia al menos a parte de los equipos un catálogo de firmas, teniendo en cuenta cada una de las firmas de dicho catálogo de un determinado equipo la forma de onda de tensión de la señal de alimentación medida en el momento de la adquisición de la firma.

- 15 Según una forma de realización preferida, el procesamiento de análisis consiste en aplicar una primera etapa de cálculo de una transformada rápida de Fourier a las señales de corriente y tensión.

Ventajosamente, el procesamiento de análisis consiste en aplicar una segunda etapa de descomposición del resultado de la transformada rápida de Fourier en función de las firmas características de cada uno de los citados equipos.

20

Según una variante, el tratamiento de análisis consiste en aplicar una etapa adicional de validación de los resultados de la etapa de descomposición que consiste en verificar la presencia de variaciones temporales en formas de onda de corriente de cada uno de los elementos reconocidos.

25

Preferiblemente, el tratamiento de análisis incluye una etapa adicional de asociación de los elementos reconocidos para identificar los equipos en cuestión.

La invención también se refiere a un procedimiento de modelado de los equipos de cara a la aplicación del citado procedimiento de análisis caracterizado por que se alimenta a los diferentes elementos eléctricos que componen dicho equipo con una tensión de forma de onda de referencia, y de registro de los datos digitales representativos de la forma de onda de las señales de tensión y corriente medidas.

30

Preferiblemente, para cada equipo se registra un catálogo de firmas, cada una de las cuales corresponde a la forma de onda de las señales de tensión y corriente medidas durante la alimentación con una tensión de forma de onda diferente.

35

Ejemplo de realización detallado

- 40 La presente invención se entenderá mejor con la lectura de la siguiente descripción de un ejemplo de realización no restrictivo, que se remite a los dibujos adjuntos, donde:

- la figura 1 representa una vista esquemática de una instalación equipada con un medio de análisis según la invención

45

- la figura 2 representa el diagrama de las etapas aplicadas por el procedimiento

Presentación de la instalación

La figura 1 representa un ejemplo de aplicación de la invención.

50

El centro (1) está constituido por ejemplo por un edificio residencial individual o colectivo, un edificio de oficinas o un edificio industrial, o por un complejo que agrupa varios edificios.

En ese edificio hay instalados distintos equipos eléctricos (2 a 4), por ejemplo un ordenador, una lámpara de iluminación, un equipo electrodoméstico, un equipo de calefacción o aire acondicionado, etc.

55

Estos distintos aparatos están conectados a una red eléctrica privada cuya arquitectura es habitual, estando esta red privada a su vez conectada a la red eléctrica de un distribuidor de energía (5) a través de una estación de conexión (6), por ejemplo, un cuadro general de baja tensión conectado a una subestación de distribución.

Se instalan en esta estación de conexión sensores de tensión y corriente.

En cada una de las fases de alimentación, se instalan bobinas de Rogowski que proporcionan una señal de función
5 de la corriente de gran precisión.

Para medir las tensiones, se conecta a cada una de las fases un cable conectado a la herramienta de análisis (7). La herramienta de análisis (7) está conectada al punto de conexión (6) por un haz de cables (8) para la transmisión de las formas de onda de las corrientes y tensiones medidas.

10

Medición de la tensión

En una red monofásica (un conductor neutro y una fase) o trifásica (tres fases y opcionalmente un conductor neutro), la tensión es el volumen eléctrico suministrado por el distribuidor de energía en cada fase. Cada aparato eléctrico
15 enchufado a una toma de corriente está sometido a ella.

Con el fin de conocer el entorno eléctrico de la red observada, medimos la forma de onda de la tensión en cada una de las fases. En efecto, el comportamiento de un aparato eléctrico varía en función de la tensión a la que esté sometido.

20

La información de interés es la forma de onda de la tensión durante un periodo de la señal (20 ms a 50 Hz, por ejemplo), llamado «período de observación». Esta forma de onda de la tensión, asimilable a una onda sinusoidal que haya sufrido perturbaciones a lo largo de toda la red que une la planta de producción con el terminal de consumo, es transmitida a una tarjeta electrónica y procesada a continuación por un transformador de analógico a digital. De ese
25 modo, se representa de forma digital. El número de muestras por período y la profundidad de digitalización deben ser lo suficientemente grandes como para permitir una reproducción fiel y un bajo nivel de ruido de medición. La experiencia demuestra la necesidad de al menos 64 puntos por período y de una profundidad de digitalización de 10 bits como mínimo.

30 Medición de la intensidad de la corriente

Cada aparato conectado a una red eléctrica está sometido a una tensión y, en consecuencia, consume una corriente. En una red monofásica, esa corriente fluye a través del neutro y de la fase; en una red trifásica equilibrada, la corriente fluye a través de las tres fases; y en una red trifásica desequilibrada la corriente fluye a través de las tres
35 fases y del neutro.

Partiendo del hecho de que los componentes de un aparato eléctrico influyen en las perturbaciones ejercidas sobre la corriente que lo atraviesa, queremos medir precisamente la intensidad de dicha corriente.

40 Para ello, utilizamos sensores de corriente (uno por fase), cuya función es generar una señal de imagen de la corriente que pasa a través de un conductor eléctrico. Más específicamente, utilizamos sensores no invasivos llamados bobinas de Rogowski, que tienen forma de anillos que se colocan alrededor de los cables de alimentación de una instalación eléctrica. Al estar estos anillos abiertos, no es necesario cortar la corriente para colocarlos.

45 La información de interés es la forma de onda de la intensidad de la corriente durante un periodo de la señal (20 ms a 50 Hz, por ejemplo), llamado «período de observación». Esta forma de onda, asimilable a una onda sinusoidal que haya sufrido perturbaciones a su paso por diversos aparatos eléctricos, es transmitida a una tarjeta electrónica y procesada a continuación por un transformador de analógico a digital. De ese modo, se representa de forma digital. El número de muestras por período y la profundidad de digitalización deben ser lo suficientemente grandes como
50 para permitir una reproducción fiel y un bajo nivel de ruido de medición. La experiencia demuestra la necesidad de al menos 64 puntos por período y una profundidad de digitalización de 10 bits como mínimo.

Presentación de la herramienta de análisis

55 El procedimiento de análisis y reparto del consumo de electricidad requiere una eficiente cadena de medición y adquisición de las formas de onda de las tensiones y corrientes. El dispositivo (7) en el que se basan esas etapas consta de los siguientes módulos.

Las señales de formas de onda de corriente y tensión, medidas en el punto de conexión (6) y transmitidas a través

del haz de cables (8), son digitalizadas simultáneamente por unos transformadores de analógico a digital (9) de alta precisión y bajo nivel de ruido.

La unidad de procesamiento (10) lleva a cabo operaciones digitales en los datos medidos y los compara con referencias almacenadas en una unidad de almacenamiento (11) según el procedimiento descrito a continuación.

Los resultados obtenidos de este modo se ponen a disposición de dispositivos de terceros o de operadores externos a través de una unidad de comunicación (12).

10 Presentación del protocolo de modelado

Para garantizar la solidez de los algoritmos utilizados, procedemos antes de cualquier análisis al modelado de una pluralidad de aparatos eléctricos. El propósito de esta fase es construir un catálogo de firmas que correspondan a todos los aparatos que se deban identificar una vez en el centro.

15

La figura 2 representa una vista esquemática del procedimiento de modelado. Un aparato eléctrico (2) se modela mediante una serie de formas de onda de corriente de capturadas mientras el aparato es alimentado por una serie de formas de onda de tensión diferentes.

20 Si es posible, se somete al aparato eléctrico (2) que se va a modelar a una serie de formas de onda de tensión generadas por una fuente de tensión programable (1) según una distribución estadística de las formas de onda de tensión que se encuentran normalmente en el centro en cuestión o en términos absolutos. Para cada una de estas formas de onda de tensión, se miden, mediante una central de adquisición (5) y unos sensores de corriente (3) y de tensión (4), las formas de onda de la tensión de alimentación y de la corriente consumida por el aparato eléctrico. Se
25 almacena el par de formas de onda en el catálogo (6).

Si no se puede alimentar el aparato con una fuente de tensión programable –por razones de espacio o de exceso de potencia– las mediciones se efectúan *in situ* durante un tiempo suficientemente largo para observar formas de onda de tensión suficientemente diferentes.

30

Por defecto, si solo se dispone de una única forma de onda de corriente vinculada a una única forma de onda de tensión, se extrapolan los resultados para propagar las variaciones de tensión a la forma de onda de corriente.

Presentación de los tratamientos de las señales

35

La figura 3 representa una vista esquemática de los tratamientos aplicados a las señales de corriente y tensión medidas a la entrada de la red de alimentación del centro o de parte del centro.

40 El procedimiento de distribución del consumo de electricidad se basa en el análisis de las formas de onda de corriente y tensión. Consta de seis fases: selección de la ventana de observación, extracción de las características de las señales observadas, selección de una serie de firmas adaptadas, desglose de las señales observadas en función de las firmas, validación de los resultados y agregación temporal de los resultados.

45 En primer lugar, debido al número de transitorios y artefactos que pueden producirse en una red eléctrica de grandes dimensiones, se debe realizar una etapa de eliminación de ruido. Se trata de medir todas las cantidades físicas, tensiones e intensidades en un gran número de períodos, aislar aquellas que presenten menos fluctuaciones y calcular la media. Procedemos del siguiente modo: medición simultánea de las formas de onda de corriente y tensión; cálculo de las variaciones de las formas de onda sucesivas; selección de los períodos más similares; cálculo de las formas de onda medias.

50

A continuación, se convierten las señales de tensión y corriente sin ruido en el espacio de las frecuencias mediante la aplicación de un algoritmo de transformada rápida de Fourier (Fast Fourier Transform - FFT). La experiencia demuestra que a menudo basta con considerar solo los armónicos impares. Se procede también en este momento al cálculo de la segunda función derivada de las formas de onda de corriente y a una operación de selección del
55 umbral para conservar únicamente los picos más importantes. La pareja FFT-segunda derivada constituye el conjunto de las características observadas en la red eléctrica.

Al depender la firma eléctrica de un aparato de la forma de onda de la tensión que lo alimenta, realizamos una selección de las firmas de los aparatos individuales previamente modelados que mejor se ajusten a la situación en

cuestión. Los primeros armónicos de las tensiones bastan para determinar la serie de firmas que deben considerarse para el resto del algoritmo.

- 5 A continuación, se resuelve un problema de optimización cuyo fin es determinar los coeficientes de la ecuación que relaciona los valores de los primeros armónicos de las corrientes medidas y los valores de los primeros armónicos de las corrientes de cada uno de los aparatos eléctricos previamente modelados. Se obtiene así un vector de números comprendidos entre 0 y 1 que representa las partes relativas de presencia de cada aparato eléctrico previamente modelado.
- 10 Puesto que el procedimiento anteriormente descrito es sensible a las variaciones de fase –es decir, a los pequeños desplazamientos temporales de los picos o caídas de intensidad características de algunos aparatos–, se procede a verificar los resultados obtenidos por un procedimiento aplicado a las formas de onda de corriente en el espacio temporal. Se trata de verificar la presencia de los picos y caídas de corriente características de algunos aparatos eléctricos comparando su posición –o su desfase– y su amplitud relativa. Para ello se utilizan los picos de la
- 15 segunda derivada de las señales de corriente. Por ejemplo, si la optimización determina que hay un 30 % de ordenadores y que solo un ordenador se caracteriza por un pico de segunda derivada de amplitud normalizada igual a 32 y en las posiciones 45° y 225° (primer cuarto de cada medio período), entonces se comprobará que efectivamente hay picos en la forma de onda de intensidad, de una amplitud aproximada de $30\% * 32 = 10$ y en las
- 20 posiciones 45° y 225° .
- Los resultados obtenidos mediante el análisis instantáneo de las formas de onda de corriente representan el consumo de los elementos eléctricos modelados, pero permiten identificar aparatos eléctricos de funcionamiento complejo o cíclico. Para alcanzar ese objetivo, estudiamos también la evolución temporal de los resultados de la optimización en varios segundos a varias horas para detectar patrones temporales recurrentes que se puedan
- 25 agrupar. Para ello, nos basamos en la comparación de los dos resultados sucesivos del algoritmo anterior. Se observan las variaciones y se incrementa el peso de cada combinación (por ejemplo 20 % de motor y 80 % de resistencia de calentamiento). Más allá de un determinado umbral, las combinaciones se considerarán como aparatos de pleno derecho.
- 30 Las figuras 4 y 5 representan las formas de onda representativas de un aparato eléctrico, respectivamente la variación temporal de la intensidad medida durante el funcionamiento de un aparato eléctrico, y el histograma de los armónicos resultante de la aplicación de una transformada rápida de Fourier a la señal de corriente representada por la figura 4.
- 35 La firma está constituida, a modo de ejemplo, por los siguientes parámetros:
- la parte real de los armónicos sucesivos de las señales de corriente
 - la parte imaginaria de los armónicos sucesivos de las señales de corriente
 - los picos de la segunda derivada de las señales de corriente.
- 40 Estos parámetros hacen posible tener en cuenta las características de frecuencia y tiempo de la corriente.
- Estos parámetros son a la vez estables y reproducibles, y diferencian los elementos eléctricos que componen los aparatos.
- 45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de análisis del consumo de electricidad de un centro que comprende múltiples equipos eléctricos de diversos tipos, consistente en medir periódicamente la corriente y la tensión al menos en una de las fases eléctricas corriente arriba de la red eléctrica de alimentación del centro, en aplicar a una combinación de las señales digitalizadas de dichas corriente y tensión medidas un tratamiento de análisis para determinar el reparto del consumo en función de al menos una parte de dichos equipos basándose en una firma de cada uno de dichos equipos, **caracterizado por que** dicho tratamiento de análisis consiste en comparar la forma de onda de corriente medida en una biblioteca de firmas previamente registradas de cada uno de dichos equipos eléctricos, comprendiendo dichas firmas al menos un parámetro en función de la forma de onda de la tensión de alimentación, determinándose la firma de cada uno de los equipos en una etapa previa consistente en aplicar a cada uno de los equipos una serie predeterminada de secuencias de alimentación con señales de tensión cuya forma de onda es representativa de las formas de onda observadas en las instalaciones eléctricas habituales y en registrar la forma de onda de corriente resultante del funcionamiento de dicho equipo.
2. Procedimiento de análisis del consumo de electricidad de un centro equipado según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la firma de al menos una parte de dichos equipos se basa en una combinación de firmas de los componentes eléctricos utilizados por el equipo en cuestión.
3. Procedimiento de análisis del consumo de electricidad de un centro según la reivindicación 2, **caracterizado por que** se procede además a un tratamiento que tiene en cuenta el ciclo de activación de los componentes eléctricos constitutivos de cada uno de los equipos en cuestión.
4. Procedimiento de análisis del consumo de electricidad de un centro según la reivindicación principal **caracterizado por que** el procesamiento de análisis consiste en aplicar una primera etapa de cálculo de una transformada rápida de Fourier a las señales de corriente y tensión.
5. Procedimiento de análisis del consumo de electricidad de un centro según la reivindicación anterior **caracterizado por que** el procesamiento de análisis consiste en aplicar una segunda etapa de descomposición del resultado de la transformada rápida de Fourier en función de las firmas características de cada uno de los citados equipos.
6. Procedimiento de análisis del consumo de electricidad de un centro según la reivindicación 5 **caracterizado por que** el tratamiento de análisis consiste en aplicar una etapa adicional de validación de los resultados de la etapa de descomposición que consiste en verificar la presencia de variaciones temporales de las formas de onda de corriente de cada uno de los elementos reconocidos.
7. Procedimiento de análisis del consumo de electricidad de un centro según al menos una de las reivindicaciones 4 a 6 **caracterizado por que** el tratamiento de análisis incluye una etapa adicional de asociación de los elementos reconocidos para identificar los equipos en cuestión.
8. Procedimiento de modelado de los equipos de cara a la aplicación del procedimiento de análisis según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se alimenta a los diferentes elementos eléctricos que componen dicho equipo con una tensión de forma de onda de referencia, y de registro de los datos digitales representativos de la forma de onda de las señales de tensión y corriente medidas.
9. Procedimiento de modelado de los equipos de cara a la aplicación del procedimiento de análisis según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** para cada equipo se registra un catálogo de firmas, cada una de las cuales corresponde a la forma de onda de las señales de tensión y corriente medidas durante la alimentación con una tensión de forma de onda diferente.

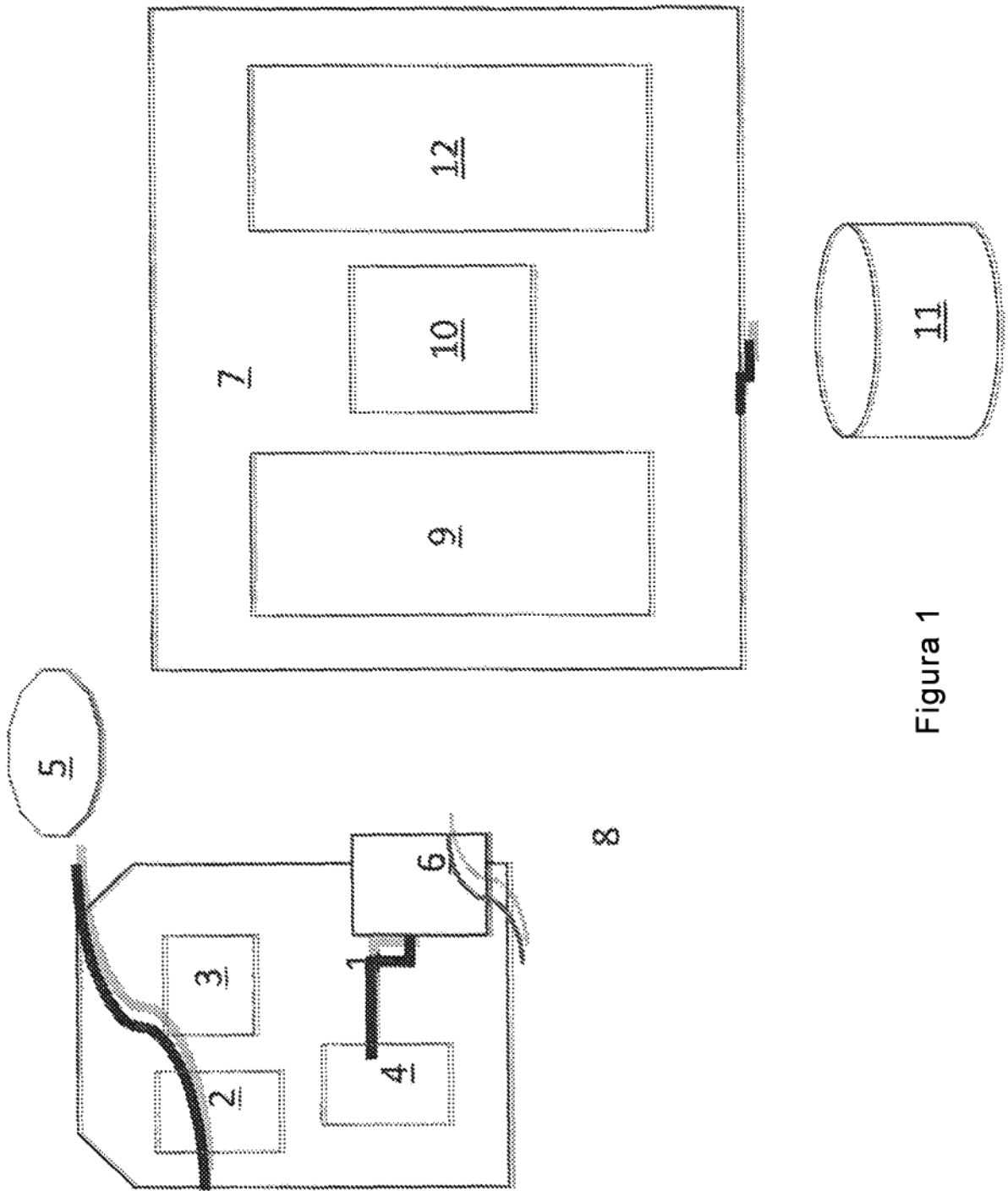


Figura 1

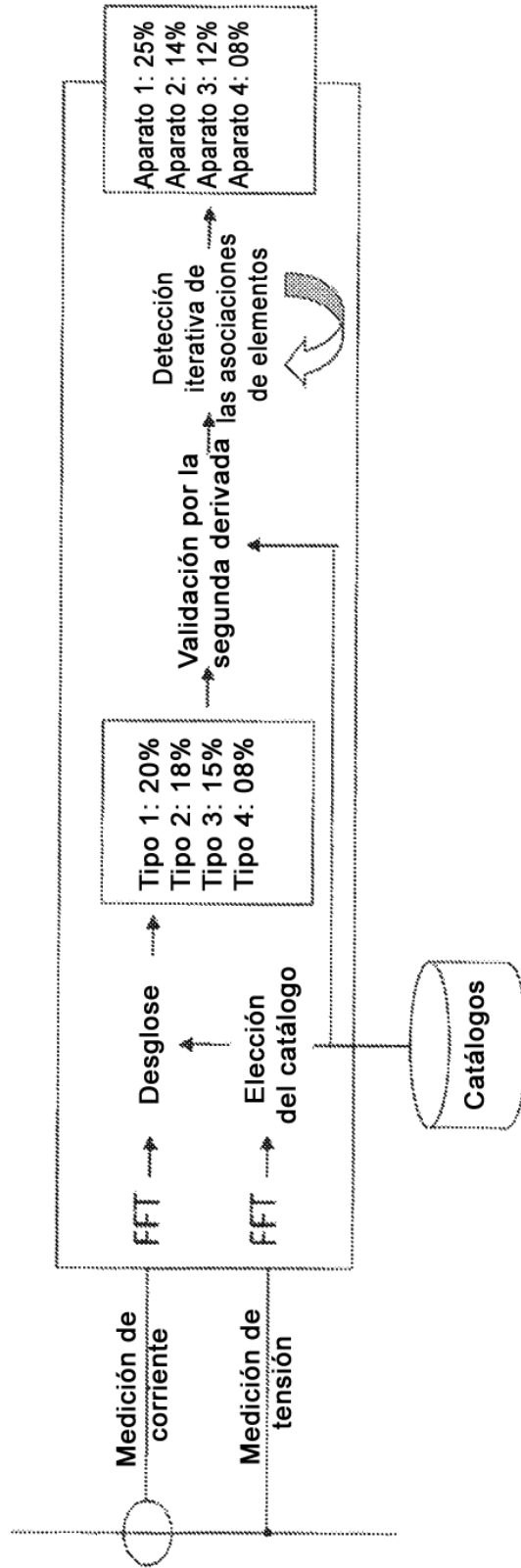


Figura 2

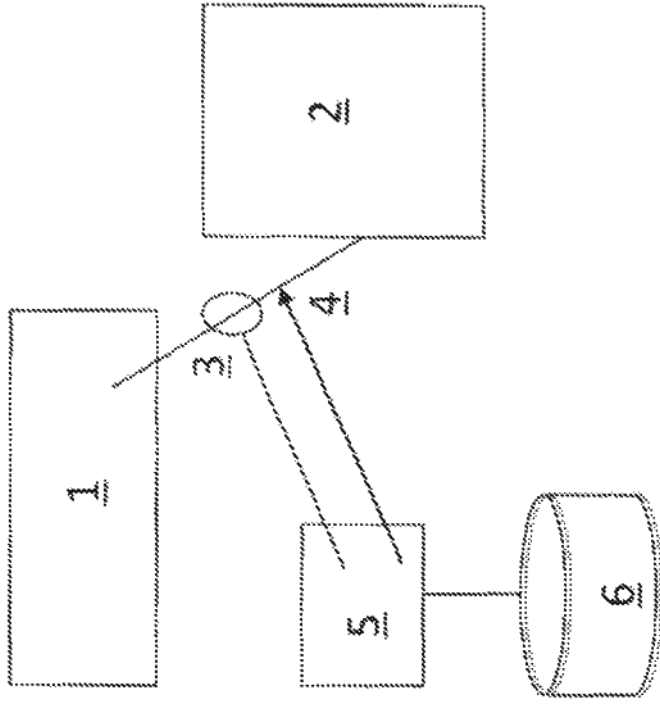


Figura 3

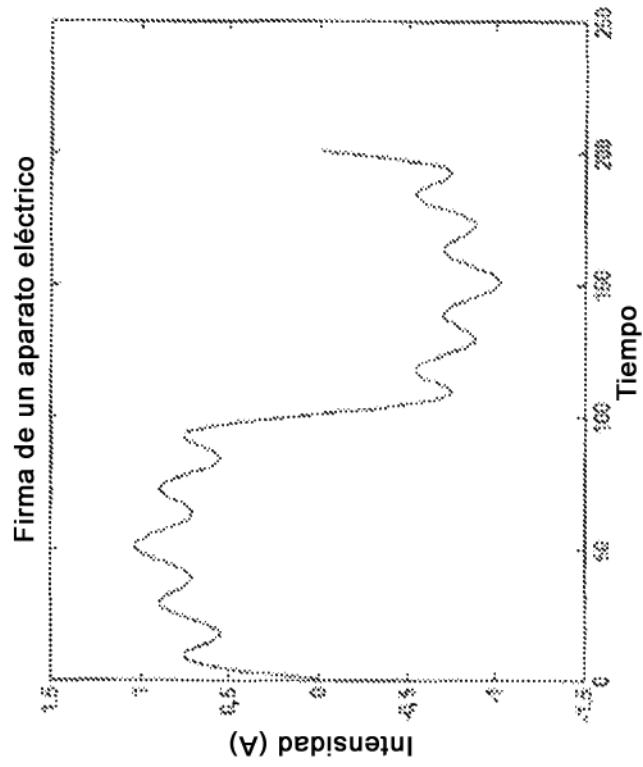


Figura 4

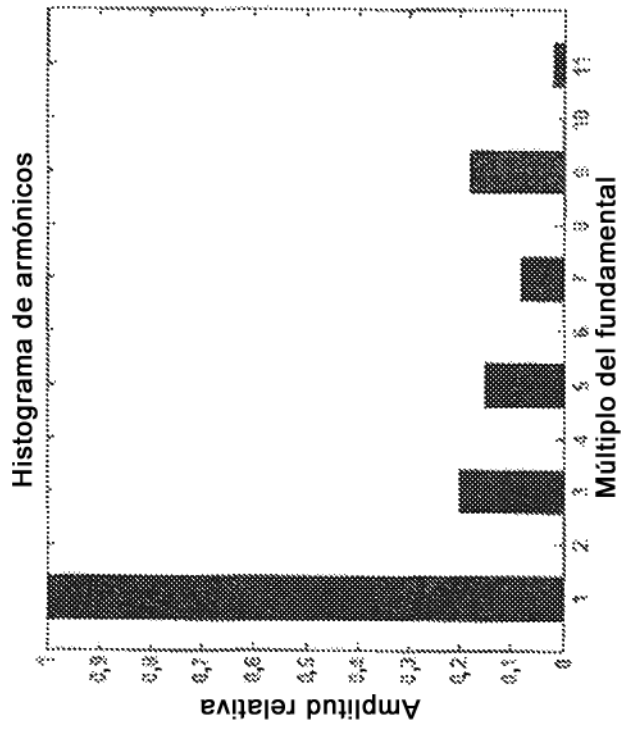


Figura 5