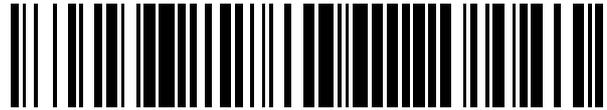


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 607**

51 Int. Cl.:

G01D 4/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.08.2016 PCT/IB2016/054631**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.02.2017 WO17021872**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2016 E 16763949 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2019 EP 3332221**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para estimar la energía eléctrica consumida por una red eléctrica doméstica**

30 Prioridad:

04.08.2015 IT UB20152847

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

02.12.2019

73 Titular/es:

**E-DISTRIBUZIONE S.P.A. (100.0%)
Via Ombrone, 2
00198 Roma, IT**

72 Inventor/es:

MANDOLINI, LUIGI

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 733 607 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 para estimar la energía eléctrica consumida por una red eléctrica doméstica

5 Esta descripción se refiere al campo técnico de las redes de distribución de electricidad y se refiere en particular a un procedimiento y un dispositivo para estimar el consumo de energía eléctrica de una red eléctrica doméstica.

10 Se sabe que un dispositivo de interfaz se puede conectar a una red eléctrica doméstica y puede comunicarse con el medidor de energía electrónico de la red eléctrica doméstica mediante la comunicación por línea eléctrica para adquirir datos de consumo de energía y mostrar los valores de consumo de energía, por ejemplo, en una pantalla del propio dispositivo o un dispositivo externo como un ordenador personal o un teléfono inteligente.

15 El propósito del tipo de dispositivo de interfaz descrito anteriormente es proporcionar a un usuario datos de la energía consumida por la red eléctrica doméstica, cuyo conocimiento es particularmente útil para el usuario para que pueda activar grandes cargas, como una lavadora o plancha, de tal manera que se evite la desconexión automática de su red eléctrica doméstica de la red de distribución mediante el medidor de energía electrónico cuando la energía consumida exceda un cierto valor de umbral. Un dispositivo del tipo descrito anteriormente también puede mejorar la conciencia del usuario sobre su consumo, lo cual conlleva un ahorro de energía.

20 El tipo conocido de dispositivo de interfaz, que existe tanto en una versión con enchufe para conexión a un toma común como en una versión que se puede montar en un riel DIN en un panel eléctrico, comprende un módulo de comunicación para comunicarse con el medidor electrónico mediante una comunicación de línea eléctrica y un módulo de control para controlar el módulo de comunicación para sondear el medidor de energía electrónico a una frecuencia fija predeterminada para adquirir los valores de potencia del medidor.

25 El dispositivo de interfaz comprende un puerto USB para la conexión a un ordenador personal, en el que se instala un programa que procesa los valores adquiridos para calcular los valores de consumo de energía y que muestra los valores de consumo de energía.

30 La frecuencia de sondeo del medidor de energía electrónico mediante el dispositivo de interfaz no puede ser demasiado alta porque la banda de comunicación de la línea eléctrica de una red doméstica está limitada típicamente. En consecuencia, los datos de consumo de energía proporcionados a través del dispositivo de interfaz pueden no actualizarse con suficiente velocidad. En otras palabras, en caso de una acción repentina de grandes cargas, el dispositivo de interfaz no podría informar al usuario a tiempo para evitar la desconexión de la red doméstica. El mismo problema podría ocurrir si el medidor de energía electrónico y el dispositivo de interfaz se comunican entre sí en un canal de comunicación distinto al de la línea eléctrica, por ejemplo, si dicho canal se compartiera y/o cumpliera con los requisitos de limitación de banda. Además, en otros casos también, independientemente de la necesidad de reducir el uso de un canal de comunicaciones compartido, puede ser necesario contener o, en general, optimizar el número de preguntas del medidor de energía electrónico, por ejemplo, para optimizar los recursos informáticos/de comunicación del medidor de energía electrónico.

45 El documento WO2004/095327 describe un procedimiento para obtener perfiles de consumo de un centro de procesamiento remoto. Estos perfiles se obtienen a través de los datos de consumo proporcionados únicamente por medidores de energía eléctrica que son sondeados regularmente.

El propósito de esta invención es proporcionar un procedimiento para estimar, en tiempo real, la energía eléctrica consumida por la red eléctrica doméstica que supera, o al menos reduce, los inconvenientes descritos anteriormente con referencia al dispositivo de interfaz de la técnica anterior.

50 Esta invención proporciona un procedimiento y un dispositivo para estimar el consumo de energía eléctrica de una red eléctrica doméstica de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con su modo de realización más general, el procedimiento para estimar la energía eléctrica consumida por una red eléctrica doméstica que comprende un medidor de energía electrónico conectado a una red de distribución de energía eléctrica, comprende los pasos de:

- sondear periódicamente, de acuerdo con un período de sondeo fijo o variable T_q , el medidor de energía electrónico en un canal de comunicación por medio de un dispositivo que comprende elementos de conexión eléctrica conectados a la red eléctrica doméstica, para recibir, en cada instante de sondeo, información que comprende al menos un parámetro relacionado con un valor de consumo de energía, como, por ejemplo, la medición de energía activa o voltaje y corriente, realizada por el medidor de energía electrónico;
- calcular u obtener dentro del dispositivo los primeros valores de voltaje del dispositivo y los primeros valores de corriente correspondientes.

El procedimiento también comprende los pasos de:

- 5 • muestrear, por medio de un circuito de valor de voltaje provisto dentro de dicho dispositivo y conectado a dichos elementos de conexión eléctrica, el voltaje de la red eléctrica doméstica de acuerdo con un período de muestreo T_s inferior a dicho período de sondeo T_q para obtener segundos valores de voltaje; y
- 10 • determinar dentro del dispositivo una pluralidad de valores estimados de energía consumida, entre dos instantes de sondeo consecutivos del medidor de energía electrónico, en función de dichos primeros valores de voltaje, de dichos primeros valores de corriente y de dichos segundos valores de voltaje.

De acuerdo con su modo de realización más general, el dispositivo se puede conectar operativamente a un medidor de energía electrónico para estimar la energía eléctrica consumida por una red eléctrica doméstica que comprende dicho medidor de energía electrónico. El dispositivo comprende elementos de conexión eléctrica para la conexión del dispositivo a la red eléctrica doméstica, una interfaz de comunicación para la comunicación con el medidor de energía electrónico en un canal de comunicación y una unidad de procesamiento y control conectada operativamente a la interfaz de comunicación. El dispositivo está configurado y programado para sondear el medidor de energía electrónico en dicho canal de comunicación para recibir en cada instante de sondeo información T_q que comprende al menos un parámetro relacionado con una medición de consumo de energía realizada por el medidor de energía electrónico.

El dispositivo comprende un circuito de medición de voltaje para medir el voltaje de la red eléctrica doméstica en el punto de conexión con dichos elementos de conexión eléctrica y emitir una pluralidad de valores de voltaje entre dos sondeos posteriores del medidor de energía electrónico. La unidad de procesamiento y control está configurada para calcular una pluralidad de valores estimados de energía consumida entre dos sondeos subsiguientes por medio de una función que depende de dichos valores de voltaje proporcionados por el circuito de medición de voltaje y por dicho al menos un parámetro recibido relacionado con una medición del consumo de potencia realizada por el medidor de energía electrónico.

El procedimiento y el dispositivo descrito anteriormente en un nivel general se describirán a continuación con mayor detalle con referencia a los dibujos adjuntos, que ilustran un ejemplo de implementación no limitativa, en el que:

- 35 • La Figura 1 ilustra esquemáticamente una red eléctrica y un ejemplo de un dispositivo conectado a dicha red eléctrica doméstica para estimar la energía eléctrica consumida por dicha red eléctrica doméstica;
- la Figura 2 ilustra un ejemplo de división en bandas de potencia que se adopta en un posible modo de realización del procedimiento de esta invención para estimar el consumo de energía eléctrica de la red eléctrica doméstica; y
- 40 • la Figura 3 ilustra un ejemplo de división en bandas y sub-bandas de potencia que se adopta en un posible modo de realización del procedimiento de esta invención.

En la Figura 1, el número de referencia 1 indica una red eléctrica doméstica, que comprende un medidor de energía electrónico 2 conectado a la red de distribución eléctrica y al menos una toma de corriente 3, por ejemplo, bipolar o tripolar. A la red eléctrica y en particular a la toma de corriente 3 está conectada, es decir, interconectada eléctricamente, por medio de elementos de conexión eléctrica, un dispositivo 5 para estimar el consumo de energía de la red eléctrica 1. Está claro que la red eléctrica 1 también comprende una o más cargas que no se muestran en las figuras, por ejemplo, basándose en los aparatos conectados a la red eléctrica 1 y activados/desactivados por el usuario.

El dispositivo 5 comprende un contenedor 6 en forma de caja, en el ejemplo que comprende un enchufe de alimentación 7 adecuado para acoplarse a la toma de corriente 3. De acuerdo con un modo de realización preferente y no limitativo, el dispositivo 5 comprende preferentemente, alojado en un contenedor 6 en forma de caja: una interfaz de comunicación 8 para la comunicación por línea eléctrica con el medidor de energía electrónico 2, un circuito de acoplamiento 9 para conectar la interfaz de comunicación 8 al enchufe de alimentación 7, una interfaz de usuario 10, una unidad de procesamiento y control 11 provista de una memoria interna e interconectada con la interfaz de comunicación 8 y con la interfaz de usuario 10, dos tomas USB 12 y 13 conectadas a la unidad de procesamiento y control 11 y un módulo de fuente de alimentación 14 con su propia entrada conectada directamente al enchufe de alimentación 7 para alimentar eléctricamente la interfaz de comunicación 8 y la unidad de procesamiento y control 11.

En un modo de realización alternativo, la interfaz de comunicación 8 podría ser una interfaz de comunicación por radio, por ejemplo, una interfaz de comunicación Bluetooth o Wi-Fi. En el resto de esta descripción, por simplicidad de la descripción y sin introducir ninguna limitación, se hará referencia al caso en el que la interfaz de comunicación

8 es una interfaz de comunicación de línea eléctrica y que, por lo tanto, la comunicación entre el dispositivo 5 y el medidor de energía electrónico es una comunicación de línea eléctrica en la red eléctrica doméstica.

5 La interfaz de usuario 10 comprende preferentemente un botón 15 y dos LED 16 y 17 controlados por la unidad de procesamiento y control 11 para indicar el estado operativo del dispositivo 5, por ejemplo para indicar que se ha producido un emparejamiento entre el dispositivo 5 y el medidor de energía electrónico 2.

10 La toma USB 12 se proporciona, por ejemplo, para recibir un conector USB de tipo A y se utiliza para conectar el dispositivo 5 a un dispositivo adicional, por ejemplo, un dispositivo de interfaz de red inalámbrica, por ejemplo, Wi-Fi o Bluetooth. El conector USB 13 se proporciona, por ejemplo, a un conector tipo mini-B USB y se utiliza para conectar el dispositivo 5 a un ordenador personal.

El dispositivo 5 comprende un circuito de medición de voltaje 18, que tiene:

- 15
- una entrada conectada a la red eléctrica 1, por ejemplo a través del enchufe de alimentación 7 (es decir, a través de los elementos de conexión eléctrica del dispositivo 5), para medir el voltaje eléctrico de la red eléctrica doméstica 1 en el punto de la red (por ejemplo, en la toma de corriente 3) a la que está conectado el dispositivo 5;
- 20
- una salida conectada a la unidad de procesamiento y control 11 para proporcionarle los valores de voltaje medidos.

25 El circuito de medición de voltaje 18 se puede hacer de una manera en sí misma sustancialmente conocida. De acuerdo con un primer modo de realización, el circuito de medición de voltaje 18 incluye una resistencia de derivación, que está conectada de manera conocida a la entrada de un convertidor analógico/digital de la unidad de procesamiento y control 11. De acuerdo con un segundo modo de realización, el circuito de medición de voltaje 18 comprende un circuito integrado de tipo conocido basado en un elemento de transistor.

30 De acuerdo con la invención, la unidad de procesamiento y control 11 está programada y configurada para implementar el siguiente procedimiento para estimar el consumo de energía eléctrica de la red eléctrica doméstica 1.

35 El dispositivo 5 sondea periódicamente (con frecuencia fija o variable) el medidor de energía electrónico 2 para recibir en cada instante de sondeo información útil para obtener o calcular los primeros valores de voltaje y los primeros valores de corriente. Esta información comprende al menos un parámetro relacionado con una medición de consumo de energía realizada por el medidor de energía electrónico 2. De acuerdo con un modo de realización, dicho al menos un parámetro comprende un valor de potencia, por ejemplo, energía activa, medida por el medidor de energía electrónico 2. En este caso, el dispositivo 5 es tal como para calcular o determinar para cada sondeo un primer valor de voltaje respectivo y un primer valor de corriente respectivo a partir de dicho valor de potencia medido, es decir, a partir de dicho al menos un parámetro. De acuerdo con un modo de realización alternativo, dicho al menos un parámetro comprende un valor de corriente y un valor de voltaje medido por el medidor de energía electrónico 2, por lo que en este caso el dispositivo 5 obtiene los primeros valores de corriente y los primeros valores de voltaje directamente del medidor de energía electrónico 2,.

45 El período de sondeo T_q con el que el dispositivo 5 sondea el medidor de energía electrónico 2 tiene un valor comprendido entre 1 minuto y 60 minutos de tal manera que la banda (limitada) del canal de transmisión de comunicación de línea eléctrica no dificulta la comunicación entre el dispositivo 5 y medidor de energía electrónico 2.

50 El muestreo a través del circuito de medición de voltaje 18, tiene lugar de acuerdo con un período de muestreo fijo o variable T_s menor que el período de sondeo T_q y permite que el dispositivo 5 obtenga segundos valores de voltaje. Ventajosamente, para simplificar la implementación del procedimiento, el voltaje en el enchufe de alimentación 7 se muestrea de manera sincrónica con el sondeo del medidor de energía electrónico 2 y con un período de muestreo T_s de un valor igual a un submúltiplo entero del valor del período de sondeo T_q .

55 Preferentemente, en el paso de muestreo, el voltaje de red se muestrea como voltaje de entrada analógico para producir dichos segundos valores de voltaje como valores digitales.

Tenga en cuenta que dichos segundos valores de voltaje se obtienen del dispositivo 5 de manera autónoma con respecto al medidor de energía electrónico 2, es decir, sin interrogar al medidor de energía electrónico 2.

60 De acuerdo con un modo de realización, en el i -ésimo instante de sondeo se lee el valor de potencia P_{ce_i} medido por el valor del medidor de energía electrónico 2, por ejemplo, un valor de energía activa, o un primer valor de voltaje y un primer valor de corriente.

65 Suponiendo que la diferencia entre el voltaje detectado en el medidor de energía electrónico 2 V_{ce_i} y la lectura realizada por el circuito de medición de voltaje 18 V_{dev_i} sea despreciable, entonces:

$$V_{ce_i} = V_{dev_i}$$

Por lo tanto se asume:

5

$$I_{ce_i} = P_{ce_i}/V_{ce_i}$$

Definimos

10

$$\Delta I_{ce_i} = I_{ce_i} - I_{ce_{i-1}}$$

donde i y i-1 indican dos instantes de sondeo consecutivos del medidor de energía electrónico 2.

15

De acuerdo con un modo de realización, en un paso inicial del procedimiento de estimación, tan pronto como el valor de ΔI_{ce_i} , que representa una variación de corriente entre dos sondeos sucesivos del medidor de energía electrónico 2, supere un cierto valor de umbral I_{t0} , los primeros valores de corriente I_{ce_i} y los primeros valores de voltaje V_{ce_i} son utilizados por el dispositivo 5 para obtener una resistencia, indicada a continuación por Req_i , que es indicativa de la resistencia equivalente observada por el medidor de energía electrónico 2 hacia la red de distribución de energía eléctrica. El valor de umbral I_{t0} está, por ejemplo, entre 2A-8A, extremos incluidos.

20

Más detalladamente, en cada instante de sondeo (i-ésimo instante de sondeo) en el que el valor ΔI_{ce} excede el valor umbral I_{t0} , la unidad de procesamiento y control calcula una resistencia instantánea Req_i como la relación entre el valor absoluto de una variación entre los últimos dos valores de voltaje y una variación entre los dos últimos valores de corriente proporcionados directa o indirectamente por el medidor de energía electrónico 2, es decir,

25

$$Req_i = |\Delta V_{ce_i}| / |\Delta I_{ce_i}|$$

donde

30

$$\Delta V_{ce_i} = V_{ce_i} - V_{ce_{i-1}}$$

$$\Delta I_{ce_i} = I_{ce_i} - I_{ce_{i-1}}.$$

35

Preferentemente, la resistencia equivalente Req se calcula como la media aritmética de la ventana deslizante de las resistencias instantáneas Req_i , ya que estas se calculan progresivamente. La ventana deslizante utilizada para el cálculo de la media aritmética tiene una amplitud comprendida, por ejemplo, entre 100 y 400 muestras.

40

Los valores de voltaje y corriente son proporcionados directamente por el medidor de energía electrónico 2 en el caso en que el medidor 2 sea tal que mida dichos valores y los proporcione en la salida después de los sondeos realizados por el dispositivo 5. En este caso, el dispositivo 5 obtiene dentro los primeros valores de corriente y los primeros valores de voltaje directamente del medidor de energía electrónico 2.

45

Los valores de voltaje y corriente son proporcionados indirectamente por el medidor de energía electrónico 2 en el caso en el que el medidor 2 no pueda medir dichos valores y/o proporcionarlos en la salida después de los sondeos realizados por el dispositivo 5 y en el caso en el que sea el dispositivo 5 que calcula dichos valores a partir de la información proporcionada por el medidor de energía electrónico 2. En este caso, el dispositivo 5 es tal como para calcular dentro para cada sondeo un primer valor de voltaje respectivo y un primer valor de corriente respectivo a partir de al menos un parámetro relacionado con una medición de consumo de energía realizada por el medidor de energía electrónico 2. Como ya se explicó, de acuerdo con un modo de realización, dicho al menos un parámetro comprende un valor de potencia, por ejemplo, energía activa, medida por el medidor de energía electrónico 2.

50

Los datos intermedios para el cálculo de la media aritmética de la ventana deslizante se almacenan preferentemente en la memoria de la unidad de procesamiento y control 11.

55

Para cada instante de muestreo del voltaje de red mediante el circuito de medición de voltaje 18 (j-ésimo instante de muestreo), la variación de voltaje ΔV_{dev_j} se calcula como la diferencia entre el valor de voltaje leído en ese instante de muestreo (j-ésimo instante de sondeo) y el valor de voltaje leído en el momento del último sondeo del medidor de energía electrónico 2 (i-ésimo instante de sondeo), y una variación de corriente ΔI_{dev_j} como la relación entre dicha variación de voltaje ΔV_{dev_j} y la resistencia equivalente Req , es decir:

60

$$\Delta V_{dev_{ji}} = V_{dev_j} - V_{dev_i}$$

$$\Delta I_{dev_{ji}} = - \Delta V_{dev_{ji}} / Req,$$

donde el j-ésimo instante de muestreo está comprendido entre el i-ésimo instante de sondeo y el i+1-ésimo instante de sondeo.

5 Un valor estimado de energía consumida o absorbida por la red eléctrica doméstica 1 entre dos sondeos consecutivos, es decir, en el j-ésimo instante de muestreo entre el i-ésimo instante de sondeo y el i+1-ésimo instante de sondeo, se obtiene con la siguiente fórmula:

$$PL_{ji} = (Vce_i + \Delta Vdev_{ji}) \cdot (Ice_i + \Delta Idev_{ji}),$$

10 donde Vce_i e Ice_i son los primeros valores de voltaje y corriente, es decir, los valores obtenidos o calculados por el dispositivo 5 gracias al sondeo del medidor de energía electrónico 2 en el i-ésimo instante. En realidad, las variaciones de voltaje $\Delta Vdev_{ji}$ también comprenden componentes aleatorios que no se deben a la conexión o desconexión de una carga en la red eléctrica doméstica y, por ejemplo, se deben a la activación o desactivación de una carga de entrada del contador de energía electrónico 2. Estos componentes aleatorios introducen algún error en el cálculo del valor de consumo de energía estimado PL_{ji} ; este error, sin embargo, se cancela en cada muestreo realizado en los instantes de sondeo del medidor de energía eléctrica 2. De hecho, en los instantes de sondeo, las variaciones de voltaje $\Delta Vdev_{ji}$ y, en consecuencia, las variaciones actuales $\Delta Idev_{ji}$, son nulas por definición.

20 De acuerdo con un modo de realización ventajosa, para reducir la contribución de ruido entre dos sondeos sucesivos del medidor de energía electrónico 2, una media móvil $\langle PL_{ji} \rangle$ se realiza en un intervalo de tiempo medio determinado Tav de los valores de consumo de energía estimados PL_{ji} ; por ejemplo, Tav está comprendido en el rango de 10-30 segundos, incluidos los extremos.

25 Por ejemplo, los valores de consumo de energía estimados PL_{ji} o las medias $\langle PL_{ji} \rangle$, calculado en cada paso de muestreo de acuerdo con el período Ts , se ponen a disposición de las tomas USB 12 y 13 para que puedan ser adquiridos y procesados por un programa apropiado instalado en un ordenador personal para mostrar los datos de consumo de energía y/o generar alarmas de audio y/o visuales en relación con dichos datos. De aquí en adelante, para simplificar la descripción, se hará referencia a los valores de consumo de energía estimados PL_{ji} , tanto en el caso en que estos valores no sean una media y cuando estos valores se promedien para reducir el ruido, como se describió anteriormente.

30 De acuerdo con un modo de realización adicional de esta invención, el período de sondeo del medidor de energía electrónico 2 está regulado por el dispositivo 5 en función de los valores de consumo de energía estimados PL_{ji} para aumentar la precisión de la estimación de la energía consumida en las situaciones más críticas. En particular, la frecuencia de sondeo aumenta progresivamente a medida que aumentan los valores de consumo de energía estimados PL_{ji} , ya que cuanto más cerca está la potencia del valor umbral que causa la desconexión automática, más crítica se vuelve la situación y, por lo tanto, la potencia se estima con mayor precisión.

35 Más detalladamente, en el modo de realización anterior, el rango de potencias que puede ser suministrado por el medidor de energía electrónico 2 se divide en varias bandas de potencia por medio de un cierto número N de valores de umbral de potencia, cada uno de los cuales está asociado con un intervalo de histéresis respectivo. Por lo tanto, el número de bandas de potencia es igual a $N+1$. La banda de potencia k-ésima en la que se encuentran dichos valores de consumo de energía estimados PL_{ji} es identificada por el dispositivo 5 sobre la base de una comparación entre el consumo de energía estimado PL_{ji} y los N valores umbral. Preferentemente, esta comparación se realiza mediante el dispositivo 5 en cada paso de muestreo para permitir un ajuste rápido del período de sondeo Tq .

40 La Figura 2 ilustra un ejemplo con 3 valores de umbral ($N = 3$), indicados con $P1$, $P2$ y $P3$, que dividen el rango de potencias en cuatro bandas de potencia.

45 De acuerdo con un posible modo de realización, a cada banda de potencia se asocia un tiempo de sondeo inicial $tq0_k$ (o "primer tiempo de sondeo"), donde k es el índice de banda comprendido entre 1 y $N+1$, que consiste en el tiempo que debe transcurrir desde cuando el valor de consumo de energía estimado PL_{ji} entra a la banda k-ésima como resultado de un aumento en la energía (transición de la banda k-1-ésima a la banda k-ésima) antes de realizar el primer sondeo del medidor de energía electrónico 2 en la banda k-ésima. Preferentemente, la lógica anterior no se aplica en el caso de una disminución del consumo de energía estimado hacia una banda inferior, ya que la disminución en el consumo de energía estimado se considera un alejamiento de la situación crítica. De acuerdo con un modo de realización ventajoso, el valor de los primeros tiempos de sondeo $tq0_k$ disminuye pasando de la banda de potencia más baja ($k=1$) a la banda de potencia más alta ($k=N+1$):

$$60 \quad tq0_{k+1} < tq0_k.$$

Además, a cada banda de potencia se asocia un valor respectivo Tq_k del período de sondeo de tal manera que cuando el valor de consumo de energía estimado PL_{ji} entra en la banda de potencia k-ésima, el período de sondeo Tq se ajusta al valor relacionado Tq_k , es decir, $Tq=Tq_k$. Los valores Tq_k asignados al período de sondeo Tq al

introducir una disminución de la banda de potencia, pasando de la banda de potencia más baja ($k=1$) a la banda de potencia más alta ($k = N+1$):

$$T_{q_{k+1}} < T_{q_k}.$$

5 Los valores T_{q_k} están, por ejemplo comprendidos entre un valor mínimo de 10 minutos para la banda de potencia más alta y un máximo de 60 minutos para la banda de potencia más baja.

10 Mientras los valores de consumo de energía estimados PL_{ji} permanezcan en la banda k -ésima, el contador de energía electrónico 2 se sondea de acuerdo con el período de sondeo respectivo $T_q=T_{q_k}$.

15 De acuerdo con un modo de realización adicional de esta invención, cada una de las N bandas de potencia por debajo del valor umbral más alto (N -ésimo) se divide en dos sub-bandas relacionadas de igual amplitud en un valor umbral adicional relacionado. Por lo tanto, el número de sub-bandas de potencia es igual a $2N$.

La Figura 3 ilustra las sub-bandas en el mismo ejemplo de bandas ($N = 3$) de la Figura 2.

20 A cada una de las sub-bandas se le asocia un valor respectivo $T_{q_{kz}}$ del período de sondeo, donde k es el índice de banda comprendido entre 1 y N y, dentro de la banda k -ésima, z es el índice de sub-banda, que es 1 o 2. Los valores $T_{q_{kz}}$ para k comprendidos entre 1 y N del modo de realización de la Figura 3 reemplazan a los valores T_{q_k} del mismo índice k del modo de realización de la Figura 2. Los valores $T_{q_{kz}}$ del período de sondeo disminuyen al pasar de la sub-banda inferior de la primera banda ($k=1$) a la sub-banda superior de la penúltima banda ($z=N$). El valor $T_{q_{N+1}}$ asociado a la última banda es más pequeño que los valores de $T_{q_{kz}}$ de todas las sub-bandas (k comprendida entre 1 y N).

25 Los valores $T_{q_{kz}}$ están, por ejemplo, comprendidos entre un valor mínimo de 10 minutos para la banda de potencia más alta y un máximo de 60 minutos para la banda de potencia más baja.

30 La presencia de las sub-bandas permite optimizar la frecuencia de sondeo para aumentarla solo en las situaciones de energía más críticas que podrían ocasionar una desconexión del medidor de energía electrónico 2. A dos sub-bandas que pertenecen a la misma banda k , se asocia preferentemente el mismo primer tiempo de sondeo T_{0k} .

35 Existen otros modos de realización posibles, complementarios a los ya descritos, que permiten optimizar aún más el sondeo del medidor electrónico, que se describirá a continuación.

40 De acuerdo con un primer modo de realización adicional, el sondeo del medidor de energía electrónico 2 se produce en correspondencia con una variación de potencia mayor que un valor fijo determinado. Más detalladamente, por ejemplo, el valor medio de los valores medios $\langle PL_{ji} \rangle$ se calcula utilizando un número de L_v de valores medios anteriores $\langle PL_{ji} \rangle$. Este valor medio se indica con $\langle\langle PL_{ji} \rangle\rangle$ y se almacena para su posterior procesamiento. Entonces, se calcula la diferencia $\Delta\langle PL_{ji} \rangle$ entre $\langle PL_{ji} \rangle$ y $\langle\langle PL_{ji} \rangle\rangle$.

$$\Delta\langle PL_{ji} \rangle = \langle PL_{ji} \rangle - \langle\langle PL_{ji} \rangle\rangle.$$

45 Se definen dos variables de recuento, m y d , que inicialmente se establecen en 0

$$m, d = 0.$$

50 Si la diferencia $\Delta\langle PL_{ji} \rangle$ es mayor que el valor de potencia preestablecido PV (por ejemplo, 1000 W) o menor que el valor de potencia preestablecido PN (por ejemplo, -500 W), las variables de recuento m y d se establecen en uno y cero, respectivamente.

Si $\Delta\langle PL_{ji} \rangle > PV$ o $\Delta\langle PL_{ji} \rangle < PN$ entonces

$$m = 1; d = 0$$

55 En cada instante de muestreo $q > j$, se calcula la diferencia $\Delta\langle PL_{ji} \rangle$ entre $\langle PL_{ji} \rangle$ y $\langle\langle PL_{ji} \rangle\rangle$.

$$\Delta\langle PL_{qi} \rangle = \langle PL_{qi} \rangle - \langle\langle PL_{ji} \rangle\rangle.$$

60 Si $\Delta\langle PL_{ji} \rangle$ es mayor que el valor de potencia preestablecido PV o menor que el valor de potencia preestablecido PN , la variable d se establece en cero. Si ninguna de estas condiciones ha ocurrido, d se incrementa en uno. Por lo tanto:

Si $\Delta\langle PL_{qi} \rangle > PV$ o $\Delta\langle PL_{qi} \rangle < PN$ entonces

$d = 0$

5 si no, $d = d+1$

Si el valor de d excede un valor preestablecido D_{MAX} , m se establece en cero, es decir, se restablece. De lo contrario, m se incrementa en uno.

10 Si $d > D_{MAX}$ entonces

$m = 0$

si no, $m = m+1$

15 Si m asume el valor preestablecido M_{MAX} , m se establece en cero, d se establece en cero y, en el siguiente instante de procesamiento, el medidor de energía electrónico 2 se sondea. Por lo tanto:

Si $m = M_{MAX}$ entonces

20 $m = 0$; $d = 0$

medidor de sondeo en el instante $j+1$.

25 De acuerdo con un segundo modo de realización adicional, complementario al primer modo de realización descrito anteriormente, el sondeo del medidor de energía electrónico 2, tiene lugar en correspondencia con la detección de una diferencia entre el máximo local $\langle PL \rangle_{max}$ y el mínimo local $\langle PL \rangle_{min}$ de la curva de potencia $\langle PL_{ji} \rangle$ mayor que una cantidad preestablecida. Más en detalle, se compara el valor de potencia medio $\langle PL_{ji} \rangle$ y el valor $\langle PL_{j-1, i} \rangle$ relacionados con el instante de muestreo anterior.

30 Si $\langle PL_{ji} \rangle$ es mayor que $\langle PL_{j-1, i} \rangle$, la tendencia está aumentando, de lo contrario está disminuyendo.

Si la tendencia detectada en el instante j difiere de la detectada en el instante $j-1$, se calcula la diferencia ΔPL

35
$$\Delta PL = \langle PL \rangle_{max} - \langle PL \rangle_{min}.$$

Si esta diferencia es mayor que un valor preestablecido de LT_{MAX} , en el siguiente instante de procesamiento se sondea el medidor de energía electrónico 2. Si la tendencia detectada está aumentando, el valor $\langle PL_{ji} \rangle$ se almacena en la variable $\langle PL \rangle_{max}$. Si la tendencia detectada está disminuyendo, el valor $\langle PL_{ji} \rangle$ se almacena en la variable $\langle PL \rangle_{min}$.

40 De acuerdo con un tercer modo de realización adicional de esta invención, combinable con el primer modo de realización adicional descrito anteriormente y/o con el segundo modo de realización adicional descrito anteriormente, para cada banda de potencia está asociado un tiempo mínimo de votación $Tm0_k$, donde k es el Índice de banda comprendido entre 1 y $N+1$. Este tiempo mínimo de sondeo indica el intervalo de tiempo mínimo que debe transcurrir entre dos sondeos sucesivos del medidor de energía electrónico 2. El valor de los tiempos mínimos de sondeo $tq0_k$ disminuye al pasar de la banda de potencia más baja ($k=1$) a la banda de potencia más alta ($k=N+1$):

50
$$Tm0_{k+1} < Tm0_k.$$

Aunque la invención descrita anteriormente hace referencia particular a modos de realización muy específicos, no debe considerarse limitada a estos ejemplos, ya que su alcance incluye todas aquellas variaciones, modificaciones o simplificaciones que serían evidentes para un experto en el campo, como por ejemplo la implementación. en un dispositivo que se puede montar en un riel DIN y se puede conectar en un punto de la red eléctrica inmediatamente a la salida del medidor de energía electrónico 2 por medio de los terminales de conexión apropiados.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para estimar la energía eléctrica consumida por una red eléctrica doméstica que comprende un medidor de energía electrónico (2) conectado a una red de distribución de energía eléctrica, con el procedimiento que comprende los pasos de:

- sondear de forma periódica, de acuerdo con un período de sondeo fijo o variable T_q , el medidor de energía electrónico (2) en un canal de comunicación por medio de un dispositivo (5) que comprende elementos de conexión eléctrica (7) conectados a la red eléctrica doméstica (1), para recibir, en cada momento de sondeo, información que comprenda al menos un parámetro relacionado con una medición de consumo de energía realizada por el medidor de energía electrónico (2);

- calcular u obtener dentro el dispositivo (5) los primeros valores de voltaje (V_{ce_i}) y los primeros valores de corriente (I_{ce_i}) correspondiente;

estando el procedimiento **caracterizado por que** comprende los pasos de:

- muestrear, por medio de un circuito de medición de voltaje (18) provisto dentro de dicho dispositivo (5) y conectado a dichos elementos de conexión eléctrica (7), el voltaje de la red eléctrica doméstica (1) de acuerdo con un período de muestreo T_s menor que dicho período de sondeo para obtener valores de segundo voltaje (V_{dev_j} , V_{dev_i}); y

- determinar dentro del dispositivo (5) una pluralidad de valores estimados de energía consumida (PL_{ji}), entre dos instantes de sondeo consecutivos del medidor electrónico (2), en función de dichos primeros valores de voltaje (V_{ce_i}), de dichos primeros valores de corriente (I_{ce_i}) y de dichos segundos valores de voltaje (V_{dev_j}).

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además los pasos de:

- calcular una resistencia equivalente (Req), que es indicativa de la resistencia equivalente vista por el medidor electrónico (2) hacia la red de distribución de electricidad, en función de una serie de dichos primeros valores de voltaje (V_{ce_i}) y una serie correspondiente de dichos primeros valores de corriente (I_{ce_i}); y

- determinar los valores estimados de la energía consumida (PL_{ji}) en función de dichos primeros valores de voltaje (V_{ce_i}), de dichos primeros valores de corriente (I_{ce_i}), de dicha resistencia equivalente (Req) y de dichos segundos valores de voltaje (V_{dev_j} , V_{dev_i}).

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicha resistencia equivalente (Req) se calcula como la media aritmética de la ventana deslizante de una resistencia instantánea (Req_i), cada una de las cuales se calcula como la relación entre una primera variación de voltaje (ΔV_{ce_i}) y una primera variación de corriente (ΔI_{ce_i}) correspondiente, siendo dicha primera variación de voltaje (ΔV_{ce_i}) una diferencia entre dos primeros valores de voltaje adquiridos/calculados en dos pasos de sondeo consecutivos y siendo dicha primera variación de corriente (ΔI_{ce_i}) una diferencia entre dos valores actuales obtenidos/calculados en Los mismos dos pasos de sondeo.

4. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, en el que el paso de determinación comprende los pasos de:

- determinar los valores estimados de energía consumida (PL_{ji}) entre dos pasos de sondeo consecutivos (i , $i+1$) en función de uno de dichos primeros valores de voltaje (V_{ce_i}) y uno de dichos primeros valores de corriente (I_{ce_i}) adquiridos en el primero de dichos dos pasos de sondeo consecutivos y en función de los valores de segundo voltaje (V_{dev_j}) muestreados entre los dos pasos de sondeo consecutivos.

5. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, en el que el paso de determinación comprende los pasos de:

- para cada paso de muestreo (j) entre dos pasos de sondeo consecutivos (i , $i+1$), calcular una segunda variación de voltaje relacionada ($\Delta V_{dev_{ji}}$) entre uno de dichos segundos valores de voltaje (V_{dev_j}), relacionados con este paso de muestreo, y otro de dichos segundos valores de voltaje (V_{dev_i}), muestreados en el primero de los dos pasos de sondeo consecutivos; y

- para cada paso de muestreo (j) entre dos pasos de sondeo consecutivos (i , $i+1$), calcular un valor estimado relacionado de la energía consumida (PL_{ji}) en función de uno de dichos primeros valores de

voltaje (V_{cei}) y de uno de dichos los primeros valores de corriente (I_{cei}) obtenidos o calculados en el primero de dichos dos pasos de sondeo consecutivos y en función de dichos segundos valores de voltaje ($\Delta V_{dev_{ji}}$) de dicha resistencia equivalente (R_{eq}).

5 **6.** Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dicho valor estimado de energía consumida se calcula de acuerdo con la fórmula:

$$PL_{ji} = (V_{cei} + \Delta V_{dev_{ji}}) \cdot (I_{cei} + \Delta I_{dev_{ji}}),$$

10 donde PL_{ji} es el valor estimado de energía consumida en el paso de muestreo genérico j , V_{cei} se dice uno de dichos primeros valores de voltaje obtenidos/calculados en el primero de dichos dos pasos de sondeo consecutivos, $\Delta V_{dev_{ji}}$ es dicha segunda variación de voltaje, I_{cei} se dice que es uno de dichos primeros valores de corriente obtenidos/calculados en el primero de dichos dos pasos de sondeo consecutivos y $\Delta I_{dev_{ji}}$ es una segunda variación de corriente calculada como la relación entre dicha segunda variación de voltaje y dicha resistencia equivalente.

15 **7.** Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende un paso para variar el período de sondeo en función de dichos valores de estimación de la energía consumida (PL_{ji}).

20 **8.** Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dicho paso variable comprende una operación para reducir progresivamente dicho período de sondeo en función de dichos valores estimados de energía consumida (PL_{ji}).

9. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 que comprende los pasos de:

25 - subdividir el rango de potencias entregado por el medidor de energía electrónico (2) en una pluralidad de bandas de potencia por medio de una pluralidad correspondiente de valores de umbral de potencia;

30 - asociar a las bandas de potencia los respectivos valores del período de sondeo, que disminuyen el paso de la banda de potencia más baja a la banda de potencia más alta;

- identificar la banda de potencia en la que dichos valores estimados de la energía consumida (PL_{ji}) se encuentran sobre la base de una comparación entre dichos valores estimados de la energía consumida y dichos valores de umbral de potencia; y

35 - ajustar el período de sondeo al valor del período de sondeo asociado con la banda de potencia identificada.

10. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, y que comprende:

40 - subdividir el rango de potencias entregado por dicho medidor de energía electrónico (2) en una pluralidad de bandas de potencia por medio de una pluralidad correspondiente de valores de umbral de potencia;

45 - identificar la banda de potencia en la que dichos valores estimados de la energía consumida (PL_{ji}) se encuentran sobre la base de una comparación entre dichos valores estimados de la energía consumida y dichos valores de umbral de potencia; y

50 - asociar a los respectivos tiempos de sondeo iniciales de las bandas de potencia (t_{q0_k}), cada uno de los cuales consiste en el tiempo que debe transcurrir desde que los valores estimados de la energía consumida se introducen en la banda de potencia relacionada después de un aumento de potencia antes de realizar un primer sondeo de dicho medidor electrónico (2) en dicha banda de potencia.

55 **11.** Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho canal de comunicación es dicha red eléctrica doméstica y en el que dicho medidor de energía electrónico (2) y dicho dispositivo se comunican entre sí en dicha red eléctrica por medio de una comunicación por línea eléctrica.

12. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho paso de muestreo se realiza muestreando dicho voltaje de red como voltaje de entrada analógico para producir dichos segundos valores de voltaje como valores digitales.

60 **13.** Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos segundos valores de voltaje son obtenidos por el dispositivo (5) de manera autónoma con respecto al medidor de energía electrónico (2).

- 5 **14.** Dispositivo (5) conectable operativamente a un medidor de energía electrónico para estimar la energía eléctrica consumida por una red eléctrica doméstica que comprende dicho medidor de energía electrónico (2), con el dispositivo (5) que comprende elementos de conexión eléctrica (7) para conectar el dispositivo a la red doméstica red eléctrica (1), una interfaz de comunicación (8) para la comunicación con el medidor de energía electrónico (2) en un canal de comunicación y una unidad de procesamiento y control (11) conectada operativamente a la interfaz de comunicación (8), estando el dispositivo (5) configurado y programado para sondear el medidor de energía electrónico (2) en dicho canal de comunicación para recibir en cada sondeo información instantánea que comprende al menos un parámetro relacionado con una medición de consumo de energía realizada por el medidor de energía electrónico (2) y que se **caracteriza por que:**
- 10 - el dispositivo (5) comprende un circuito de medición de voltaje (18) para medir el voltaje de la red eléctrica doméstica (1) en el punto de conexión con dichos elementos de conexión eléctrica (7) y emitir una pluralidad de valores de voltaje entre dos sondeos posteriores del medidor de energía electrónico (2);
- 15 - la unidad de procesamiento y control (11) está configurada para calcular una pluralidad de valores estimados de la energía consumida entre dos sondeos posteriores mediante una función que depende de dichos valores de voltaje proporcionados por el circuito de medición de voltaje (8) y al menos mediante dicho parámetro recibido relacionado con una medición de consumo de energía realizada por el medidor de energía electrónico (2).
- 20 **15.** Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14, dicho dispositivo es tal que muestra el voltaje de red como voltaje de entrada analógico para producir dichos segundos valores de voltaje como valores digitales.
- 25 **16.** Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos segundos valores de voltaje son obtenidos por el dispositivo (5) de manera autónoma con respecto al medidor de energía electrónico (2).
- 17.** Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14, en el que dicha interfaz de comunicación (8) es una interfaz de comunicación de línea eléctrica.
- 30 **18.** Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, en el que la unidad de procesamiento y control (11) está configurada para implementar un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

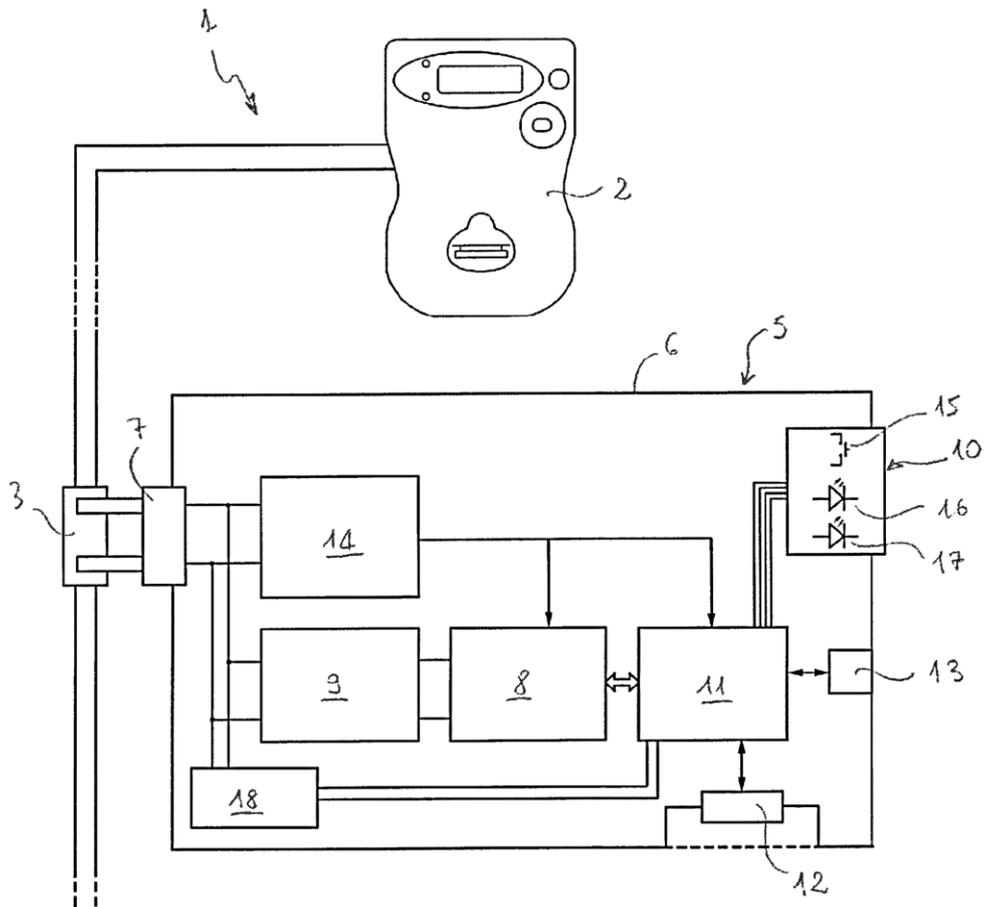


Fig. 1

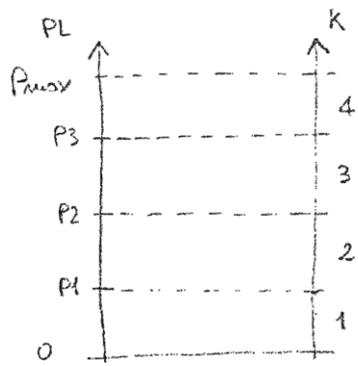


Fig. 2

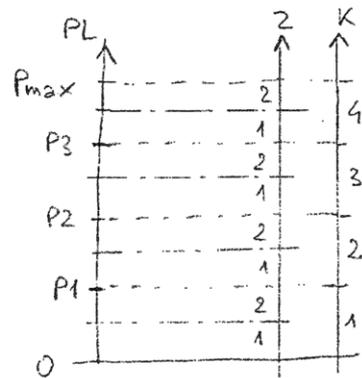


Fig. 3