

DESCRIPCIÓN

MÉTODO Y DISPOSITIVO PARA ESTIMAR LA POTENCIA ELÉCTRICA CONSUMIDA POR UNA RED ELÉCTRICA DOMÉSTICA

5

La presente descripción se refiere al sector técnico de las redes de distribución eléctrica, y en particular se refiere a un método y un dispositivo para estimar el consumo de potencia eléctrica de una red eléctrica doméstica.

10

Se conoce un dispositivo de interfaz que es conectable a una red eléctrica doméstica y que está capacitado para comunicar con el medidor de energía electrónico de la red eléctrica doméstica mediante comunicación por línea de potencia para adquirir datos del consumo de potencia y mostrar valores de consumo de potencia, por ejemplo en un visualizador del propio dispositivo o en un dispositivo externo tal como un ordenador personal o un smartphone.

15

20

El propósito del tipo de dispositivo de interfaz descrito con anterioridad consiste en proporcionar a un usuario datos de la potencia consumida por la red eléctrica doméstica, cuyo conocimiento es particularmente útil para el usuario de modo que éste pueda activar cargas grandes, tal como una máquina lavadora o una plancha, de tal modo que evite la desconexión automática de su red eléctrica doméstica de la parrilla de distribución por parte del medidor de energía electrónico cuando la potencia consumida excede un determinado valor de umbral. Un dispositivo del tipo descrito con anterioridad puede mejorar también el conocimiento del usuario sobre su consumo, conduciendo a ahorros de energía.

25

30

El tipo conocido de dispositivo de interfaz, existente tanto en una versión con enchufe para su conexión a una salida común como en una versión montable en un raíl DIN de un panel eléctrico, comprende un módulo de comunicación para comunicar con el medidor electrónico usando comunicación por línea de potencia, y un módulo de control para controlar el módulo de comunicación con el fin de sondear el medidor de energía electrónico con una frecuencia fija predeterminada para adquirir los valores de potencia

desde el medidor.

El dispositivo de interfaz comprende un puerto USB para su conexión a un ordenador personal, en el que se encuentra instalado un programa que procesa los valores
5 adquiridos para calcular valores de consumo de potencia, y que muestra los valores de consumo de potencia.

La frecuencia de sondeo del medidor de energía electrónico por el dispositivo de interfaz no puede ser demasiado alta debido a que la banda de comunicación por línea
10 de potencia de una red doméstica está típicamente limitada. En consecuencia, los datos de consumo de potencia proporcionados a través del dispositivo de interfaz no pueden ser actualizados con una velocidad suficiente. En otras palabras, en caso de una actuación súbita de grandes cargas, el dispositivo de interfaz no estará en condiciones de informar al usuario a tiempo para impedir la desconexión de la red doméstica. El
15 mismo problema podría ocurrir si el medidor de energía electrónico y el dispositivo de interfaz comunican entre sí por un canal de comunicación distinto de la comunicación por línea de potencia, por ejemplo, si dicho canal fuera un canal compartido y/o con los requisitos de limitación de banda. Además, en otros casos también, independientemente o no de la necesidad de reducir el uso de un canal de comunicaciones compartido, puede
20 existir la necesidad de contener o, en general, optimizar el número de interrogaciones del medidor de energía electrónico, por ejemplo para optimizar los recursos de cálculo/comunicación del medidor de energía electrónico.

El documento WO 2004/095327 describe un método para obtener perfiles de consumo
25 desde un centro de procesamiento remoto. Estos perfiles se obtienen mediante los datos de consumo proporcionados únicamente por medidores de energía eléctrica que son sondeados de forma regular.

El propósito de la presente invención consiste en proporcionar un método para estimar,
30 en tiempo real, la potencia eléctrica consumida por la red eléctrica doméstica que subsane, o al menos reduzca, los inconvenientes descritos anteriormente con referencia al dispositivo de interfaz de la técnica anterior.

La presente invención proporciona un método y un dispositivo para estimar el consumo de potencia eléctrica de una red eléctrica doméstica conforme a las reivindicaciones que se acompañan.

5

De acuerdo con su realización más general, el método para estimar el consumo de potencia eléctrica por parte de una red eléctrica doméstica que comprende un medidor de energía electrónico conectado a una parrilla de distribución de potencia eléctrica, comprende las etapas de:

10

- sondear periódicamente, de acuerdo con un período de sondeo T_q fijo o variable, el medidor de energía electrónico por un canal de comunicación por medio de un dispositivo que comprende elementos de conexión eléctrica conectados a la red eléctrica doméstica, con el fin de recibir, en cada instante de sondeo, información que comprenda al menos un parámetro relacionado con un valor de consumo de potencia, tal como por ejemplo, la medición de la potencia activa o de la tensión y la corriente, llevada a cabo por el medidor de energía electrónico;

15

- calcular u obtener a bordo del dispositivo, primeros valores de tensión y primeros valores de corriente correspondientes.

20

El método comprende también las etapas de:

- muestrear, por medio de un circuito de valor de tensión montado a bordo en dicho dispositivo y conectado a dichos elementos de conexión eléctrica, la tensión de la red eléctrica doméstica conforme a un período de muestreo T_s inferior a dicho período de sondeo T_q para obtener segundos valores de tensión, y

25

- determinar a bordo del dispositivo, una pluralidad de valores estimados de potencia consumida, entre dos instantes de sondeo consecutivos del medidor de energía electrónico, como una función de dichos primeros valores de tensión, de dichos primeros valores de corriente y de dichos segundos valores de tensión.

30

De acuerdo con su realización más general, el dispositivo es conectable operativamente a un medidor de energía electrónico para estimar la potencia eléctrica consumida por una red eléctrica doméstica que comprende dicho medidor de energía electrónico. El
5 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 por 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
10 electrónico por dicho canal de comunicación con el fin de recibir, en cada instante de sondeo T_q , información que comprende al menos un parámetro relacionado con una medición de consumo de potencia realizada por el medidor de energía electrónico.

El dispositivo comprende un circuito de medición de tensión para medir la tensión de la
15 red eléctrica doméstica en el punto de conexión con dichos elementos de conexión eléctrica y proporcionar a la salida una pluralidad de valores de tensión entre dos sondeos consecutivos del medidor de energía electrónico. La unidad de procesamiento y control está configurada para calcular una pluralidad de valores estimados de potencia consumida entre dos sondeos consecutivos por medio de una función que depende de
20 dichos valores de tensión proporcionados por el circuito de medición de tensión y por dicho al menos un parámetro recibido relacionado con una medición de consumo de potencia llevada a cabo por el medidor de energía electrónico.

El método y el dispositivo descritos con anterioridad a nivel general, van a ser descritos
25 a continuación con mayor detalle, con referencia a los dibujos que se acompañan, los cuales ilustran un ejemplo de implementación no limitativo, en los que:

la figura 1 ilustra esquemáticamente una red eléctrica y un ejemplo de dispositivo
30 conectado a dicha red eléctrica doméstica para estimar la potencia eléctrica consumida por dicha red eléctrica doméstica;

la figura 2 ilustra un ejemplo de división en bandas de potencia que se adopta en una

posible realización del método de la presente invención para estimar el consumo de potencia eléctrica de la red eléctrica doméstica; y

5 la figura 3 ilustra un ejemplo de división en bandas y sub-bandas de potencia que se adopta en una posible realización del método de la presente invención.

En la figura 1, el número de referencia 1 indica una red eléctrica doméstica, la cual comprende un medidor de energía electrónico 2 conectado a la parrilla de distribución eléctrica, y al menos una salida de potencia 3, por ejemplo bipolar o tripolar. A la red eléctrica y en particular a la salida de potencia 3 se ha conectado, es decir se ha interconectado eléctricamente, por medio de elementos de conexión eléctrica, un dispositivo 5 para estimar el consumo de potencia de la red eléctrica 1. Queda claro que la red eléctrica 1 comprende también una o más cargas no representadas en las figuras, por ejemplo a base de los aparatos conectados a la red eléctrica 1 y
10
15 activados/desactivados por el usuario.

El dispositivo 5 comprende un contenedor 6 a modo de caja, que en el ejemplo comprende un enchufe de potencia 7 adecuado para ser conectado a la salida de potencia 3. De acuerdo con una realización preferida y no limitativa, el dispositivo 5
20 comprende con preferencia, alojados en el contenedor 6 a modo de caja: una interfaz de comunicación 8 para comunicación por línea de potencia con el medidor de energía electrónico 2, un circuito de acoplamiento 9 para conectar la interfaz de comunicación 8 al enchufe de potencia 7, una interfaz de usuario 10, una unidad 11 de procesamiento y control equipada con una memoria interna e interconectada con la interfaz de
25 comunicación 8 y con la interfaz de usuario 10, dos tomas 12 y 13 de USB concertadas a la unidad 11 de procesamiento y control, y un módulo de fuente de alimentación 14 con su propia entrada conectada directamente al enchufe de potencia 7 para alimentar eléctricamente la interfaz de comunicación 8 y la unidad 11 de procesamiento y control.

30 En una realización alternativa, la interfaz de comunicación 8 podría ser una interfaz de comunicación de radio, por ejemplo una interfaz de comunicación por Bluetooth o por Wi-Fi. En lo que resta de la presente descripción, por motivos de simplicidad de la

descripción y sin introducir con ello ninguna limitación, se hará referencia al caso de que la interfaz de comunicación 8 sea una interfaz de comunicación por línea de potencia y que por lo tanto, la comunicación entre el dispositivo 5 y el medidor de energía electrónico sea una comunicación por línea de potencia por la red eléctrica doméstica.

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

La toma 12 de USB está prevista, por ejemplo, para recibir un conector de USB de tipo A, y se usa para conectar el dispositivo 5 a un dispositivo adicional, por ejemplo un dispositivo de interfaz de red inalámbrica, por ejemplo Wi-Fi o Bluetooth. La toma 13 de USB está prevista, por ejemplo, para un conector de USB de tipo mini-B, y se usa para la conexión del dispositivo 5 a un ordenador personal.

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

- 20 - una entrada conectada a la red eléctrica 1, por ejemplo a través del enchufe de potencia 7 (es decir, a través de los elementos de conexión eléctrica del dispositivo 5), para medir la tensión eléctrica de la red eléctrica doméstica 1 en un punto de la red (por ejemplo, en la salida de potencia 3) al que esté conectado el dispositivo 5;
- 25 - una salida conectada a la unidad 11 de procesamiento y control para proporcionar los valores de tensión medidos a la misma.

El circuito 18 de medición de tensión puede estar realizado de una manera que en sí misma sea sustancialmente conocida. De acuerdo con una primera realización, el circuito 18 de medición de tensión incluye un resistor de shunt, que está conectado de una manera conocida a la entrada de un convertidor analógico/digital de la unidad 11 de procesamiento y control. De acuerdo con una segunda realización, el circuito 18 de

medición de tensión comprende un circuito integrado de tipo conocido, basado en un elemento de transistor.

5 Conforme a la invención, la unidad 11 de procesamiento y control está programada y configurada para implementar el método que sigue para estimación del consumo de potencia eléctrica de la red eléctrica doméstica 1.

10 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 primeros valores de tensión y primeros valores de corriente. Esta información comprende al menos un parámetro relacionado con una medición de consumo de potencia llevada a cabo por el medidor de energía electrónico 2. De acuerdo con una realización, dicho al menos un parámetro comprende un valor de potencia, por ejemplo, potencia activa, medida por el medidor de energía electrónico 2.

15 En este caso el dispositivo 5 es tal que puede calcular o determinar, para cada sondeo, un primer valor de tensión 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 una realización alternativa, dicho al menos un parámetro comprende un valor de corriente y un valor de tensión medidos por el medidor de energía electrónico

20 2, de modo que en este caso el dispositivo 5 obtiene los primeros valores de corriente y los primeros valores de tensión directamente desde el medidor de energía electrónico 2.

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 modo que

25 la banda (limitada) del canal de transmisión de comunicación por línea de potencia no obstaculiza la comunicación entre el dispositivo 5 y el medidor de energía electrónico 2.

El muestreo a través del circuito 18 de medición de tensión tiene lugar conforme a un período de muestreo T_s fijo o variable, menor que el período de sondeo T_q , y permite

30 que el dispositivo 5 obtenga segundos valores de tensión. Ventajosamente, para simplificar la implementación del método, la tensión en el enchufe de potencia 7 se muestrea sincrónicamente 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 .

5 Con preferencia, en la etapa de muestreo, la tensión de la red se muestrea como tensión de entrada analógica para producir dichos segundos valores de tensión como valores digitales.

10 Obsérvese que dichos segundos valores de tensión se obtienen a partir del dispositivo 5 de una manera autónoma con respecto al medidor de energía electrónico 2, es decir, sin interrogar al medidor de energía electrónico 2.

De acuerdo con una realización, en el $i^{\text{ésimo}}$ instante de sondeo, el valor de potencia P_{ce_i} medido por el medidor de energía electrónico 2 se lee, por ejemplo un valor de potencia activa, o un primer valor de tensión y un primer valor de corriente.

15 Suponiendo que la diferencia entre la tensión detectada a través del medidor de energía electrónico 2, V_{ce_i} , y la leída por el circuito 18 de medición de tensión, V_{dev_i} , sea despreciable, entonces:

20 $V_{ce_i} = V_{dev_i}$

Por lo tanto, se asume que:

25 $I_{ce_i} = P_{ce_i} / V_{ce_i}$

Se define:

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

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

De acuerdo con una realización, en una etapa inicial del método de estimación, tan pronto como el valor de ΔI_{ce_i} , que representa una variación de corriente entre dos sondeos consecutivos del medidor de energía electrónico 2, excede un determinado valor de umbral I_{t0} , los primeros valores de corriente I_{ce_i} y los primeros valores de tensión V_{ce_i} son usados por el dispositivo 5 para obtener una resistencia, indicada en lo que sigue mediante R_{eq} , que es indicativa de la resistencia equivalente vista por el medidor de energía electrónico 2 hacia la parrilla de distribución de potencia eléctrica. El valor de umbral I_{t0} está comprendido, por ejemplo, entre 2A-8A, incluyendo ambos valores extremos.

10

De forma más detallada, en cada instante de sondeo ($i^{\text{ésimo}}$ instante de sondeo) en el que el valor ΔI_{ce} excede el valor de umbral I_{t0} , la unidad de procesamiento y control calcula una resistencia instantánea R_{eq_i} como la relación entre el valor absoluto de una variación entre los dos últimos valores de tensión y una variación entre los dos últimos valores de corriente proporcionados directa o indirectamente por el medidor de energía electrónico 2, es decir:

15

$$R_{eq_i} = |\Delta V_{ce_i}| / |\Delta I_{ce_i}|$$

20

donde:

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

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

25

Con preferencia, la resistencia equivalente R_{eq} se calcula como la media aritmética de ventana deslizante de las resistencias instantáneas R_{eq_i} según son éstas calculadas progresivamente. La ventana deslizante usada para el cálculo del valor medio aritmético tiene una amplitud comprendida, por ejemplo, entre 100 y 400 muestras.

30

Los valores de tensión 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 a la salida a continuación de los sondeos realizados por el dispositivo 5. En este caso, el dispositivo 5 obtiene a bordo los primeros valores de corriente y los primeros valores de tensión directamente desde el medidor de energía electrónico 2.

- 5 Los valores de tensión y corriente son proporcionados indirectamente por el medidor de energía electrónico 2 en el caso en que el medidor 2 no esté en condiciones de medir dichos valores y/o proporcionarlos a la salida a continuación de los sondeos realizados por el dispositivo 5 y en el caso de que sea el dispositivo 5 el que calcule tales valores a partir de la información proporcionada por el medidor de energía electrónico 2. En ese
- 10 caso, el dispositivo 5 está capacitado para calcular a bordo, para cada sondeo, un primer valor de tensión respectivo y un primer valor de corriente respectivo, a partir de al menos un parámetro relacionado con una medición de consumo de potencia realizada por el medidor de energía electrónico 2. Según se ha explicado ya, conforme a una realización, dicho al menos un parámetro comprende un valor de potencia, por ejemplo,
- 15 potencia activa, medida por el medidor de energía electrónico 2.

Los datos intermedios para el cálculo de la media aritmética de ventana deslizante están preferiblemente almacenados en la memoria de la unidad 11 de procesamiento y control.

20

- Para cada instante de muestreo de la tensión de red por el circuito 18 de medición de tensión ($j^{\text{ésimo}}$ instante de muestreo), la variación de tensión $\Delta V_{\text{dev}ji}$ se calcula como la diferencia entre el valor de tensión leído en ese instante de muestreo ($j^{\text{ésimo}}$ instante de sondeo) y el valor de tensión leído en el momento del último sondeo del medidor de
- 25 energía electrónico 2 ($i^{\text{ésimo}}$ instante de sondeo), y una variación de corriente $\Delta I_{\text{dev}ji}$ como la relación entre dicha variación de tensión $\Delta V_{\text{dev}ji}$ y la resistencia equivalente R_{eq} , es decir:

$$\Delta V_{\text{dev}ji} = V_{\text{dev}j} - V_{\text{dev}i}$$

30

$$\Delta I_{\text{dev}ji} = - \Delta V_{\text{dev}ji} / R_{\text{eq}},$$

donde el $j^{\text{ésimo}}$ instante de muestreo está comprendido entre el $i^{\text{ésimo}}$ instante de sondeo y el $(i+1)^{\text{ésimo}}$ instante de sondeo.

Se obtiene un valor estimado de potencia consumida o absorbida por la red eléctrica doméstica 1 entre dos sondeos consecutivos, es decir, en el instante de muestreo $j^{\text{ésimo}}$ entre el instante de sondeo $i^{\text{ésimo}}$ y el instante de sondeo $(i+1)^{\text{ésimo}}$, con la siguiente fórmula:

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

10

donde V_{cei} e I_{cei} son los primeros valores de tensión y corriente, es decir, los valores obtenidos o calculados por el dispositivo 5 merced al sondeo del medidor de energía electrónico 2 en el instante $i^{\text{ésimo}}$. En realidad, las variaciones de tensión ΔV_{devji} comprenden también componentes aleatorias que no se deben a la conexión o desconexión de una carga en la red eléctrica doméstica y se deben, por ejemplo, a la conmutación a conexión o desconexión de una carga corriente arriba del contador de energía electrónico 2. Estas componentes aleatorias introducen algún error en el cálculo del valor estimado de consumo de potencia, PL_{ji} , siendo este error, no obstante, anulado en cada muestreo llevado a cabo en los instantes de sondeo del medidor de energía eléctrica 2. De hecho, en los instantes de sondeo, las variaciones de tensión ΔV_{devji} , y por consiguiente las variaciones de corriente ΔI_{devji} , son nulas por definición.

15

De acuerdo con una realización ventajosa, para reducir la contribución de ruido entre dos sondeos sucesivos del medidor de energía electrónico 2, se realiza un promedio variable $\langle PL_{ji} \rangle$ sobre un intervalo T_{av} de tiempo medio dado de los valores PL_{ji} de consumo de potencia estimados, por ejemplo, T_{av} está comprendido en la gama de 10-30 segundos, incluyendo los valores extremos.

25

Por ejemplo, los valores PL_{ji} de consumo de potencia estimados o los valores medios $\langle PL_{ji} \rangle$, calculados en cada etapa de muestreo conforme al período T_s , se ponen a disposición en las tomas 12 y 13 de USB de modo que los mismos pueden ser adquiridos y procesados mediante un programa apropiado instalado en un ordenador

30

personal, con el fin de mostrar los datos de consumo de potencia y/o generar alarmas de audio y/o visuales en relación con tales datos. En adelante, por simplicidad de la descripción, se hará referencia a los valores PL_{ji} de consumo de potencia estimados tanto en el caso en que esos valores no sean el valor medio como cuando esos valores
 5 estén promediados para reducir el ruido, según se ha descrito en lo que antecede.

De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, el período T_q de sondeo del medidor de energía electrónico 2 está regulado por el dispositivo 5 como una función de los valores PL_{ji} de consumo de potencia estimados, con el fin de incrementar
 10 la precisión de la estimación de la potencia consumida en las situaciones más críticas. En particular, la frecuencia de sondeo se incrementa progresivamente según se incrementan los valores PL_{ji} de consumo de potencia estimados, puesto que cuanto más cercana sea la potencia al valor de umbral que provoca la desconexión automática, más crítica se vuelve la situación y, por lo tanto, la potencia se estima con mayor precisión.

15 De manera más detallada, en la realización que antecede, el rango de potencia que se puede suministrar mediante el medidor de energía electrónico 2 se divide en varias bandas de potencia por medio de un determinado número N de valores de umbral de potencia, cada uno de los cuales se asocia a un intervalo de histéresis respectivo. Por lo
 20 tanto, el número de bandas de potencia es igual a $N+1$. La $k^{\text{ésima}}$ banda de potencia en la que se encuentran dichos valores PL_{ji} de consumo de potencia estimado se identifica mediante el dispositivo 5 en base a una comparación entre el consumo de potencia estimado PL_{ji} y los N valores de umbral. Con preferencia, esta comparación se lleva a cabo por medio del dispositivo 5 en cada etapa de muestreo, para permitir un ajuste
 25 rápido del período de sondeo T_q .

La figura 2 ilustra un ejemplo con tres valores de umbral ($N = 3$), indicados con $P1$, $P2$ y $P3$, los cuales dividen el rango de potencia en cuatro bandas de potencia.

30 De acuerdo con una posible 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 que el

valor PL_{ji} de consumo de potencia estimado entra en la $k^{ésima}$ banda como resultado de un incremento de potencia (transición desde la banda $(k-1)^{ésima}$ a la banda $k^{ésima}$) con anterioridad a la realización del primer sondeo del medidor de energía electrónico 2 en la $k^{ésima}$ banda. Con preferencia, la lógica anterior no se aplica en el caso de una
 5 reducción del consumo de potencia estimado hacia una banda inferior, puesto que el descenso del consumo de potencia estimado se considera un alejamiento de la situación crítica. De acuerdo con una realización ventajosa, el valor de los primeros tiempos de sondeo $tq0_k$ se reduce al pasar desde la banda de potencia más baja ($k = 1$) a la banda de potencia más alta ($k = N+1$):

10

$$Tq0_{k+1} < Tq0_k$$

Además, a cada banda de potencia se asocia un valor Tq_k respectivo del período de sondeo de tal modo que cuando el valor PL_{ji} de consumo de potencia estimado entra en la $k^{ésima}$ banda de potencia, el período de sondeo Tq se ajusta al valor Tq_k relativo, es
 15 decir, $Tq = Tq_k$. Los valores Tq_k asignados al período de sondeo Tq tras entrar en una reducción de banda de potencia, pasan desde la banda de potencia más baja ($k = 1$) a la banda de potencia más alta ($k = N+1$):

20

$$Tq_{k+1} < Tq_k$$

Los valores Tq_k están comprendidos, por ejemplo, entre un valor mínimo de 10 minutos para la banda de potencia más alta, hasta un máximo de 60 minutos para la banda de potencia más baja.

25

Siempre que los valores PL_{ji} de consumo de potencia estimados permanezcan en la banda $k^{ésima}$, el contador de energía electrónico 2 es sondeado de acuerdo con el período de sondeo $Tq = Tq_k$ respectivo.

30

De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, cada una de las N bandas de potencia por debajo del valor de umbral más alto ($N^{ésimo}$) se divide en dos sub-bandas relativas de igual amplitud mediante un valor de umbral adicional relativo.

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.

- 5 A cada una de las sub-bandas se asocia un valor $T_{q_{kz}}$ respectivo del período de sondeo, donde k es el índice de la banda comprendido entre 1 y N , y dentro de la banda $k^{\text{ésima}}$, z es el índice de la sub-banda, el cual es 1 ó 2. Los valores $T_{q_{kz}}$ para k comprendidos entre 1 y N de la realización de la figura 3, sustituyen a los valores T_{q_k} del mismo índice k de la realización de la figura 2. Los valores $T_{q_{kz}}$ del período de sondeo
10 decrecen al pasar desde 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).

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

- La presencia de las sub-bandas permite optimizar la frecuencia de sondeo con el fin de incrementarla solamente en las situaciones de potencia más crítica que podrían conducir
20 a una desconexión del medidor de energía electrónico 2. A dos sub-bandas pertenecientes a la misma banda k , se asocia preferiblemente el mismo primer tiempo de sondeo T_{0k} .

- Existen posibles realizaciones adicionales, complementarias con las que ya se han
25 descrito, que permiten optimizar aún más el sondeo del medidor electrónico, las cuales van a ser descritas a continuación.

- De acuerdo con una primera realización adicional, el sondeo del medidor de energía electrónico 2 ocurre en correspondencia con una variación de potencia mayor que un
30 valor fijo determinado. De forma más detallada, por ejemplo, el valor medio de los valores medios $\langle PL_{ji} \rangle$ se calcula usando un número de L_v de valores medios $\langle PL_{ji} \rangle$ previos. Este valor medio se ha indicado con $\langle \langle PL_{ji} \rangle \rangle$ y está almacenado para su

posterior procesamiento. A continuación se calcula la diferencia $\Delta\langle PL_{ji} \rangle$ entre $\langle PL_{ji} \rangle$ y $\langle\langle PL_{ji} \rangle\rangle$.

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

5

Se definen dos variables de conteo, m y d, que inicialmente se establecen en 0:

$$m, d = 0$$

10 Si la diferencia $\Delta\langle PL_{ji} \rangle$ es mayor que el valor de potencia PV preestablecido (por ejemplo, 1000 W) o menor que el valor de potencia PN preestablecido (por ejemplo, -500 W), las variables de conteo 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:

15

$$m = 1; d = 0.$$

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

20

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

Si $\Delta\langle PL_{ji} \rangle$ es mayor que el valor de potencia PV preestablecido o menor que el valor de potencia PN preestablecido, la variable d se establece en cero. Si no concurre ninguna de esas condiciones, d se incrementa en uno. Por lo tanto:

25

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

$$d = 0$$

30

o bien $d = d + 1$.

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

Si $d > D_{MAX}$, entonces

5

$m = 0$

o bien, $m = m + 1$.

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

Si $m = M_{MAX}$, entonces:

15

$m = 0$; $d = 0$

se sondea el medidor en el instante $j+1$.

20 De acuerdo con una segunda realización adicional, complementaria con la primera forma adicional de realización descrita con anterioridad, el sondeo del medidor de energía electrónico 2 tiene lugar en correspondencia con la detección de una diferencia entre la máxima $\langle PL \rangle_{\max}$ local y la mínima $\langle PL \rangle_{\min}$ local de la curva de potencia $\langle PL_{ji} \rangle$ mayor que una cantidad preestablecida. De forma más detallada, se comparan el
25 valor medio de potencia $\langle PL_{ji} \rangle$ y el valor $\langle PL_{j-1,i} \rangle$ relacionados con el instante de muestreo precedente.

Si $\langle PL_{ji} \rangle$ es mayor que $\langle PL_{j-1,i} \rangle$, la tendencia se incrementa, en otro caso se reduce.

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

$$\Delta PL = \langle PL \rangle_{\text{máx}} - \langle PL \rangle_{\text{mín}}$$

Si esta diferencia es mayor que un valor LTMAX previamente establecido, en el siguiente instante de procesamiento se sondea el medidor de energía electrónico 2. Si la
 5 tendencia detectada se incrementa, el valor $\langle PL_{ji} \rangle$ se almacena en la variable $\langle PL \rangle_{\text{máx}}$. Si la tendencia detectada se reduce, el valor $\langle PL_{ji} \rangle$ se almacena en la variable $\langle PL \rangle_{\text{mín}}$.

De acuerdo con una tercera realización adicional de la presente invención, combinable
 con la primera forma de realización adicional descrita con anterioridad y/o con la
 10 segunda forma de realización adicional descrita con anterioridad, se asocia a cada banda de potencia un tiempo de sondeo mínimo $TM0_k$, donde k es el índice de la banda comprendido entre 1 y N+1. Este tiempo de sondeo mínimo indica el intervalo de tiempo mínimo que debe transcurrir entre dos sondeos sucesivos del medidor de energía electrónico 2. El valor de los tiempos de sondeo mínimos $tq0_k$ se reduce al pasar desde
 15 la banda de potencia más baja ($k = 1$) hasta la banda de potencia más alta ($k = N+1$):

$$Tm0_{k-1} < Tm0_k$$

Aunque la invención descrita con anterioridad hace referencia particular a realizaciones
 20 muy específicas, no debe considerarse como limitada a esos ejemplos, puesto que su alcance incluye todas aquellas variaciones, modificaciones o simplificaciones que puedan resultar evidentes para un experto en ese campo, tal como por ejemplo la implementación en un dispositivo montable en un raíl DIN y conectable a un punto de la red eléctrica inmediatamente corriente debajo del medidor de energía electrónico 2
 25 por medio de terminales de conexión apropiados.

REIVINDICACIONES

1.- Método para estimar la potencia eléctrica consumida por una red eléctrica doméstica que comprende un medidor de energía electrónico (2) conectado a una parrilla de
5 distribución de potencia eléctrica, comprendiendo el método las etapas de:

- sondear periódicamente, conforme a un período de sondeo T_q fijo o variable, el medidor de energía electrónico (2) por un canal de comunicación por medio de un
10 dispositivo (5) que comprende elementos (7) de conexión eléctrica conectados a la red eléctrica doméstica (1), con el fin de recibir, en cada instante de sondeo, información que comprende al menos un parámetro relacionado con una medición de consumo de potencia llevada a cabo por el medidor de energía electrónico (2);

- calcular u obtener en el dispositivo (5), primeros valores de tensión (V_{ce_i}) y primeros
15 valores de corriente (I_{ce_i}) correspondientes;

estando el método caracterizado porque comprende las etapas de:

- muestrear, por medio de un circuito (18) de medición tensión previsto a bordo de
20 dicho dispositivo (5) y conectado a dichos elementos (7) de conexión eléctrica, la tensión de la red eléctrica doméstica (1) conforme a un período de muestreo T_s menor que dicho período de sondeo, para obtener segundos valores de tensión (V_{dev_j} , V_{dev_i}),
y

- determinar a bordo del dispositivo (5) una pluralidad de valores estimados de potencia consumida (PL_{ji}), entre dos instantes de sondeo consecutivos del medidor electrónico
25 (2), como una función de dichos primeros valores de tensión (V_{ce_i}), de dichos primeros valores de corriente (I_{ce_i}) y de dichos segundos valores de tensión (V_{dev_j}).

30 2.- Método conforme a la reivindicación 1, caracterizado porque la etapa de determinación comprende las etapas de:

- calcular una resistencia equivalente (R_{eq}), la cual es indicativa de la resistencia equivalente vista por el medidor electrónico (2) hacia la parrilla de distribución de electricidad, como una función de una serie de dichos primeros valores de tensión (V_{ce_i}) y una serie correspondiente de dichos primeros valores de corriente (I_{ce_i}), y

5

- determinar valores estimados de potencia consumida (PL_{ji}) como una función de dichos primeros valores de tensión (V_{ce_i}), de dichos primeros valores de corriente (I_{ce_i}), de dicha resistencia equivalente (R_{eq}) y de dichos segundos valores de tensión (V_{dev_j} , V_{dev_i}).

10

3.- Método conforme a la reivindicación 2, caracterizado porque dicha resistencia equivalente (R_{eq}) se calcula como la media aritmética de ventana deslizante de las resistencias instantáneas (R_{eq_i}), cada una de las cuales se calcula como la relación entre una primera variación de tensión (ΔV_{ce_i}) y una primera variación de corriente (ΔI_{ce_i}) correspondiente, siendo dicha primera variación de tensión (ΔV_{ce_i}) una diferencia entre dos primeros valores de tensión adquiridos/calculados en dos etapas de sondeo consecutivas, y siendo dicha primera variación de corriente (ΔI_{ce_i}) una diferencia entre dos valores de corriente obtenidos/calculados en las mismas dos etapas de sondeo.

15

20

4.- Método conforme a las reivindicaciones 2 ó 3, caracterizado porque la etapa de determinación comprende las etapas de:

- determinar valores estimados de potencia consumida (PL_{ji}) entre dos etapas de sondeo (i , $i+1$) consecutivas como una función de uno de dichos primeros valores de tensión (V_{ce_i}) y uno de dichos primeros valores de corriente (I_{ce_i}) adquiridos en la primera de dichas dos etapas de sondeo consecutivas y como una función de los segundos valores de tensión (V_{dev_j}) muestreados entre las dos etapas de sondeo consecutivas.

25

5.- Método conforme a las reivindicaciones 2 ó 3, caracterizado porque la etapa de determinación comprende las etapas de:

30

- para cada etapa de muestreo (j) entre dos etapas de sondeo (i , $i+1$) consecutivas,

calcular una segunda variación de tensión (ΔV_{devji}) relativa entre uno de dichos segundos valores de tensión (V_{devj}), con relación a esta etapa de muestreo, y otro de dichos segundos valores de tensión (V_{devi}), muestreados en la primera de las dos etapas de sondeo consecutivas, y

5

- para cada etapa de muestreo (j) entre dos etapas de sondeo (i, i+1) consecutivas, calcular un valor estimado relativo de potencia consumida (PL_{ji}) como una función de uno de dichos primeros valores de tensión (V_{cei}) y de uno de dichos primeros valores de corriente (I_{cei}) obtenidos o calculados en la primera de dichas dos etapas de sondeo consecutivas y como una función de dichos segundos valores de tensión (ΔV_{devji}) de dicha resistencia equivalente (R_{eq}).

10

6.- Método conforme a la reivindicación 5, caracterizado porque dicho valor estimado de potencia consumida se calcula de acuerdo con la fórmula:

15

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

donde PL_{ji} es el valor estimado de potencia consumida en la etapa de muestreo j genérica, V_{cei} es el citado uno de dichos primeros valores de tensión obtenidos/calculados en la primera de dichas dos etapas de sondeo consecutivas, ΔV_{devji} es dicha segunda variación de tensión, I_{cei} es el citado uno de dichos primeros valores de corriente obtenidos/calculados en la primera de dichas dos etapas de sondeo consecutivas, y ΔI_{devji} es una segunda variación de corriente calculada como la relación entre dicha segunda variación de tensión y dicha resistencia equivalente.

20

25

7.- Método conforme a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque comprende una etapa de variar el período de sondeo como una función de dichos valores de estimación de potencia consumida (PL_{ji}).

30

8.- Método conforme a la reivindicación 7, caracterizado porque dicha etapa de variación comprende una operación de reducir progresivamente dicho período de sondeo como una función de dichos valores estimados de potencia consumida (PL_{ji}).

9.- Método conforme a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque comprende las etapas de:

5 - subdividir la gama de potencia suministrable 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;

10 - asociar a las bandas de potencia valores de período de sondeo respectivos, que decrecen al pasar desde la banda de potencia más baja a la banda de potencia más alta;

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

15 - ajustar el período de sondeo al valor de período de sondeo asociado a la banda de potencia identificada.

20 10.- Método conforme a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque comprende:

25 - subdividir la gama de potencia suministrable 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;

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

30 - asociar a las respectivas bandas de potencia tiempos de sondeo iniciales ($tq0_k$), cada uno de los cuales consiste en el tiempo que debe transcurrir desde que los valores estimados de potencia consumida son introducidos en la banda de potencia relativa a

continuación de un incremento potencia con anterioridad a realizar un primer sondeo de dicho medidor electrónico (2) en esa banda de potencia.

5 11.- Método conforme a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho canal de comunicación es la citada red eléctrica doméstica, y porque dicho medidor de energía electrónico (2) y dicho dispositivo comunican entre sí por dicha red eléctrica por medio de una comunicación por línea de potencia.

10 12.- Método conforme a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha etapa de muestreo se lleva a cabo muestreando dicha tensión de red como tensión de entrada analógica para producir dichos segundos valores de tensión como valores digitales.

15 13.- Método conforme a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dichos segundos valores de tensión se obtienen por medio del dispositivo (5) de una manera autónoma con respecto al medidor de energía electrónico (2).

20 14.- Dispositivo (5) conectable operativamente a un medidor de energía electrónico para estimar la potencia eléctrica consumida por una red eléctrica doméstica que comprende el citado medidor de energía electrónico (2), comprendiendo el dispositivo (5) elementos (7) de conexión eléctrica para conectar el dispositivo a la red eléctrica doméstica (1), una interfaz de comunicación (8) para comunicación con el medidor de energía electrónico (2) por un canal de comunicación y una unidad (11) de procesamiento y control conectada operativamente a la interfaz de comunicación (8),
25 estando el dispositivo (5) configurado y programado para sondear el medidor de energía electrónico (2) por dicho canal de comunicación con el fin de recibir en cada instante de sondeo información que comprende al menos un parámetro relacionado con una medición de consumo de potencia llevada a cabo por el medidor de energía electrónico (2); caracterizado porque:

30

- el dispositivo (5) comprende un circuito (18) de medición de tensión para medir la tensión de la red eléctrica doméstica (1) en el punto de conexión con dichos elementos

(7) de conexión eléctrica, y presentar a la salida una pluralidad de valores de tensión entre dos sondeos consecutivos del medidor de energía electrónico (2);

- 5 - la unidad (11) de procesamiento y control está configurada para calcular una pluralidad de valores estimados de potencia consumida entre dos sondeos consecutivos por medio de una función que depende de dichos valores de tensión proporcionados por el circuito (8) de medición de tensión y por dicho al menos un parámetro recibido relacionado con una medición de consumo de potencia llevada a cabo por el medidor de energía electrónico (2).

10

15.- Dispositivo conforme a la reivindicación 4, caracterizado porque dicho dispositivo es tal como para muestrear la tensión de red como tensión de entrada analógica para producir dichos segundos valores de tensión como valores digitales.

15

16.- Dispositivo conforme a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dichos segundos valores de tensión se obtienen por medio del dispositivo (5) de una forma autónoma con respecto al medidor de energía electrónico (2).

20

17.- Dispositivo conforme a la reivindicación 14, caracterizado porque dicha interfaz de comunicación (8) es una interfaz de comunicación por línea de potencia.

18.- Dispositivo conforme a cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, caracterizado porque la unidad (11) de procesamiento y control está configurada para implementar un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

RESUMEN

MÉTODO Y DISPOSITIVO PARA ESTIMAR LA POTENCIA ELÉCTRICA CONSUMIDA POR UNA RED ELÉCTRICA DOMÉSTICA

5

Se describe un método para estimar la potencia eléctrica consumida por una red eléctrica doméstica que comprende un medidor de energía electrónico (2) conectado a una parrilla de distribución de potencia eléctrica, comprendiendo el método las etapas de: - sondear periódicamente, de acuerdo con un período de sondeo fijo o variable, el

10 medidor de energía electrónico (2) por un canal de comunicación por medio de un dispositivo (5) que comprende elementos (7) de conexión eléctrica conectados a la red eléctrica doméstica (1), con el fin de recibir, en cada instante de sondeo, información que comprende al menos un parámetro relacionado con una medición de consumo de potencia llevada a cabo por el medidor de energía electrónico (2); - calcular u obtener a

15 bordo del dispositivo (5), primeros valores de tensión (V_{ce_i}) y primeros valores de corriente (I_{ce_i}) correspondientes. El método se caracteriza porque comprende las etapas de: - muestrear, por medio de un circuito (18) de medición de tensión proporcionado a bordo de dicho dispositivo (5) y conectado a dichos elementos (7) de conexión eléctrica, la tensión de la red eléctrica doméstica (1) de acuerdo con un período de muestreo (T_s)

20 menor que dicho período de sondeo para obtener segundos valores de tensión (V_{dev_j} , V_{dev_i}); y, -determinar a bordo del dispositivo (5) una pluralidad de valores estimados de potencia consumida (PL_{ji}), entre dos instantes de sondeo consecutivos del medidor electrónico, como una función de dichos primeros valores de tensión (V_{ce_i}), de dichos primeros valores de corriente (I_{ce_i}) y de dichos segundos valores de tensión (V_{dev_i}).

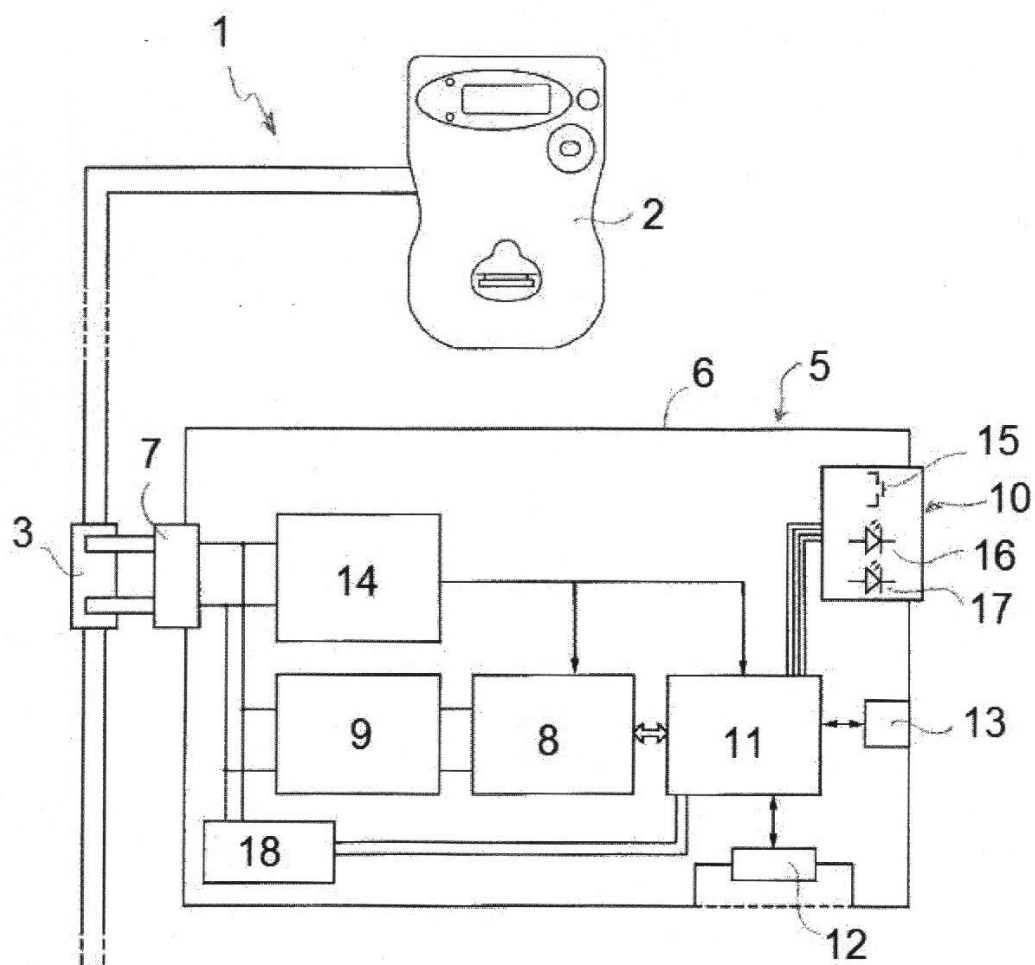


FIG 1

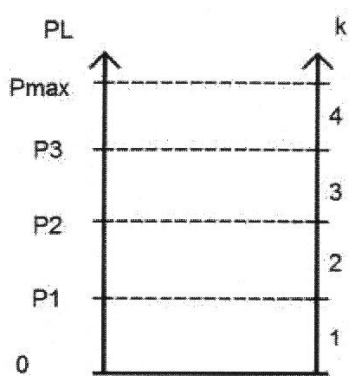


FIG 2

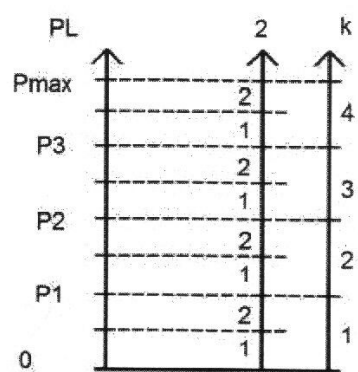


FIG 3