

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 086**

21 Número de solicitud: 201731131

51 Int. Cl.:

H04Q 9/00 (2006.01)
G01R 19/25 (2006.01)
H02J 13/00 (2006.01)
H02J 50/80 (2006.01)
G01R 22/06 (2006.01)
H05B 37/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

20.09.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

21.03.2019

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (100.0%)
Av. Gregorio Peces Barba, 1
28919 Leganés (Madrid) ES

72 Inventor/es:

AMARÍS DUARTE, Hortensia Elena y
ALONSO MARTÍNEZ, Mónica

54 Título: **Procedimiento para estimar las pérdidas de energía por fraude en una red eléctrica de baja tensión**

57 Resumen:

La invención describe un procedimiento para estimar las pérdidas de energía por fraude en una red eléctrica, donde la estimación de la energía (E_5) consumida por los consumidores no telegestionados (5) en un intervalo temporal determinado comprende: estimar la energía consumida por los consumidores no telegestionados (5) en el mes actual mediante una extrapolación a partir de la energía consumida en meses anteriores; calcular una distribución aproximada de la curva de consumo de los consumidores no telegestionados (5) a lo largo del mes actual; estimar una curva de consumo de la energía consumida por cada consumidor no telegestionado (5) en el mes actual repartiendo la energía total consumida por cada consumidor no telegestionado (5) en el mes actual de acuerdo con la distribución aproximada calculada en el paso anterior; y determinar la energía consumida (E_5) por los consumidores no telegestionados (5) en el intervalo temporal determinado.

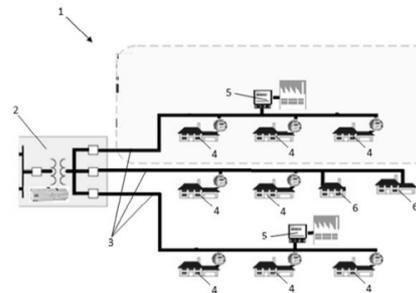


FIG. 1

ES 2 705 086 A1

DESCRIPCIÓN

5 Procedimiento para estimar las pérdidas de energía por fraude en una red eléctrica de baja tensión

OBJETO DE LA INVENCION

10 La presente invención pertenece de manera general al campo de la electricidad, y más particularmente a la gestión de redes eléctricas de baja tensión.

El objeto de la presente invención es un procedimiento que permite estimar las pérdidas de energía de una red eléctrica correspondientes a fraude por parte de consumidores o terceros.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La energía eléctrica generada por los diferentes centros de generación, tales como centrales eléctricas, se distribuye a los diferentes consumidores a través de redes eléctricas. Estas 20 redes eléctricas comprenden redes de alta y media tensión para transporte, y redes de baja tensión para la distribución a los consumidores particulares. Las redes de media y alta tensión están conectadas con las redes de baja tensión a través de centros de transformación donde unos transformadores reducen la tensión hasta valores utilizables por los consumidores. Las compañías eléctricas facturan a cada consumidor conectado a la red 25 de baja tensión en función de la energía consumida.

Actualmente, las compañías eléctricas conocen la cantidad de energía consumida por cada consumidor gracias al uso de contadores instalados en los puntos de conexión del consumidor en cuestión con la red de baja tensión. Existen fundamentalmente dos tipos de 30 contadores: los contadores telegestionados y los contadores no telegestionados. Los contadores telegestionados son contadores digitales que permiten enviar de manera automática información acerca de la energía consumida por un consumidor particular de manera periódica al centro de control de la compañía distribuidora. Alternativamente, el centro de control puede solicitar información acerca de la energía consumida al contador 35 telegestionado en cualquier momento. Por el contrario, los contadores no telegestionados son contadores analógicos que deben ser leídos por una persona situada físicamente en el

lugar en que se encuentra el contador en cuestión, y por tanto en este caso la información acerca de la energía consumida por un consumidor particular se obtiene únicamente una vez al mes.

- 5 Un problema que persiste en la gestión de las redes de distribución está relacionado con las pérdidas de energía como consecuencia de fraudes, ya sea debido a la manipulación de los contadores por parte de los propios consumidores o a conexiones ilegales a la red realizadas por terceros. Se trata de un importante problema que no solo genera importantes pérdidas para las compañías eléctricas, sino que también provoca pérdidas para el estado y
10 el resto de consumidores debido a que la energía eléctrica consumida fraudulentamente está exenta de impuestos. Se trata de un problema de muy difícil solución, ya que el operador de la red únicamente tiene información completamente actualizada de aquellos clientes que cuentan con contadores telegestionados. La información de los clientes que cuentan con contadores no telegestionados no está actualizada, y como consecuencia no es
15 posible actualmente realizar un análisis suficientemente preciso como para determinar si se está produciendo un consumo fraudulento de energía en la red.

La solución más sencilla a este problema pasa por la revisión física a las instalaciones de cada consumidor conectado a la red para determinar si su contador ha sido manipulado, así
20 como la revisión física de las redes aéreas para identificar conexiones ilegales por parte de terceros. Sin embargo, debido al elevado número de consumidores conectados a la red eléctrica esta solución requiere una ingente cantidad de personal.

Alternativamente, se han desarrollado algunos métodos de detección que no requieren la
25 visita física a las instalaciones de los consumidores.

El documento US2014/0358829 describe un método para identificar viviendas cuyo consumo eléctrico es anómalo de acuerdo con datos históricos de consumo, patrones de consumo tipificados, y condiciones meteorológicas. Un importante inconveniente de este
30 método es que un fraude repetitivo podría ser percibido como un consumo normal del cliente fraudulento.

El documento US2014/0300210 describe un método basado en la realización de un balance energético teniendo en cuenta la energía proporcionada por el centro de transformación de
35 la red a la que están conectados los consumidores y la energía consumida por esos mismos consumidores obtenida a través de contadores telegestionados. Sin embargo, este sistema

no tiene en cuenta consumidores con contadores no telegestionados. Además, no tiene en cuenta las pérdidas en las líneas de la red, por lo que éstas pueden ser incluidas dentro de las pérdidas por fraude.

5 El documento WO201308663 describe un método que determina la existencia de pérdidas en la red a partir de un balance energético que tiene en cuenta energía suministrada por el transformador, la energía consumida por los consumidores con contadores telegestionados, y además los valores de la tensión en cada nudo de la red. Un importante inconveniente de este método es que requiere la instalación de medidores de tensión dedicados en cada nudo
10 de la red, lo que encarece enormemente la infraestructura de medida. Además, el número de variables a manejar implica una enorme complejidad.

En definitiva, existe aún una necesidad en este campo de la técnica de métodos que permitan

15

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención describe un procedimiento capaz de determinar las pérdidas de energía de una red eléctrica debidas al fraude, ya sea por parte de los propios consumidores como consecuencia de la manipulación de sus contadores, como por parte de terceros que se conectan ilegalmente a la red. Este procedimiento está basado en la realización de un balance energético de la energía suministrada a través del transformador de cabecera de la red, la energía consumida por los diferentes clientes conectados a la red, y la energía perdida en las líneas de la red, donde se utiliza un novedoso método para estimar la energía
20 consumida actual en cada uno de los clientes no telegestionados. Este procedimiento permite no sólo detectar desfases entre las energías suministrada y consumida correspondientes a fraude, sino que también es capaz de localizar geográficamente la zona donde se está produciendo el fraude, e incluso determinar cuál es el cliente que comete el fraude en caso de que se trate de un cliente telegestionado.

30

Antes de comenzar la descripción del método de la invención propiamente dicho, se lleva a cabo una descripción detallada de la red en la que éste es aplicable.

Descripción de la red

35

La Fig. 1 muestra una red (1) eléctrica de baja tensión que recibe la energía eléctrica a

través de un centro de transformación (2) conectado a una red de media tensión que no se muestra en la figura. Del centro de transformación (2) parten unas líneas de distribución (3), concretamente tres, que lo conectan a las redes locales de consumo de cada uno de los consumidores (4, 5, 6). El centro de transformación (2) dispone de un contador trifásico que
 5 registra las medidas de la energía activa y reactiva que el transformador suministra a todos los consumidores (4, 5, 6) que se alimentan del mismo. Las líneas de distribución (3) están formadas por líneas trifásicas formadas por cuatro hilos que corresponden respectivamente a neutro y a las tres fases, mientras que las instalaciones de los consumidores (4, 5, 6) pueden ser monofásicas formadas por dos hilos o trifásicas.

10

Se observan tres tipos de consumidores: consumidores telegestionados (4), consumidores no telegestionados (5), y consumidores fraudulentos (6). Los consumidores telegestionados (4) son aquellos que disponen de contadores digitales telegestionados dotados de un medio de comunicación que les permite enviar información acerca de su consumo energético en
 15 tiempo real a un centro de control. Los consumidores no telegestionados (5) son aquellos que no disponen de contadores telegestionados, y por tanto la información acerca de su consumo energético sólo se obtiene en períodos mensuales o bimensuales. Además, se sabe que los consumidores telegestionados (4) presentan un consumo energético sensiblemente menor que los consumidores no telegestionados (5). Concretamente, en la
 20 actualidad los consumidores no telegestionados (5) son aquellos con una potencia contratada mayor de 15 kW. Por otra parte, los consumidores fraudulentos (6) son aquellos que no disponen de contador, por ejemplo debido a fallo del equipo, manipulación, fraude, etc, pero que aún así consumen energía de la red (1). También es posible que un consumidor telegestionado (4) o no telegestionado (5) consuma energía eléctrica
 25 fraudulentamente

25

Balance energético

Si se realiza un balance energético en esta red en un intervalo temporal determinado del
 30 mes actual, se obtiene que:

30

$$E_{CT} = E_{TG} + E_{NTG} + E_{PL} + E_F$$

donde:

35

E_{CT} es la energía suministrada a través del centro de transformación (2).

E_{TG} es la energía consumida por los consumidores telegestionados (4).

E_{NTG} es la energía consumida por los consumidores no telegestionados (5).

E_{PL} es la energía perdida en las líneas (3).

E_F es la energía consumida fraudulentamente por las segundas cargas (6).

- 5 La energía E_{CT} suministrada a través del centro de transformación (2) en cualquier intervalo temporal del mes en curso es conocida gracias al contador trifásico que registra las medidas de la energía activa y reactiva que el transformador suministra a todos los consumidores que se alimentan del mismo.
- 10 La energía E_{TG} consumida por los consumidores telegestionados (4) en cualquier intervalo temporal del mes en curso también es conocida, ya sea a través de los datos enviados periódicamente a través de los contadores telegestionados asociados a los mismos, o bien bajo demanda en caso de que sea necesario un dato no disponible inicialmente.
- 15 La energía E_{NTG} consumida por los consumidores no telegestionados (5) se conoce únicamente en estimaciones mensuales o bimensuales.

La E_{PL} perdida en las líneas (3) en un intervalo temporal del mes en curso es en principio desconocida, aunque puede calcularse de una manera generalmente conocida en la técnica utilizando el conocimiento de la topología de la red y de la energía consumida por cada consumidor.

20

La energía E_F consumida fraudulentamente en el intervalo temporal del mes en curso mencionado anteriormente es la incógnita que se tratará de calcular en el procedimiento descrito en esta invención.

25

Por lo tanto, el único dato que falta para poder obtener la energía E_F consumida fraudulentamente es la energía E_{NTG} consumida por los consumidores no telegestionados (5). Actualmente, los métodos para estimar las pérdidas de energía de una red eléctrica debidas a fraude bien no tienen en cuenta la presencia de este tipo de consumidores o bien requieren la instalación de dispositivos adicionales de medida.

30

La presente invención describe un nuevo método para estimar la energía (E_{NTG}) consumida por estos consumidores no telegestionados (5) en cualquier intervalo temporal, lo que permitirá cerrar el balance energético para obtener la energía E_F consumida fraudulentamente.

35

Definiciones

En este documento, se hace referencia a los diferentes tipos de consumidores (4, 5, 6) como “cargas”. Concretamente, los consumidores telegestionados son denominados como “*primeras cargas (4)*”, los consumidores no telegestionados son denominados como “*segundas cargas (5)*”, y los consumidores fraudulentos son denominados como “*terceras cargas (6)*”. En este contexto, nótese que cualquiera de las primeras cargas (4) y segundas cargas (5) puede ser simultáneamente una tercera carga (6). Este caso correspondería a un consumidor, por ejemplo telegestionado, que manipula su contador de manera que éste únicamente registra una parte de la energía que consume.

En este documento, se hace referencia al centro de transformación simplemente como “*transformador (2)*”.

En este documento, el término “*energía*” hace referencia a una magnitud numérica escalar medida normalmente en MWh que corresponde a la energía consumida o suministrada por un determinado elemento en un intervalo de tiempo determinado, por ejemplo una hora, un día, una semana o un mes.

En este documento, el término “*curva de consumo energético*” hace referencia a un gráfico de la cantidad de energía consumida o suministrada por un determinado elemento en cada franja temporal de un determinado intervalo de tiempo. Por ejemplo, una curva de consumo horario está formada por puntos representativos de la energía consumida por el elemento en cuestión cada hora de cada día de un determinado intervalo de tiempo, por ejemplo un mes.

Procedimiento de la invención

La presente invención está dirigida a un procedimiento para estimar las pérdidas de energía por fraude en una red eléctrica de baja tensión.

La red (1) eléctrica a la que es aplicable la invención comprende un transformador (2) trifásico que suministra energía a través de unas líneas de distribución (3) a unas cargas (4, 5, 6) conectadas a la línea de distribución (3) correspondiente. Las cargas (4, 5, 6) comprenden unas primeras cargas (4) dotadas de un contador de lectura automática de la energía consumida en cualquier intervalo temporal, unas segundas cargas (5) dotadas de un

5 contador de lectura manual mensual o bimensual, y unas terceras cargas (6) correspondientes a energía consumida fraudulentamente. Además, la potencia consumida por cada una de las primeras cargas (4) es menor que la potencia consumida por cada una de las segundas cargas (5). En la práctica, esto significa que los consumidores de la red (1) que tienen una potencia contratada menor de un valor determinado disponen de un contador digital telegestionado, mientras que los consumidores de la red (1) que tienen una potencia contratada mayor de dicho valor determinado disponen únicamente de un contador analógico no telegestionado.

10 El procedimiento de la invención comprende fundamentalmente los pasos que se describen a continuación. Nótese que no es imprescindible realizar todos y cada uno de los pasos del procedimiento en el orden que se describe aquí. Se puede modificar el orden de los pasos con el único requisito de que los datos necesarios para llevarlos a cabo estén disponibles.

15 a) Obtener la energía suministrada a través del transformador

Este paso comprende obtener la energía (E_{CT}) suministrada a través del transformador (2) en un intervalo temporal determinado del mes actual.

20 El intervalo temporal determinado puede ser en principio cualquiera que se determine en función de las necesidades de cada caso. Puede ser un intervalo horario particular (por ejemplo, entre 21:00 y 22:00 de la noche de un día específico), un día particular completo (por ejemplo, el día 15 del mes actual), o cualquier otro. En general, un intervalo en el que se sospecha que se está produciendo un consumo fraudulento de energía eléctrica en la red (1).

25 El transformador (2) dispone habitualmente de un contador trifásico que registra las medidas de energía activa y reactiva que el correspondiente transformador suministra a todos los consumidores de la red (1). Este contador trifásico permite obtener la energía suministrada con cualquier frecuencia de resolución necesaria, por ejemplo horaria o diaria, así como la curva de consumo energético o la potencia instantánea en un momento determinado. Por tanto, la energía suministrada a través del transformador (2) en el intervalo temporal determinado está disponible.

30

35

b) Obtener la energía consumida por las primeras cargas

En este paso se obtiene la energía (E_{TG}) consumida por las primeras cargas (4) en el intervalo temporal determinado.

5

Como se ha descrito anteriormente, las primeras cargas (4) corresponden a aquellos consumidores cuya potencia contratada está por debajo de un valor predeterminado, y disponen de un contador telegestionado. Los contadores telegestionados permiten obtener la energía consumida por estos consumidores con cualquier frecuencia de resolución necesaria, así la curva de consumo energético o la potencia instantánea en un momento determinado. Por tanto, la energía consumida por las primeras cargas en el intervalo temporal determinado está disponible.

10

15

c) Estimar la energía consumida por las segundas cargas

Este paso comprende estimar la energía (E_{NTG}) consumida por cada segunda carga (5) en el intervalo temporal determinado.

20

En efecto, como se ha mencionado con anterioridad, las segundas cargas (5) corresponden a aquellos consumidores cuya potencia contratada es superior al valor predeterminado, y disponen de un contador analógico de lectura manual no telegestionado. Los contadores analógicos habitualmente se leen periódicamente cada mes o cada dos meses. Esto significa que para estas cargas (5) únicamente se conoce la energía total consumida en los meses anteriores al mes actual, o en meses alternos anteriores al mes actual. Por tanto, la energía consumida por las segundas cargas (5) en el intervalo temporal determinado no está disponible, y es necesario estimarla.

25

30

La presente invención describe más adelante un procedimiento para estimar de una manera suficientemente precisa la energía consumida por las segundas cargas (5) en el intervalo temporal determinado.

35

d) Calcular la energía disipada en las líneas

Este paso comprende calcular la energía (E_{PL}) disipada en las líneas de distribución (3) en el intervalo temporal determinado teniendo en cuenta la topología de la red (1) y la energía transmitida a través de las líneas (3).

5

Se trata de la energía disipada en calor en las líneas de distribución cuando circula por éstas la corriente demandada por las cargas (4 y 5) conectadas a las mismas. Estas pérdidas dependen de la corriente que circula por cada tramo de las líneas (3), las características eléctricas del cable, y la topología de la red (1).

10

e) Determinar la energía consumida por las terceras cargas

Este paso comprende determinar finalmente la energía (E_F) consumida fraudulentamente por las terceras cargas (6) en dicho intervalo temporal restando la energía (E_{TG}) consumida por las primeras cargas (4) en el intervalo temporal determinado, la energía (E_{PL}) perdida en las líneas de distribución (3) en el intervalo temporal determinado, y la energía (E_{NTG}) consumida por las segundas cargas (5) en el intervalo temporal determinado, de la energía (E_{CT}) suministrada a través del transformador (2) en el intervalo temporal determinado.

15

20

Es decir, este último paso implica el cierre del balance de energía. Si el transformador (2) está proporcionando más energía que la consumida por las primeras y segundas cargas (4, 5) y la disipada en las líneas (3), ello significa necesariamente que esa energía adicional es la consumida por consumidores fraudulentos o terceras cargas (6).

25

En definitiva, el procedimiento descrito ha permitido detectar la existencia de consumidores fraudulentos (6) y una estimación de la energía (E_F) que están consumiendo.

30

Estimación de la energía consumida por los consumidores no telegestionados

Como se ha descrito anteriormente, son conocidos todos los términos de la ecuación de balance energético de la red (1) en un intervalo temporal determinado excepto la energía (E_{NTG}) consumida por los consumidores no telegestionados o segundas cargas (5). Se

35

describe a continuación un método que permite estimar esta energía de una manera precisa a partir de datos conocidos o que se pueden obtener.

El método para estimar la energía (E_{NTG}) consumida por cada segunda carga (5) en el intervalo temporal determinado comprende los siguientes pasos:

d1) Estimar la energía total consumida por las segundas cargas en el mes actual

Esta información puede no estar disponible en caso de que aún no se haya tomado manualmente la lectura correspondiente. En ese caso, el paso de estimar la energía total consumida por las segundas cargas (5) en el mes actual se realiza mediante una extrapolación a partir de la energía total consumida por dichas segundas cargas (5) en meses anteriores.

Esto se puede hacer de diversos modos normalmente conocidos en la técnica, como por ejemplo suponiendo que el consumo de las segundas cargas (5) en el mes actual será similar a su consumo medio en el mismo mes de años anteriores. También es posible tener en cuenta las tendencias de crecimiento o decrecimiento de la energía consumida en meses o años anteriores para mejorar la precisión de la predicción.

En cualquier caso, como se ha mencionado, se trata de técnicas conocidas cuyo resultado final es la obtención de una determinada magnitud de la energía total consumida en el mes actual por las segundas cargas (5).

A continuación, será necesario estimar cómo se reparte esa energía total consumida a lo largo del mes, por ejemplo cuál es el consumo cada día de ese mes o cada hora de ese mes, de modo que se pueda saber cuánta energía se consumió específicamente en el intervalo temporal determinado.

d2) Calcular una distribución aproximada de la curva de consumo energético de las segundas cargas a lo largo del mes actual

El paso de calcular una distribución aproximada de la curva de consumo energético de las segundas cargas (5) a lo largo del mes actual se realiza restando la curva de consumo de las primeras cargas (4) a lo largo del mes actual de la curva de energía suministrada a través del transformador (2) a lo largo del mes actual. Es decir, en este paso se desprecian las pérdidas en las líneas y el consumo fraudulento frente al resto de consumos de la red.

En efecto, teniendo en cuenta los términos del balance energético, cuando a la energía (E_{CT}) proporcionada por el transformador (2) se le resta la energía (E_{TG}) consumida por las primeras cargas (4), la curva resultante únicamente incluye la energía (E_{NTG}) consumida por las segundas cargas (5), la energía (E_{PL}) disipada por las líneas (3), y la energía (E_F) consumida fraudulentamente por las terceras cargas (6). Ahora bien, puesto que los consumidores no telegestionados (5) son los que tienen una mayor potencia contratada, y por tanto los que consumen una mayor cantidad de energía, y puesto que las pérdidas por las líneas y el fraude no suponen una proporción muy elevada de la energía suministrada por el transformador (2), es bastante preciso suponer que dicha curva resultante se aproxima bastante a la curva de consumo agregada de todas las segundas cargas (5).

d3) Estimar una curva de consumo de la energía consumida por cada segunda carga a lo largo del mes actual

El paso de estimar una curva de consumo de la energía consumida por las segundas cargas a lo largo del mes actual se realiza repartiendo la energía total consumida por cada segunda carga (5) en el mes actual de acuerdo con la distribución aproximada calculada en el paso anterior.

Es decir, la energía total consumida por cada segunda carga (5) en el mes actual, que se estimó en el paso d1), se reparte a lo largo del mes actual siguiendo la distribución de la curva de consumo resultante calculada en el paso d2). El resultado obtenido en este paso es una curva de consumo energético de cada segunda carga a lo largo del mes actual. Esta curva de consumo tendrá normalmente precisión horaria, aunque en

principio se podría hacer con cualquier otra precisión que permitan los contadores telegestionados y el contador trifásico a partir de los datos que permiten su obtención.

- 5 d4) Determinar la energía consumida por las segundas cargas (5) en el intervalo temporal determinado.

Este paso no entraña ya ninguna dificultad. Se utiliza la curva de consumo de las segundas cargas estimada en el paso anterior para
10 determinar la energía consumida por cada una de ellas en el intervalo temporal determinado en cuestión.

Procedimiento para localizar geográficamente el consumo fraudulento

- 15 Hemos visto hasta ahora cómo calcular si existen en una red eléctrica de baja tensión unas terceras cargas (6) realizando consumo fraudulento de energía, así como la energía que se está consumiendo fraudulentamente.

El procedimiento de la invención permite además determinar la línea (3) del transformador
20 (2) a la que están conectadas las terceras cargas (6) que consumen energía (E_F) fraudulentamente, y por tanto también la zona geográfica en la que se localiza dicho consumo fraudulento.

En efecto, al determinarse la línea (3) del transformador (2) normalmente se delimita la zona
25 geográfica en la que se está produciendo el consumo fraudulento, ya que cada línea (3) alimenta normalmente a una zona geográfica definida. En cualquier caso, en este contexto en general el término “zona geográfica” no se refiere necesariamente una zona geográfica propiamente dicha, sino que puede referirse simplemente a un listado de cargas o consumidores que están conectados a una línea (3) particular de la red (1) y que no tienen
30 necesariamente que estar geográficamente cercanos entre sí.

Este procedimiento comprende fundamentalmente los siguientes pasos:

- 35 f) Para cada línea (3) del transformador (2) de la red (1), determinar la energía (E_F) consumida fraudulentamente por las terceras cargas (6) conectadas a dicha línea (3) en el intervalo temporal determinado del mes actual.

5 Para llevar a cabo este paso, se resta la energía (E_{TG}) consumida por las primeras cargas (4) conectadas a dicha línea (3) en el intervalo temporal determinado, la energía (E_{PL}) perdida en dicha línea (3) en el intervalo temporal determinado, y la energía (E_{NTG}) consumida por las segundas cargas (5) conectadas a dicha línea (3) en el intervalo temporal determinado en dicha, de la energía (E_{CT}) suministrada a dicha línea (3) través del transformador (2) en el intervalo temporal determinado.

10 Nótese que ya se determinó anteriormente el consumo energético de cada una de las cargas (4, 5) en el intervalo temporal determinado, y que la energía aportada por el transformador (2) desglosada por líneas (3) de salida del transformador (2) también está disponible a través del citado contador trifásico. En cuanto a las pérdidas en las líneas (3), también se calcularon con anterioridad o, en todo caso, pueden determinarse ahora del mismo modo.

15 g) Determinar en qué línea (3) de salida del transformador (2) existe energía (E_F) consumida fraudulentamente por terceras cargas (6).

20 En este paso simplemente se comprueba en qué línea (3) de salida del transformador (2) se está consumiendo toda o la mayor parte de la energía (E_F) consumida fraudulentamente determinada en el paso e) descrito anteriormente.

Procedimiento para detectar al consumidor fraudulento

25 Hasta ahora, el procedimiento de la invención ha permitido no sólo determinar si existe fraude y estimar la energía fraudulenta (E_F) correspondiente a fraude, sino que también ha conseguido averiguar a qué línea (3) de salida del transformador (2) está conectado el o los consumidores fraudulentos.

30 El procedimiento de la invención permite además detectar el consumidor fraudulento en caso de que éste sea alguno de los consumidores telegestionados o primeras cargas (4). Nótese que, como se mencionó anteriormente, el fraude puede estar localizado en alguno de los consumidores telegestionados en caso de que manipulen el contador para que la medida proporcionada sea menor que el consumo real. En ese caso, la primera carga (4) en
 35 cuestión sería simultáneamente una tercera carga (6), ya que consumiría una parte de energía de manera legal y transparente para el sistema y una parte adicional de energía de

manera fraudulenta.

El procedimiento para determinar si alguna segunda carga (4) consume energía (E_F) de manera fraudulenta comprende fundamentalmente los siguientes pasos:

5

h) Crear un patrón de consumo

10 Este paso comprende crear un patrón de consumo en el intervalo temporal determinado a partir de datos de consumo en un período de referencia para cada segunda carga (4) conectada a línea (3) de salida del transformador (2) en la que existe energía (E_F) consumida fraudulentamente. Es decir, se utilizan datos de consumo de los últimos meses o años para predecir el patrón de consumo de cada segunda carga (4) en el intervalo temporal determinado, por ejemplo el día actual.

15

i) Corregir el patrón de consumo

20 Este paso comprende corregir el patrón de consumo creado para cada segunda carga en función de datos meteorológicos en el intervalo temporal determinado. Se trata de un procedimiento habitual en este campo, ya que es bien conocido que el consumo energético de una vivienda es muy dependiente del tiempo meteorológico en cada momento.

j) Comparar el patrón de consumo creado con la curva de consumo real

25

En este paso se compara la curva de consumo energético real de cada segunda carga (4) en el intervalo determinado con el patrón de consumo creado.

k) Determinar si hay consumo fraudulento según el resultado de la comparación

30

En caso de que la comparación no concuerde para alguna segunda carga (4) particular, se determina que dicha segunda carga (4) particular podría estar consumiendo energía de manera fraudulenta.

35

En efecto, en condiciones normales, el consumo real del consumidor telegestionado en cuestión representado en la curva de consumo de ese intervalo temporal, por ejemplo de un día particular, será muy similar al patrón de consumo creado teniendo

5 en cuenta las costumbres de ese consumidor en cuestión. Por lo tanto, en caso de que ambos no concuerden se puede determinar de manera preliminar que ese consumidor telegestionado es candidato a estar cometiendo fraude. Puede entonces enviarse una persona para revisar su contador in situ y de ese modo comprobar si está manipulado.

10 Este procedimiento es muy útil debido a que permite focalizar el trabajo del personal necesario para la revisión de las líneas y los contadores de los diferentes consumidores de una red eléctrica en áreas y consumidores donde se sospecha la existencia de fraude. Ello implica un importante ahorro de recursos, personal y tiempo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

15 La Fig. 1 muestra un esquema de una red a la que es aplicable el procedimiento de la presente invención.

La Fig. 2 muestra un ejemplo de sistema eléctrico al que se aplica el procedimiento de la presente invención.

20 La Fig. 3 muestra el perfil mensual de energía suministrada por el transformador en un mes de referencia.

La Fig. 4 muestra el perfil mensual de energía consumida por las cargas telegestionadas en el mes de referencia.

25 La Fig. 5 muestra el perfil mensual aproximado de energía consumida por la carga no telegestionada en el mes de referencia.

30 La Fig. 6 muestra el patrón horario de consumo de un cliente no telegestionado en un mes de referencia.

La Fig. 7 muestra el patrón horario de consumo de un cliente no telegestionado en una semana particular del mes de referencia.

35 La Fig. 8 muestra el perfil de consumo de dos clientes para cada hora del mes de referencia.

La Fig. 9 muestra el perfil de consumo de los dos clientes de la Fig. 8 para cada hora de una semana determinada del mes de referencia (m) una vez corregido según las condiciones climatológicas.

- 5 La Fig. 10 muestra una gráfica comparativa de los consumos horarios reales de las cargas de la línea 2 obtenidos gracias a los contadores instalados en dichas cargas telegestionadas con los perfiles de consumo estimados obtenidos en el apartado anterior.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

10

Se describe a continuación un ejemplo de realización del procedimiento la presente invención donde se describen con mayor detalle cada uno de los pasos de la misma. El ejemplo de procedimiento se lleva a cabo en un sistema como el representado en la Fig. 2, que está formado por 10 nudos, con 2 líneas de salida del transformador y 5 clientes o

15 cargas. Las cargas están localizadas en los nudos 4-6, 13 y 16. Más concretamente, las cargas localizadas en los nudos 4, 6, 13 y 16 corresponden a clientes telegestionados, y la carga del nudo 5 es un cliente no telegestionado.

15

Se considera una hora (h) de un mes de referencia (m) en la cual se activa el detector de

20 fraude eléctrico. Comienza entonces el proceso de la invención:

20

- a) El primer paso en la detección de fraude eléctrico es obtener la energía suministrada por el transformador en cada hora del mes de referencia. Esta información se obtiene de los registros de un supervisor alojado en el transformador. El resultado es el perfil de demanda horaria en el mes de referencia se muestra en la Fig. 3. Para la hora de estudio (h), la energía registrada por el supervisor son 1,23 MWh y 0,51 kvar.

25

- b) A continuación, se obtiene el patrón de consumo horario de las cargas telegestionadas para el mes de referencia (m) a partir de las medidas suministradas por los contadores automáticos instalados en dichas cargas. El resultado se muestra en la Fig. 4, donde se superponen las gráficas de consumo horario de cada una de las cuatro cargas telegestionadas durante el mes de referencia (m). Como se puede apreciar, estas gráficas de consumo ofrecen la energía suministrada en cada hora (h) del mes de referencia (m). La energía consumida por cada una de dichas cargas telegestionadas en la hora (h) de estudio resulta ser: 0,072 MWh (nudo 4), 0,01 MWh (nudo 6), 0,3 MWh (nudo 13), y 0,283 MWh (nudo 16).

30

35

c) El cálculo de la energía horaria demandada por los clientes no telegestionados se realiza en varios pasos.

5 i. La energía mensual total demandada por el cliente no telegestionado en el mes de referencia (m) se obtiene extrapolando la energía mensual total demandada en los meses anteriores (por ejemplo, desde m-1 hasta m-11),
 10 teniendo en cuenta también la energía mensual total demandada en el mismo mes del año anterior, y aplicándose una corrección en función de las condiciones climatológicas del mes de referencia. La Fig. 5 muestra los registros de energía mensual total demandada por el cliente no telegestionado en los 11 meses anteriores al mes de referencia (m). De acuerdo con el criterio descrito, la estimación de energía mensual total demandada por el cliente no telegestionado en el mes de referencia (m)
 15 resulta ser de 175 kWh.

 ii. Una vez disponible la energía mensual total demandada por el cliente no telegestionado en el mes de referencia (m), es necesario estimar cómo se distribuye el consumo de esa energía a lo largo del mes, es decir, es necesario determinar un patrón de consumo horario aproximado que proporcione la energía consumida cada hora (h) del mes de referencia (m). El cálculo del patrón horario de consumo no telegestionado para el mes de referencia (m) se realiza restando la energía horaria demandada por los clientes telegestionados de la energía horaria del transformador en el mes de referencia. Ambos datos se obtuvieron con anterioridad.
 20
 25

 La Fig. 6 muestra el patrón horario de consumo del cliente no telegestionado (en p.u.) para el mes de referencia (m), mientras que la Fig. 7 muestra el patrón horario de consumo del cliente no telegestionado en una semana particular del mes de referencia (m).
 30

 iii. Utilizando la información calculada, se puede estimar que la energía demandada por el cliente no telegestionado (nudo 5) en la hora (h) de estudio son 0,362 MWh.
 35

d) Una vez se ha determinado la energía horaria consumida por las cargas

telegestionadas y las cargas no telegestionadas en la hora (h) de estudio, es posible calcular las pérdidas a través de las líneas en la hora (h) de estudio, que en este ejemplo resultan ser 0,0033 MWh.

- 5 e) En este momento el procedimiento se conocen todos los términos de la ecuación del balance energético del sistema. La ecuación queda:

$$E_{CT} = E_{TG} + E_{NTG} + E_{PL}$$

donde:

- 10 E_{CT} es la energía suministrada a través del centro de transformación.
 E_{TG} es la energía consumida por los consumidores telegestionados.
 E_{NTG} es la energía consumida por los consumidores no telegestionados.
 E_{PL} es la energía perdida en las líneas.

- 15 Concretamente, la energía horaria consumida/suministrada/perdida calculada en los pasos anteriores para cada uno de los elementos que conforman la red en la hora (h) de referencia es:

Clientes telegestionados	MWh	Clientes no telegestionados	MWh
Nudo 4	0,072	Nudo 5	0,362
Nudo 6	0,01		
Nudo 13	0,3	Supervisor	1,230
Nudo 16	0,283	Pérdidas en líneas	0,0033

- 20 Introduciendo estos datos en la ecuación anterior se observa que no se cumple el balance energético en el sistema. Por tanto, se determina que en la hora de referencia existen pérdidas debido a un consumo fraudulento en algún punto del sistema.

- 25 f) A continuación, se procede a detectar el cliente que está cometiendo fraude eléctrico. Para ello, se tendrán en cuenta las energías mostradas en la tabla anterior, las energías suministradas por el centro de transformación en cada línea de salida del transformador (conocidas a través del supervisor), y las pérdidas técnicas por cada línea de salida del transformador (que pueden ser obtenidas mediante el mismo proceso empleado en el paso c).

30

Análisis de la línea de salida 1 del transformador (nudos 4-6)

5 En la siguiente tabla se muestran la energía demandada registrada por el supervisor en la línea 1, las pérdidas técnicas de la línea 1, las lecturas de los contadores de los clientes telegestionados y la estimación de los clientes no telegestionados conectados a la línea 1 obtenidas en los apartados anteriores para la hora (h) de referencia.

	MWh
Nudo 4 (telegestionado)	0,072
Nudo 5 (no telegestionado)	0,362
Nudo 6 (telegestionado)	0,01
Supervisor línea 1	0,446
Pérdidas línea 1	0,0021

10 Si se aplica la ecuación del balance energético, se confirma que la energía consumida por las cargas (nudos 4, 5 y 6) más la energía perdida en las líneas es igual a la energía suministrada a la línea1. Por tanto, se determina que no existe consumo fraudulento en la línea 1 en la hora (h) de referencia.

Análisis de la línea de salida 2 del transformador (nudos 13-16)

15 En la siguiente tabla se muestran la energía demandada registrada por el supervisor en la línea 2, las pérdidas técnicas de la línea 2, y las lecturas de los contadores de los clientes telegestionados conectados a la línea 2 obtenidas en los apartados anteriores para la hora (h) de referencia.

20

	MWh
Nudo 13 (telegestionado)	0,3
Nudo 16 (telegestionado)	0,383
Supervisor línea 2	0,784
Pérdidas línea 2	0,0012

25 Si se aplica la ecuación del balance energético, se comprueba que la energía consumida por las cargas (nudos 13 y 16) más la energía perdida en las líneas no es igual a la energía suministrada por el transformador en la línea de salida 2. Por tanto, se determina que se está produciendo fraude eléctrico en la salida 2 en la hora de

referencia.

- 5 g) Se procede ahora a detectar el cliente que está cometiendo fraude eléctrico. Para ello, se crean perfiles de consumo para los clientes telegestionados conectados a la línea 2 basándose en las medidas registradas en los meses anteriores. La Fig. 8 muestra el perfil de consumo de ambos clientes para cada hora del mes de referencia (m). La Fig. 9 muestra el perfil de consumo de ambos clientes para cada hora de una semana determinada del mes de referencia (m) una vez corregido según las condiciones climatológicas.
- 10 h) A continuación, se compara en dicha semana determinada los consumos horarios reales de las cargas de la salida 2 obtenidos gracias a los contadores instalados en dichas cargas telegestionadas con los perfiles de consumo estimados obtenidos en el apartado anterior. La Fig. 10 muestra dicha comparativa. En ella, puede apreciarse
- 15 cómo en 3 ocasiones a lo largo de la semana de referencia el perfil de consumo estimado del cliente del nudo 13 no se corresponde con el consumo horario real. Sin embargo, no se aprecian diferencias entre el perfil de consumo estimado del cliente del nudo 16 y su consumo horario real.
- 20 Por tanto, se determina que el cliente del nudo 13 está cometiendo fraude eléctrico, ya que está consumiendo 0,3 MWh en una hora determinada de la semana de referencia, mientras que la estimación realizada para dicha hora es de 0,4 MWh.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para estimar las pérdidas de energía por fraude en una red eléctrica de baja tensión, donde la red (1) eléctrica comprende un transformador (2) trifásico que
 5 suministra energía a través de unas líneas de distribución (3) a unas cargas (4, 5, 6), donde las cargas (4, 5, 6) comprenden unas primeras cargas (4) dotadas de un contador automático de la energía consumida en cualquier intervalo temporal, unas segundas cargas (5) dotadas de un contador de lectura manual mensual o bimensual, y unas terceras cargas (6) correspondientes a energía consumida fraudulentamente, donde la potencia consumida
 10 por cada una de las primeras cargas (4) es menor que la potencia consumida por cada una de las segundas cargas (5), donde el procedimiento comprende los siguientes pasos:

- obtener la energía (E_2) suministrada a través del transformador (2) en un intervalo temporal determinado del mes actual;
- obtener la energía (E_4) consumida por las primeras cargas (4) en el intervalo
 15 temporal determinado;
- estimar la energía (E_5) consumida por las segundas cargas (5) en el intervalo temporal determinado;
- calcular la energía (E_3) disipada en las líneas (3) en el intervalo temporal determinado teniendo en cuenta la topología de la red (1) y la energía transmitida a
 20 través de las líneas (3); y
- determinar la energía (E_6) consumida fraudulentamente en dicho intervalo temporal restando la energía (E_4) consumida por las primeras cargas (4) en el intervalo temporal determinado, la energía (E_3) perdida en las líneas de distribución (3) en el intervalo temporal determinado, y la energía (E_5) consumida por las segundas cargas
 25 (5) en el intervalo temporal determinado, de la energía (E_2) suministrada a través del transformador (2) en el intervalo temporal determinado;

donde el paso de estimar la energía (E_5) consumida por las segundas cargas (5) en el intervalo temporal determinado a su vez comprende:

- estimar la energía total consumida por las segundas cargas (5) en el mes actual
 30 mediante una extrapolación a partir de la energía total consumida por las segundas cargas (5) en meses anteriores;
- calcular una distribución aproximada de la curva de consumo de las segundas cargas (5) a lo largo del mes actual restando la curva de consumo de las primeras cargas (4) a lo largo del mes actual de la curva de energía suministrada a través del
 35 transformador (2) a lo largo del mes actual;
- estimar una curva de consumo de la energía consumida por cada segunda carga

(5) a lo largo del mes actual repartiendo la energía total consumida por cada segunda carga (5) en el mes actual de acuerdo con la distribución aproximada calculada en el paso anterior; y

- determinar la energía consumida (E_5) por las segundas cargas (5) en el intervalo temporal determinado.

5

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende determinar la línea (3) del transformador (2) a la que están conectadas las terceras cargas (6) que consumen energía (E_6) fraudulentamente llevando a cabo los siguientes pasos:

10 - para cada línea (3) de salida del transformador (2) de la red (1), determinar la energía (E_6) consumida fraudulentamente por las terceras cargas (6) conectadas a dicha línea (3) en el intervalo temporal determinado del mes actual restando la energía (E_4) consumida por las primeras cargas (4) conectadas a dicha línea (3) en el intervalo temporal determinado, la energía (E_3) perdida en dicha línea (3) en el

15

intervalo temporal determinado, y la energía (E_5) consumida por las segundas cargas (5) conectadas a dicha línea (3) en el intervalo temporal determinado, de la energía (E_2) suministrada a dicha línea (3) a través del transformador (2) en el intervalo temporal determinado; y

- determinar en qué línea (3) de salida del transformador (2) existe energía (E_6) consumida fraudulentamente.

20

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende determinar si alguna segunda carga (4) consume energía (E_6) de manera fraudulenta llevando a cabo los siguientes pasos:

25 - crear un patrón de consumo en el intervalo temporal determinado a partir de datos de consumo en un período de referencia para cada segunda carga (4) conectada a la línea (3) de salida del transformador (2) en la que existe energía (E_6) consumida fraudulentamente;

- corregir el patrón de consumo creado para cada segunda carga (4) en función de

30

datos meteorológicos en el intervalo temporal determinado;

- comparar la curva de consumo energético real de cada segunda carga (4) en el intervalo determinado con el patrón de consumo creado; y

- en caso de que la comparación no concuerde para alguna segunda carga (4) particular, determinar que dicha segunda carga (4) particular podría estar consumiendo energía de manera fraudulenta.

35

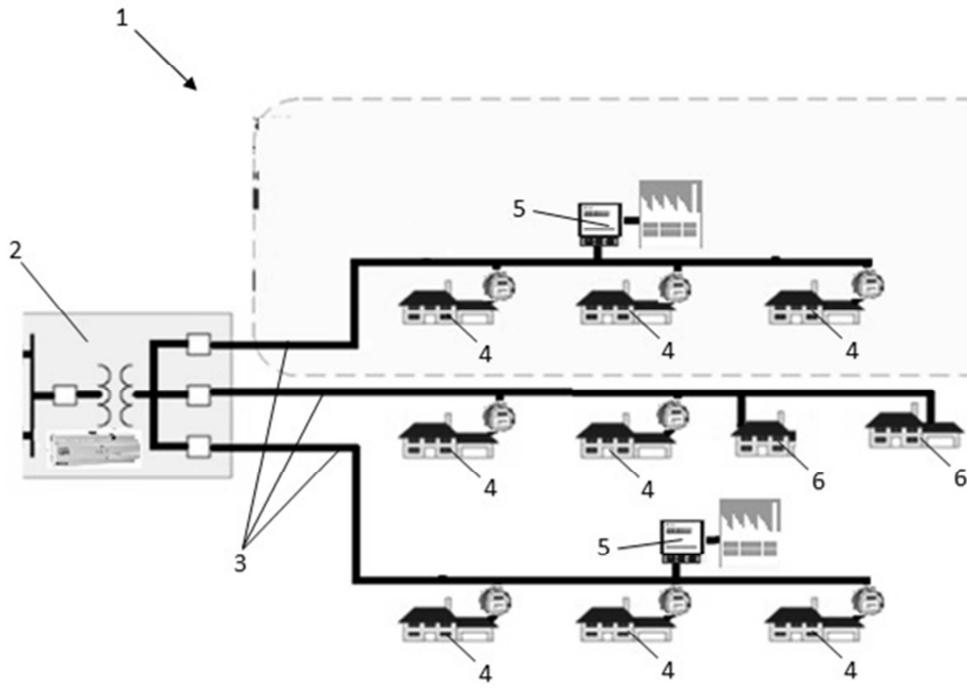


FIG. 1

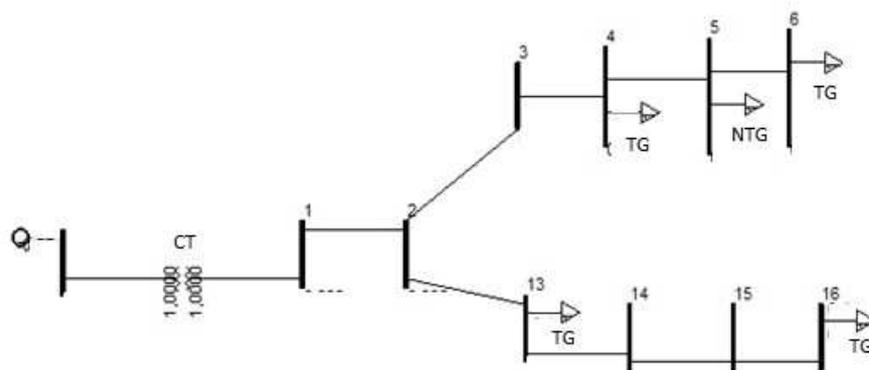


FIG. 2

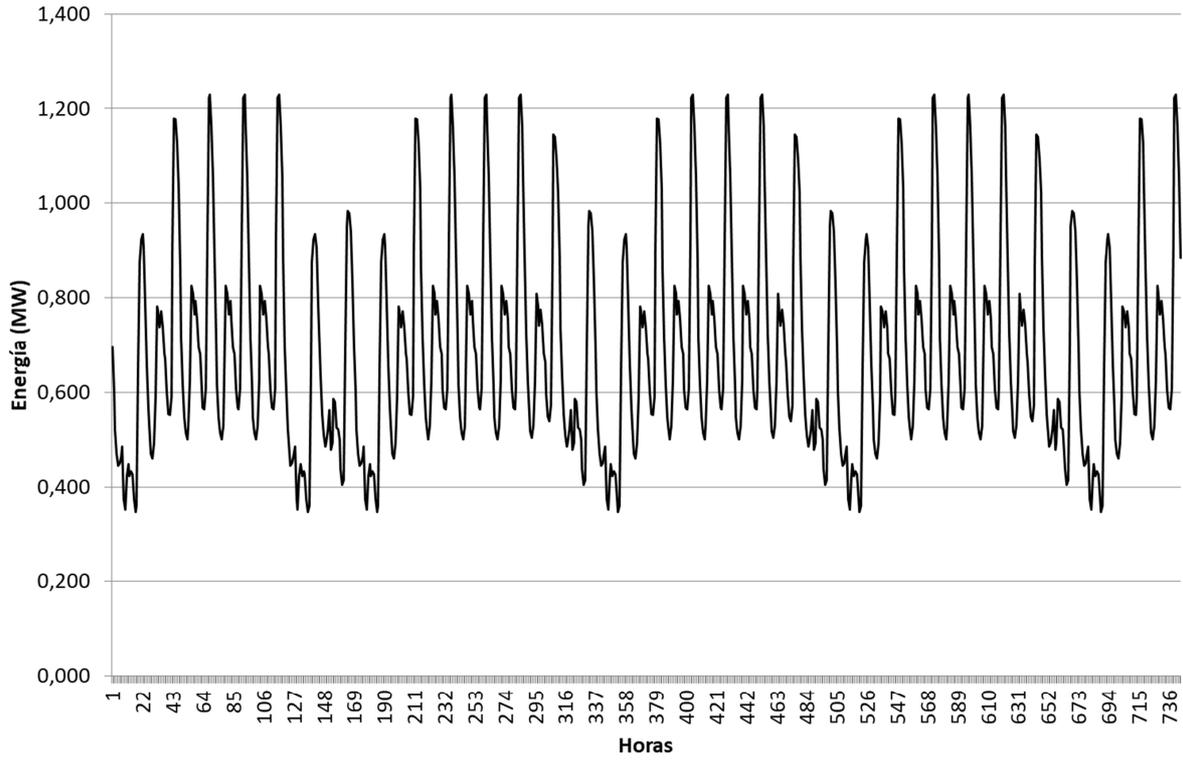


FIG. 3

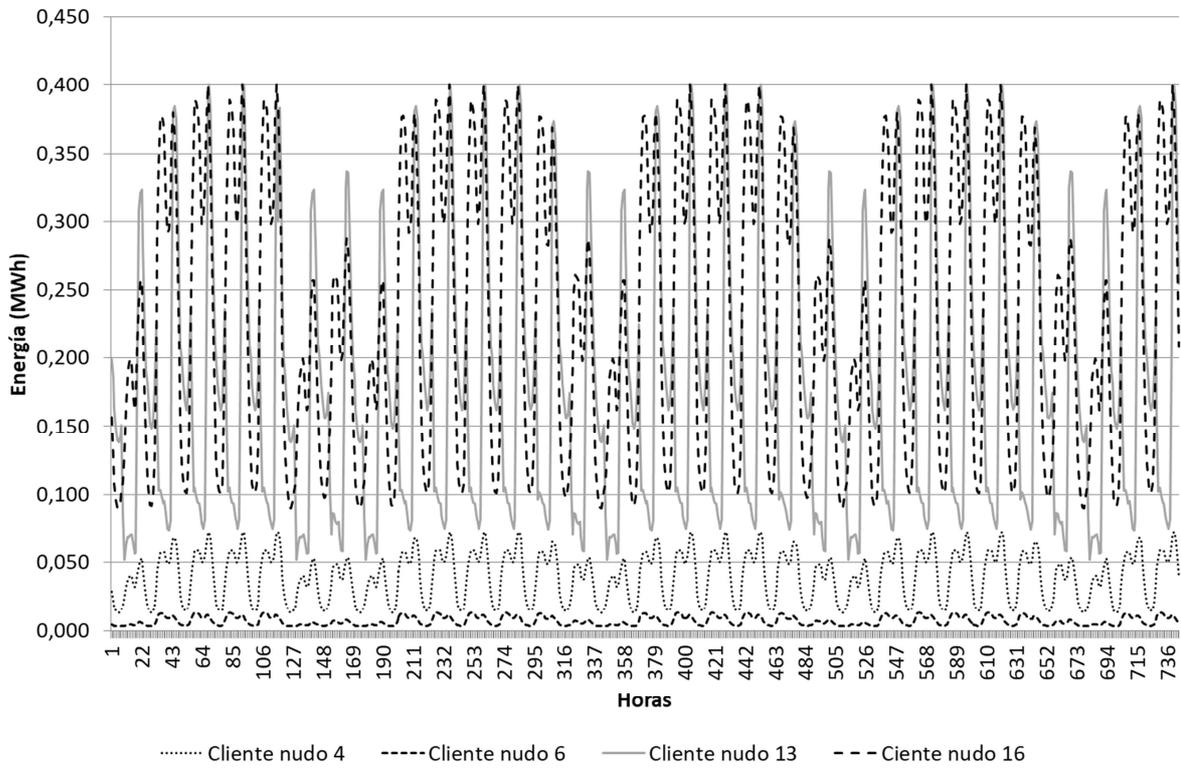


FIG. 4

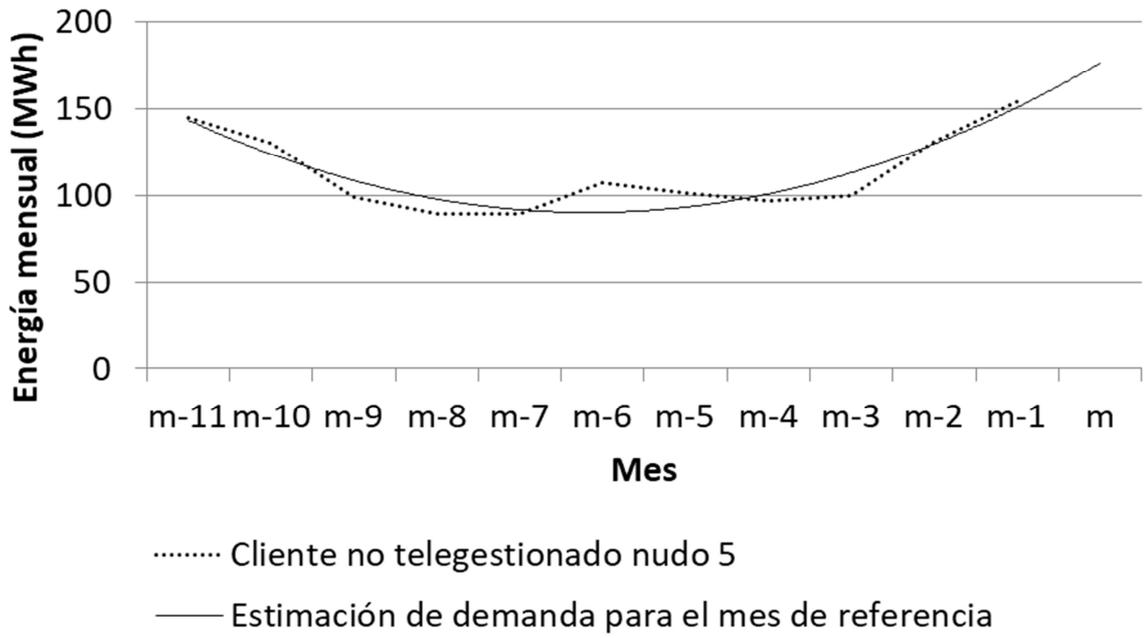


FIG. 5

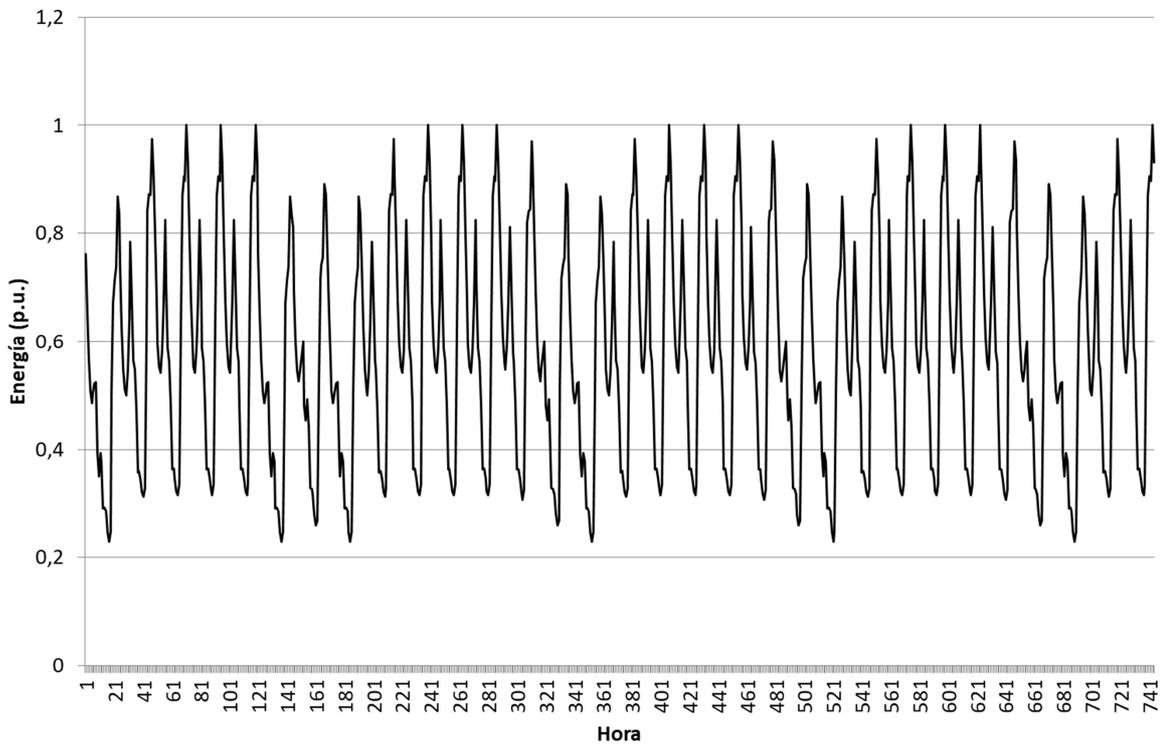


FIG. 6

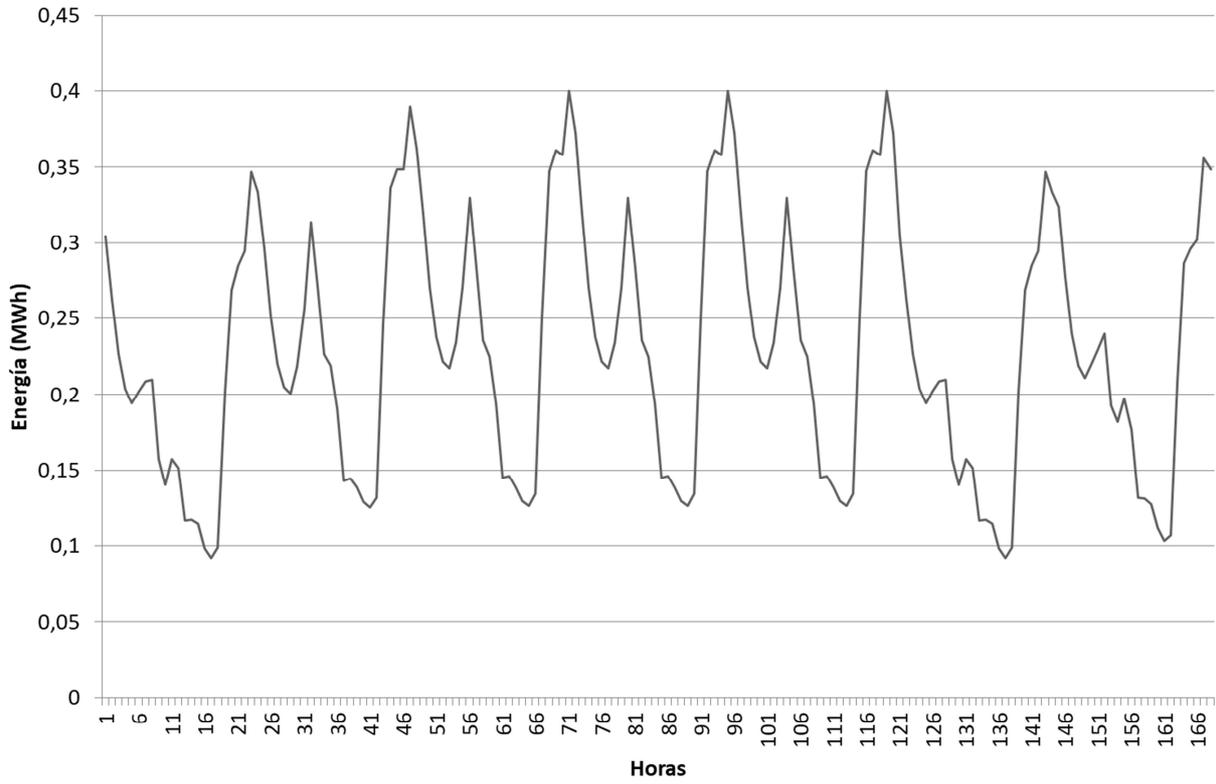


FIG. 7

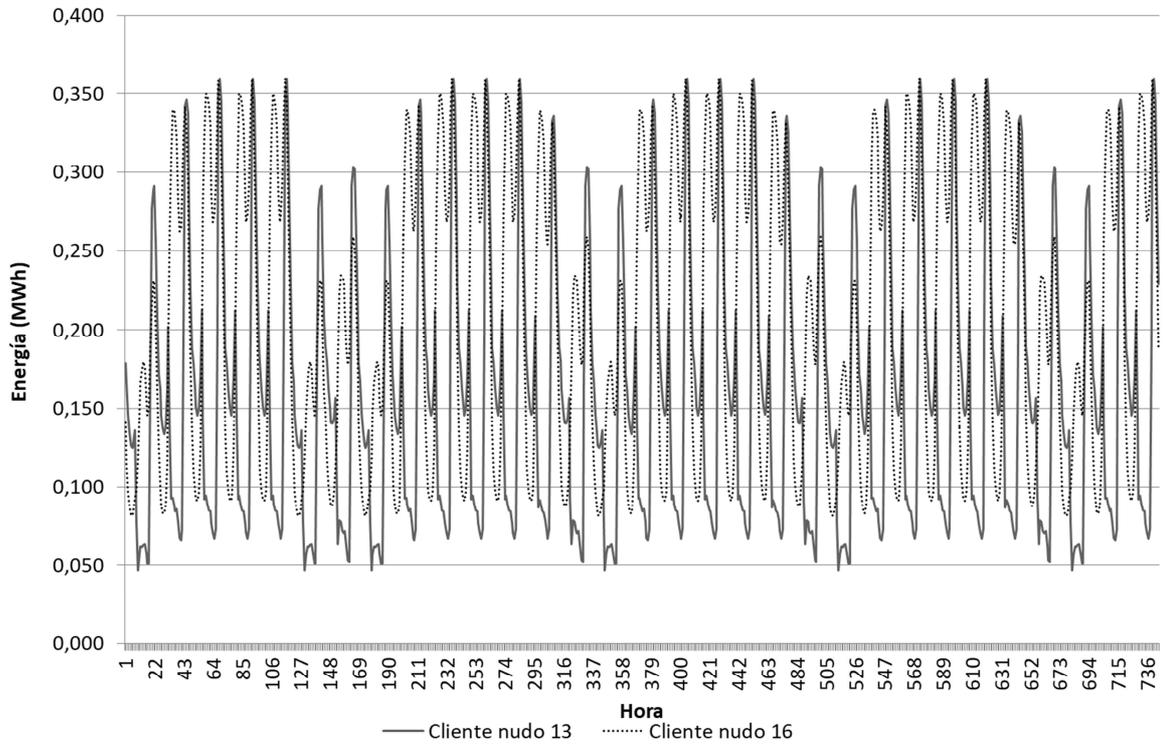


FIG. 8

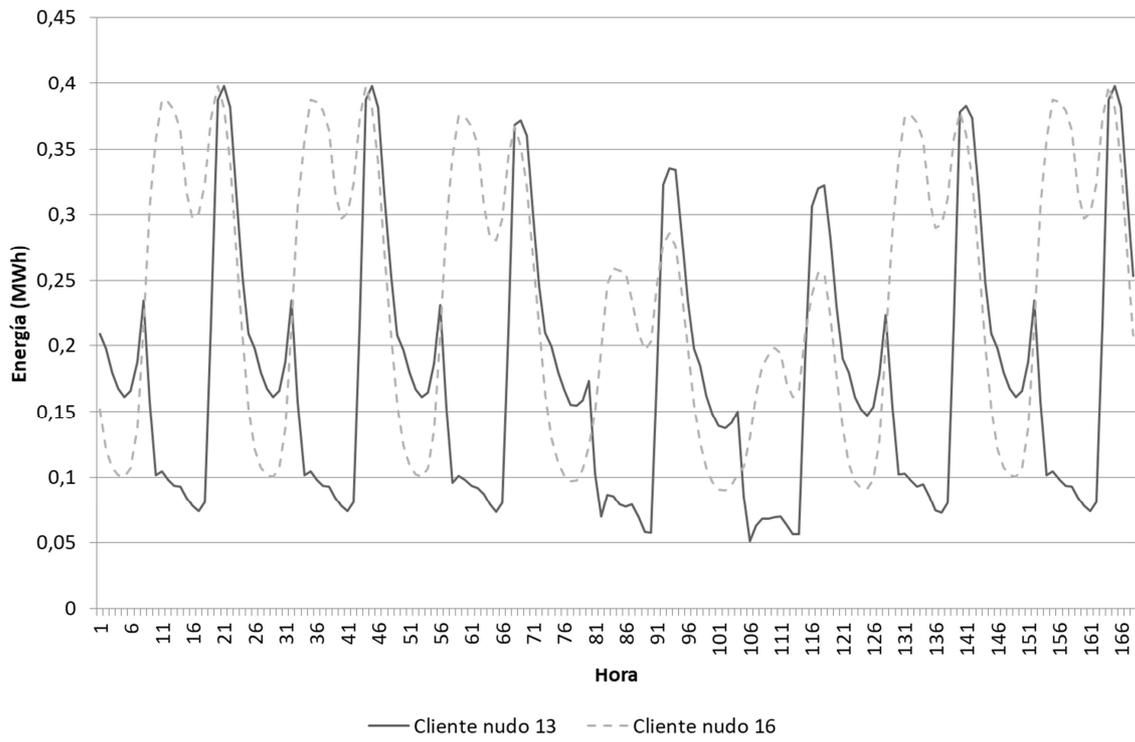


FIG. 9

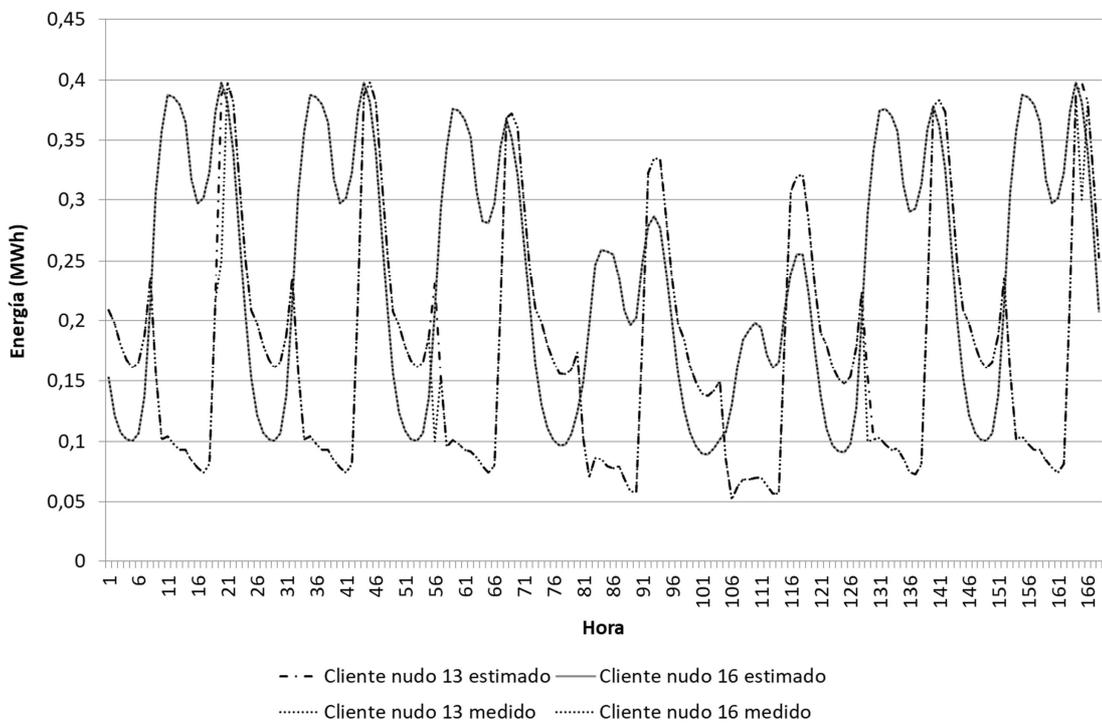


FIG. 10



- ②① N.º solicitud: 201731131
②② Fecha de presentación de la solicitud: 20.09.2017
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	CARLOS DE LUCAS SANZ. Diseño de una metodología de análisis de desbalances energéticos de baja tensión basada en correlación de información de telegestión, fecha publicación en (http://oa.upm.es/47402/). Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, 30/08/2017, Todo el documento, en especial resumen y páginas 1-5, 7, 14, 14, 26, 27, 44, 45 [en línea][recuperado el 25/04/2018]. Recuperado de Internet <URL: http://oa.upm.es/47402/1/PFC_CARLOS_DE_LUCAS_SANZ_2017.pdf >.	1, 3
Y		2
A	JOSÉ E. CABRAL, et.al. Fraud Detection in High Voltage Electricity Consumers Using Data Mining. IEEE Xplore, 01/11/2008 [en línea][recuperado el 25/04/2018]. Recuperado de Internet <URL: ftp://161.24.19.221/ele/jrsantos/Leitura/Fraude_Energia_Eletrica/Cabral_Pinto_Martins_Pinto_2008.pdf >. toda la página web.	1-3
Y	US 2017038415 A1 (DASGUPTA KALYAN KANTI et al.) 09/02/2017, resumen; figuras; párrafos 1-4, 16, 18-21 y 25-28, reivindicaciones 1-5.	2
A	US 2003158677 A1 (SWARZTRAUBER SAYRE A et al.) 21/08/2003, resumen; figuras; párrafos 7, 13, 15, 42, 49, 86-90, 227 y 291-303	1-3
A	US 4700188 A (JAMES WESLEY) 13/10/1987, resumen; figuras: columna1, líneas 8-13 y 54-60; columna 2, líneas 28-33; columna 3, líneas 10-13; columna 4, líneas 32-57; columna 5, líneas 5-11; columna 7, líneas 14-50 y columna 12, líneas 23-36.	1-3
A	US 2014368189 A1 (BERNHEIM HENRIK F et al.) 18/12/2014, resumen; figuras; párrafos 2, 5, 7, 8, 12, 15, 28, 34, 39, 40 y 45.	1-3
A	EP 2793036 A1 (VALAD O ABI-ACKEL MARCOS et al.) 22/10/2014, resumen; figuras; párrafos 1, 4, 7-914, 18, 26, 29, 3034, 49 y 82.	1-3
A	EP 2503343 A1 (GEN ELECTRIC) 26/09/2012, resumen; figuras; párrafos 2, 4, 5, 11, 12, 26, 27 y 29.	1-3

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
27/04/2018

Examinador
A. López Ramiro

Página
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

H04Q9/00 (2006.01)
G01R19/25 (2006.01)
H02J13/00 (2006.01)
H02J50/80 (2016.01)
G01R22/06 (2006.01)
H05B37/00 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04Q, G01R, H02J, H05B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC