

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 136**

51 Int. Cl.:

H01L 31/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2015** **E 15198227 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2017** **EP 3032590**

54 Título: **Procedimiento y aparato de detección de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad en una red de distribución eléctrica, y producto programa de ordenador asociado**

30 Prioridad:

08.12.2014 FR 1462074

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

15.11.2017

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS
(100.0%)
35 rue Joseph Monier
92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**BEDIOU, STÉPHANE;
CLOT, SYLVAIN;
CLEMENCE, MICHEL y
DESCHAMPS, PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 642 136 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato de detección de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad en una red de distribución eléctrica, y producto programa de ordenador asociado

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de detección de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad en una red de distribución eléctrica, a un producto programa de ordenador adecuado para implementar un procedimiento de este tipo, así como a un aparato asociado. El documento de los Estados Unidos US2012/143383A describe un sistema de detección para un dispositivo fotovoltaico. La invención se refiere al campo de las redes de transporte y de distribución de electricidad. Estas redes comprenden tradicionalmente un nudo central al que están unidas por unos conductores eléctricos un cierto número de instalaciones eléctricas.

10 El nudo central es, por ejemplo, un puesto de transformación de media tensión/baja tensión (denominado puesto MT/BT), situado en la interfaz entre una red de distribución de media tensión y la red de distribución de baja tensión a las que están conectadas las instalaciones eléctricas.

15 Las instalaciones eléctricas son, por ejemplo, unas instalaciones domésticas o industriales. Cada instalación incluye en general varios dispositivos eléctricos. Estos dispositivos eléctricos comprenden unos dispositivos consumidores de electricidad y/o unos dispositivos productores de electricidad.

20 Una red de transporte y de distribución de este tipo conoce naturalmente unas fluctuaciones importantes de su carga eléctrica, debido a la variación del consumo local, pero igualmente debido a la variación de la producción local de electricidad. Esto es todavía más significativo como continuación al desarrollo importante estos últimos años de los dispositivos de producción de electricidad a partir de energías renovables, y principalmente de la producción fotovoltaica de electricidad. En efecto, un gran número de dispositivos de producción de escasa potencia están instalados ahora en casa de los particulares o en las empresas.

25 La gestión de las cargas eléctricas de la red se hace, por ejemplo, por la utilización de cargas pilotables, tal como se describe esto en la solicitud de patente francesa FR 2 980 946 A1, o de equipos de almacenamiento. Por lo tanto, es necesario conocer bien la composición de la red eléctrica, con el fin de poder evaluar las variaciones esperadas de la carga de la red, y, por lo tanto, repartir y dimensionar de la mejor manera estos dispositivos de gestión. Esto es particularmente necesario para las instalaciones de producción fotovoltaica de electricidad, cuya producción varía mucho en función del entorno exterior.

30 No obstante, los dispositivos fotovoltaicos de escasa potencia están conectados en general directamente a la red de baja tensión (BT), y no están señalados necesariamente en el gestor de la red eléctrica. Además, incluso en el caso en que estuvieran señalados en el gestor, este no es necesariamente capaz de localizar fácilmente el punto de unión, a la red, de la instalación que incluye dicho dispositivo fotovoltaico. En efecto, las redes de BT son densas, frecuentemente soterradas, y a menudo están sometidas a unas modificaciones a veces mal repertoriadas.

35 Por lo tanto, la finalidad de la invención es proponer un procedimiento que permita detectar uno o varios dispositivos de producción fotovoltaica de electricidad de entre varios dispositivos eléctricos de una instalación conectada a una red de distribución eléctrica.

40 A estos efectos, la invención tiene como objeto un procedimiento de detección de al menos un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad en una red de distribución eléctrica que comprende al menos una instalación eléctrica y al menos un sensor de corriente, comprendiendo cada instalación al menos un dispositivo eléctrico y estando conectada a un nudo de distribución respectivo por al menos un conductor eléctrico respectivo, estando cada sensor asociado a un conductor eléctrico respectivo, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

- i/ adquisición, por parte de un sensor de corriente, de una pluralidad de perfiles de potencia activa de una instalación correspondiente, incluyendo cada perfil de potencia activa una pluralidad de mediciones de potencia activa asociadas cada una a un instante temporal respectivo de un intervalo temporal;
- 45 ii/ cálculo, para al menos un par de perfiles de potencia activa, de un perfil diferencial que incluye una pluralidad de valores, siendo cada valor del perfil diferencial igual a la diferencia entre dos mediciones respectivas de los perfiles de potencia activa de dicho par;
- iii/ cálculo de un coeficiente de correlación entre el o los perfiles diferenciales calculados y un perfil de referencia correspondiente a una producción fotovoltaica de electricidad;
- 50 iv/ detección de la presencia de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad de entre el o los dispositivos eléctricos de la instalación considerada cuando el coeficiente de correlación es superior a un valor predefinido.

Siguiendo otros aspectos ventajosos de la invención, el procedimiento de detección comprende una o varias de las siguientes características, tomadas aisladamente o según todas las combinaciones técnicamente posibles:

- 55 - los intervalos temporales respectivos de los perfiles de potencia activa de cada par tienen unas duraciones sustancialmente iguales:

- la etapa ii/ comprende la selección, de entre la pluralidad de perfiles adquiridos, de un par de perfiles para los que el consumo de energía eléctrica por la instalación considerada es sustancialmente igual, de un perfil del par al otro, durante el intervalo temporal de medición de cada uno de los dos perfiles de dicho par, y el cálculo del perfil diferencial se efectúa a partir del par seleccionado de perfiles;
- 5 - la etapa i/ comprende, además, la adquisición de una pluralidad de perfiles de potencia reactiva, incluyendo cada perfil de potencia reactiva una pluralidad de mediciones de potencia reactiva asociadas cada una a un instante temporal respectivo del intervalo temporal de un perfil de potencia activa correspondiente, y el cálculo a partir de cada perfil de potencia reactiva de la energía reactiva consumida durante el intervalo temporal correspondiente, y en el que la selección de al menos un par de perfiles efectuada durante la etapa ii/ comprende la selección de un
- 10 par de perfiles para los que el consumo total de energía reactiva que corresponde a uno de los perfiles del par es igual, con un 10 % de aproximación, al consumo total de energía reactiva que corresponde al otro perfil del par;
- el intervalo temporal que corresponde a cada perfil de potencia activa comprende un periodo diurno y un periodo nocturno, y la selección de al menos un par de perfiles efectuada durante la etapa ii/ comprende la selección de un par de perfiles para los que el consumo total de energía activa durante el periodo nocturno que corresponde a uno de los perfiles del par es igual, con un 10 % de aproximación, al consumo total de energía activa durante el
- 15 periodo nocturno que corresponde al otro de los perfiles del par;
- la etapa i/ comprende, además, la adquisición de un valor de exposición al sol durante la medición de cada perfil de potencia activa, y la etapa ii/ comprende la selección, de entre la pluralidad de perfiles adquiridos de potencia activa, de al menos un par de perfiles para los que el valor adquirido de exposición al sol difiere de un perfil al
- 20 otro, y el cálculo del perfil diferencial se efectúa a partir del par seleccionado de perfiles;
- la etapa ii/ comprende el cálculo de un perfil diferencial para cada par de perfiles de potencia activa, y la selección de al menos un perfil diferencial cuyo valor absoluto máximo es superior a la mitad del máximo del conjunto de los valores absolutos de los perfiles diferenciales calculados, y durante la etapa iii/, el cálculo del coeficiente de correlación se efectúa en función del o de los perfiles diferenciales seleccionados;
- 25 - la etapa ii/ comprende el cálculo de al menos un perfil diferencial para cada par de perfiles de potencia activa, y la selección de un perfil diferencial cuyo valor absoluto presenta un valor máximo para un instante temporal comprendido entre dos instantes temporales predefinidos, y durante la etapa iii/, el cálculo del coeficiente de correlación se efectúa en función del o de los perfiles diferenciales seleccionados;
- cuando se calculan varios perfiles diferenciales durante la etapa ii/, la etapa iii/ comprende, además, el cálculo de un perfil diferencial medio igual a una media de los perfiles diferenciales calculados, y el coeficiente de
- 30 correlación se calcula entre el perfil diferencial medio y el perfil de referencia que corresponde a la producción fotovoltaica de electricidad;
- durante la etapa i/, cada perfil de potencia activa incluye unos componentes frecuenciales, y los componentes frecuenciales de cada perfil de potencia activa de al menos un par se filtran por un filtro de paso bajo que tiene una frecuencia de corte sustancialmente igual a 3×10^{-4} Hz, y el cálculo del perfil diferencial se efectúa a partir del
- 35 par filtrado de perfiles;
- el procedimiento comprende, además, una etapa de estimación de la potencia pico de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad detectado a partir del perfil diferencial calculado;
- las etapas i/ a iv/ se reiteran a partir de los perfiles de potencia activa adquiridos por parte de otro sensor de
- 40 corriente.

La invención tiene igualmente como objeto un producto programa de ordenador que incluye unas instrucciones de software que, cuando se ejecutan por un ordenador, implementan un procedimiento de detección tal como se define más arriba.

- 45 La invención tiene igualmente como objeto un aparato de detección de al menos un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad en una red de distribución eléctrica que comprende al menos una instalación eléctrica y al menos un sensor de corriente, comprendiendo cada instalación al menos un dispositivo eléctrico y estando conectada a un nudo de distribución respectivo por al menos un conductor eléctrico respectivo, estando cada sensor asociado a un conductor eléctrico respectivo, incluyendo dicho aparato
- un módulo de adquisición configurado para adquirir, por parte de un sensor de corriente, una pluralidad de
 - 50 perfiles de potencia activa de una instalación correspondiente, incluyendo cada perfil de potencia activa una pluralidad de mediciones de potencia activa asociadas cada una a un instante temporal respectivo de un intervalo temporal;
 - un módulo diferencial configurado para calcular, para al menos un par de perfiles de potencia activa, un perfil diferencial que incluye una pluralidad de valores, siendo cada valor del perfil diferencial igual a la diferencia entre
 - 55 dos mediciones respectivas de los perfiles de potencia activa de dicho par;
 - un módulo de correlación configurado para calcular un coeficiente de correlación entre el o los perfiles diferenciales calculados y un perfil de referencia correspondiente a una producción fotovoltaica de electricidad; y
 - un módulo de detección configurado para detectar la presencia de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad de entre el o los dispositivos eléctricos de la instalación considerada cuando el coeficiente de
 - 60 correlación es superior a un valor predefinido.

Siguiendo otro aspecto ventajoso de la invención, el aparato de detección comprende igualmente un módulo de estimación (30) configurado para estimar la potencia pico de un dispositivo detectado de producción fotovoltaica de electricidad a partir del perfil diferencial calculado. Estas características y ventajas de la invención se mostrarán con

la lectura de la descripción que va a seguir, dada únicamente a título de ejemplo no limitativo, y hecha con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 - la figura 1 es una vista esquemática parcial de una red de distribución eléctrica que incluye dos instalaciones eléctricas y una pluralidad de sensores de corriente, comprendiendo cada instalación varios dispositivos eléctricos y estando conectada a un nudo de distribución por al menos un conductor eléctrico respectivo, estando cada sensor asociado a un conductor eléctrico respectivo;
- 10 - la figura 2 es un organigrama de un procedimiento de detección de al menos un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad en la red de la figura 1, comprendiendo el procedimiento una etapa de adquisición, por parte de un sensor de corriente, de una pluralidad de perfiles de potencia activa de una instalación correspondiente, incluyendo cada perfil de potencia activa una pluralidad de mediciones de potencia activa asociadas cada una a un instante temporal respectivo de un intervalo temporal;
- 15 - la figura 3 es un ejemplo de dos perfiles diferenciales calculados según el procedimiento de la figura 2, estando cada perfil diferencial calculado a partir de un par de perfiles de potencia activa e incluyendo una pluralidad de valores, siendo cada valor del perfil diferencial igual a la diferencia entre dos mediciones respectivas;
- 20 - la figura 4 es un ejemplo de dos perfiles diferenciales calculados según el procedimiento de la figura 2 a partir de dos pares de perfiles de potencia activa cuyos componentes frecuenciales se han filtrado por un filtro de paso bajo; y
- la figura 5 es un ejemplo de tres perfiles diferenciales seleccionados de entre una pluralidad de perfiles diferenciales calculados según el procedimiento de la figura 2, siendo el valor absoluto de cada perfil diferencial seleccionado máximo para un instante temporal comprendido entre dos instantes temporales predefinidos.

En la continuación de la descripción, la expresión "sustancialmente igual" define una relación de igualdad con más o menos un 10 %.

En la continuación de la descripción, por par de elementos, se entiende un conjunto de dos elementos, o también una pareja de elementos.

- 25 En la figura 1, se representa parcial y esquemáticamente una red de baja tensión (BT) 2 de distribución de electricidad. La red de baja tensión 2 incluye un puesto de transformación 4 de media tensión/baja tensión (MT/BT), y una pluralidad de instalaciones eléctricas 6. Cada instalación eléctrica 6 está conectada al puesto de transformación 4 por al menos un conductor eléctrico 8.

- 30 El puesto de transformación de MT/BT 4 comprende un transformador de MT/BT 10, conectado a un cuadro 12 de reparto por un nudo 14. El puesto de transformación de MT/BT 4 incluye, además, al menos un sensor de corriente 16, y un aparato de detección 18. En la figura 1, el puesto de transformación de MT/BT 4 incluye seis sensores de corriente 16, estando cada uno asociado a un conductor de fase respectivo.

- 35 Como complemento facultativo, el puesto de transformación de MT/BT 4 incluye un dispositivo 17 de medición de la exposición al sol adecuado para comunicar al aparato de detección 18 un valor de exposición al sol a la altura del puesto de transformación de MT/BT 4.

El puesto de transformación de MT/BT 4 está alimentado por una red de media tensión de distribución (no representada) y es adecuado para alimentar de baja tensión las instalaciones eléctricas 6. Por ejemplo, la media tensión está comprendida entre 1 kV y 50 kV, y la baja tensión está comprendida entre 50 V y 1 kV.

- 40 Cada instalación eléctrica 6 incluye al menos un dispositivo eléctrico 20. El dispositivo eléctrico 20 es, por ejemplo, un dispositivo consumidor de electricidad, o un dispositivo productor de electricidad, tal como un dispositivo fotovoltaico de producción de electricidad.

La instalación eléctrica 6 es, por ejemplo, globalmente consumidora de electricidad. Como variante, la instalación eléctrica 6 produce más electricidad que la que consume, es decir, es globalmente productora de electricidad.

- 45 En la figura 1, se han representado dos instalaciones eléctricas 6 y 6. Cada una de las dos instalaciones eléctricas 6 comprende cinco dispositivos eléctricos 20.

Cada conductor eléctrico 8 es adecuado para transportar una corriente eléctrica de baja tensión del puesto de transformación de MT/BT 4 a la instalación 6 correspondiente.

- 50 El cuadro de reparto 12 recibe del transformador de MT/BT 10 una corriente de baja tensión, mediante el nudo 14. El cuadro de reparto 12 recibe un extremo de cada conductor eléctrico 8. Los conductores eléctricos 8 están agrupados a la altura del cuadro de reparto en un cierto número de salidas trifásicas 21. Por ejemplo, el cuadro de reparto 12 alimenta entre 2 y 10 salidas trifásicas 21. En la figura 1 se han representado dos salidas trifásicas 21.

Cada sensor de corriente 16 está asociado a un conductor 8 correspondiente. El sensor de corriente 16 está configurado para medir en un instante temporal dado una corriente que circula en el conductor 8 correspondiente y comunicar la medición de corriente al aparato de detección 18.

- 5 Preferentemente, el sensor de corriente 16 es adecuado para calcular la potencia activa que circula en el conductor 8 correspondiente a partir de la medición de la corriente, y para comunicar la medición de potencia activa al aparato de detección 18. Como complemento facultativo, el sensor de corriente 16 es adecuado, además para calcular la potencia reactiva que circula en el conductor 8 correspondiente a partir de la medición de la corriente, y para comunicar la medición de potencia reactiva al aparato de detección 18.
- 10 El sensor de corriente 16 está configurado para medir tanto una corriente que circula desde el cuadro 12 hacia la instalación 6, como una corriente que circula desde la instalación 6 hacia el cuadro 12. Las mediciones de potencia activa toman, por ejemplo, unos valores positivos cuando la instalación 6 conectada al conductor 8 consume más electricidad que la que produce, y unos valores negativos cuando la instalación 6 produce más electricidad que la que consume.
- El sensor de corriente 16 es, por ejemplo, un sensor de bobina de Rogowsky. El sensor de corriente 16 es, por ejemplo, un sensor amovible adecuado para encerrar el conductor 8 y para cerrarse por sujeción a presión.
- 15 Preferentemente, el sensor de corriente 16 está autoalimentado. Por ejemplo, el sensor de corriente 16 está alimentado por recuperación de la energía de la corriente eléctrica inducida en el sensor de corriente 16 durante el paso de la corriente en el conductor 8.
- 20 El sensor de corriente 16 está configurado para comunicar los valores de corriente medidos o los valores de potencia calculados al aparato de detección 18. Por ejemplo, el sensor de corriente 16 es adecuado para comunicar con el aparato de detección 18 por ondas radioeléctricas. El sensor de corriente 16 utiliza, por ejemplo, un protocolo de comunicación ZigBee. Como variante no representada, el sensor de corriente 16 es adecuado para comunicar con el aparato de detección 18 por conexión alámbrica.
- 25 El aparato de detección 18 está configurado para detectar la presencia de al menos un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad de entre el o los dispositivos eléctricos 20 de la instalación 6 considerada a partir de las mediciones recibidas del sensor de corriente 16. Preferentemente, el aparato de detección 18 está configurado para detectar la presencia de al menos un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad de entre el o los dispositivos eléctricos 20 de una pluralidad de instalaciones 6 consideradas a partir de las mediciones recibidas de una pluralidad de sensores de corriente 16.
- El aparato de detección 18 comprende una unidad de tratamiento de informaciones 22A, formada, por ejemplo, por una memoria 22B y por un procesador 22C asociado a la memoria 22B.
- 30 La memoria 22B es adecuada para almacenar un fichero de datos que contiene, para cada sensor de corriente 16 asociado a un conductor 8, un identificador del conductor 8 y una información de potencia-pico de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad correspondiente.
- 35 La memoria 22B es adecuada igualmente para almacenar un software 23 de adquisición de mediciones por parte de cada sensor de corriente 16, un software diferencial 24 configurado para calcular la diferencia entre dos conjuntos de mediciones adquiridas, un software de correlación 26 configurado para calcular un coeficiente de correlación entre las mediciones adquiridas y un perfil de referencia, y un software 28 de detección de la presencia de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad de entre el o los dispositivos eléctricos 20 de la instalación considerada.
- Como complemento facultativo, la memoria 22B es adecuada igualmente para almacenar un software 30 de estimación de la potencia pico de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad detectado.
- 40 El procesador 22C es adecuado para ejecutar cada uno de los softwares de adquisición 23, diferencial 24, de correlación 26, de detección 28 y de estimación 30. Los softwares de adquisición 23, diferencial 24, de correlación 26, de detección 28 y de estimación 30 forman, cuando se ejecutan por el procesador 22C, respectivamente un módulo de adquisición de mediciones, un módulo diferencial configurado para calcular la diferencia entre dos conjuntos de mediciones adquiridas, un módulo de correlación configurado para calcular un coeficiente de correlación entre las mediciones adquiridas y un perfil de referencia, un módulo de detección de la presencia de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad, y un módulo de estimación de la potencia pico de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad detectado.
- 45 Como variante, el módulo de adquisición 23, el módulo diferencial 24, el módulo de correlación 26, el módulo de detección 28, y el módulo de estimación 30 están realizados en forma de componentes de software programables, o también en forma de circuitos integrados dedicados.
- 50 En la figura 1, el aparato de detección 18 está integrado en el puesto de transformación de MT/BT 4, y está alimentado con corriente desde el nudo 14. Como variante no representada, el aparato de detección 18 está situado en una instalación dedicada, distante del puesto de transformación 4.
- Cada salida trifásica 21 incluye cuatro conductores 8 que corresponden respectivamente a una primera fase, una segunda fase, una tercera fase y al neutro de tensión.

El módulo de adquisición 23 es adecuado para recibir, por parte de cada sensor de corriente 16, una pluralidad de perfiles de potencia activa de una instalación correspondiente, incluyendo cada perfil de potencia activa una pluralidad de mediciones de potencia activa asociadas cada una a un instante temporal respectivo de un intervalo temporal.

- 5 Como variante, el módulo de adquisición 23 está configurado para adquirir, de cada sensor de corriente 16, una pluralidad de mediciones de corriente asociadas cada una a un instante temporal respectivo de un intervalo temporal, después para calcular un perfil de potencia activa correspondiente a partir de un valor conocido de la tensión. Como variante, el módulo de adquisición 23 es adecuado para recibir una medición de tensión, después para calcular el perfil de potencia activa correspondiente a partir de la medición de tensión recibida.

- 10 Cada perfil de potencia activa incluye una pluralidad de componentes frecuenciales.

Como complemento facultativo, el módulo de adquisición 23 está configurado, además, para recibir, por parte de cada sensor de corriente 16, una pluralidad de perfiles de potencia reactiva de una instalación correspondiente, incluyendo cada perfil de potencia reactiva una pluralidad de mediciones de potencia reactiva asociadas cada una a un instante temporal respectivo de un intervalo temporal. Por ejemplo, el módulo de adquisición 23 es adecuado para calcular la energía reactiva consumida por la instalación considerada durante el intervalo temporal correspondiente. Preferentemente, cada medición de potencia reactiva se efectúa al mismo tiempo que una medición de potencia activa de un perfil de potencia activa correspondiente, y el módulo de adquisición 23 es adecuado para calcular la energía consumida por la instalación considerada durante el intervalo temporal de un perfil de potencia activa correspondiente.

- 15
20 Como complemento facultativo, el módulo de adquisición 23 está configurado para recibir del dispositivo de medición de la exposición al sol 17 un valor de la exposición al sol a la altura del puesto de transformación de MT/BT 4 durante un intervalo temporal. Como variante, Como complemento facultativo, el módulo de adquisición 23 está configurado para recibir de una instalación electrónica distante (por ejemplo, por Internet) una estimación de la exposición al sol media a la altura del puesto de transformación de MT/BT 4 durante un intervalo temporal.

- 25 Preferentemente, cada intervalo temporal corresponde a un día de medición respectivo. Preferentemente, todos los intervalos temporales tienen sustancialmente la misma duración. Por ejemplo, cada intervalo temporal dura 24 horas, y cada intervalo temporal corresponde a un día respectivo. Preferentemente, cada intervalo temporal comprende un periodo diurno y un periodo nocturno.

- 30 Preferentemente, las mediciones se efectúan cada día en unos instantes temporales idénticos. Por ejemplo, las mediciones se efectúan cada 1 a 10 minutos. Preferentemente, los días de medición son consecutivos, con el fin de limitar la influencia de la variación estacional del clima y de la duración del día. Por ejemplo, el módulo de adquisición 23 está configurado para recibir del sensor de corriente 16 un número predefinido de perfiles de potencia activa que corresponden cada uno a un día consecutivo, que corresponden a un periodo de observación predefinido. El periodo de observación es, por ejemplo, un periodo de dos semanas.

- 35 Como complemento facultativo, el módulo de adquisición 23 incluye un filtro (no representado) adecuado para filtrar los componentes frecuenciales de cada perfil de potencia recibido. Preferentemente, el filtro es un filtro de paso bajo que tiene una frecuencia de corte sustancialmente igual a 3×10^{-4} Hz. Dicho de otra manera, solo los componentes frecuenciales que tienen una frecuencia inferior a 3×10^{-4} Hz se conservan después de filtrado.

- 40 Preferentemente, el módulo de adquisición 23 incluye una memoria, no representada, de almacenamiento de una pluralidad de perfiles de potencia adquiridos.

El módulo de adquisición 23 es adecuado, además, para transmitir cada perfil de potencia adquirido al módulo diferencial 24.

- 45 El módulo diferencial 24 está configurado para recibir una pluralidad de perfiles de potencia activa por parte del módulo de adquisición 23 y calcular un perfil diferencial para al menos un par de perfiles de potencia activa. Cada perfil diferencial incluye una pluralidad de valores, siendo cada valor del perfil diferencial igual a la diferencia entre dos mediciones respectivas de los perfiles de potencia activa de dicho par. Preferentemente, los intervalos temporales respectivos de los perfiles de potencia activa de cada par tienen unas duraciones sustancialmente iguales

- 50 Por ejemplo, el módulo diferencial 24 está configurado para calcular un perfil diferencial para cada uno de los pares de perfiles de potencia activa. Dicho de otra manera, el módulo diferencial está configurado para calcular un perfil diferencial correspondiente a la asociación de cada uno de los perfiles de potencia activa adquiridos con cada uno de los otros perfiles de potencia activa. Preferentemente, el módulo diferencial 24 está configurado para seleccionar uno o varios perfiles diferenciales de entre los perfiles diferenciales calculados.

- 55 Por ejemplo, el módulo diferencial 24 está configurado para seleccionar únicamente los perfiles diferenciales cuyo valor absoluto máximo es superior a la mitad del máximo del conjunto de los valores absolutos de los perfiles diferenciales calculados.

- 5 Como variante, el módulo diferencial 24 está configurado para seleccionar únicamente los perfiles diferenciales cuyo valor máximo del valor absoluto corresponde a un instante temporal comprendido entre dos instantes temporales predefinidos. Por ejemplo, para unos perfiles diferenciales calculados a partir de un par de perfiles de potencia activa medidos en verano, solo los perfiles diferenciales cuyo valor absoluto es máximo entre 13 horas y 15 horas se seleccionan.
- 10 Como complemento facultativo, el módulo diferencial 24 está configurado para seleccionar un par de perfiles de potencia activa de entre la pluralidad de perfiles de potencia activa, y para calcular un perfil diferencial a partir del par de perfiles de potencia activa seleccionado. Preferentemente, el módulo diferencial 24 está configurado para seleccionar una pluralidad de pares de perfiles de potencia activa y calcular, para cada par, un perfil diferencial correspondiente.
- 15 Preferentemente, el módulo diferencial 24 está configurado para seleccionar un par de perfiles de potencia activa para los que el consumo de energía eléctrica para la instalación considerada es sustancialmente igual, de un perfil del par al otro perfil, durante el intervalo temporal de medición de cada uno de los dos perfiles de dicho par. Por ejemplo, el módulo diferencial 24 está configurado para seleccionar únicamente los pares para los que el consumo total de energía reactiva que corresponde a uno de los perfiles del par es sustancialmente igual al consumo total de energía reactiva que corresponde al otro perfil del par. Como variante o como complemento, el módulo diferencial 24 está configurado para seleccionar solamente los pares para los que el consumo total de energía activa durante el periodo nocturno correspondiente a uno de los perfiles del par es sustancialmente igual al consumo total de energía activa durante el periodo nocturno que corresponde al otro perfil del par.
- 20 Como variante o como complemento, el módulo diferencial 24 está configurado para seleccionar un par de perfiles de potencia activa para los que la producción fotovoltaica de electricidad es diferente. Por ejemplo, el módulo diferencial 24 está configurado para seleccionar solamente los pares para los que el valor adquirido de exposición al sol difiere de un perfil al otro.
- 25 El módulo diferencial 24 es adecuado para transmitir el o los perfiles diferenciales calculados al módulo de correlación 26.
- El módulo de correlación 26 está configurado para calcular un coeficiente de correlación entre el o los perfiles diferenciales recibidos y un perfil de referencia correspondiente a una producción fotovoltaica de electricidad. El coeficiente de correlación se obtiene, por ejemplo, por un ajuste por el método de los mínimos cuadrados.
- 30 Preferentemente, el módulo de correlación 26 está configurado, en caso de una pluralidad de perfiles diferenciales calculados por el módulo diferencial 24, para calcular un perfil diferencial medio igual a una media de los perfiles diferenciales recibidos, y para calcular un coeficiente de correlación entre el perfil diferencial medio calculado y un perfil de referencia correspondiente a una producción fotovoltaica de electricidad. La media es, por ejemplo, una media aritmética. Como variante, la media es una media geométrica.
- 35 El módulo de correlación 26 es adecuado para transmitir el coeficiente de correlación calculado al módulo de detección 28.
- 40 El módulo de detección 28 está configurado para detectar un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad de entre el o los dispositivos eléctricos de la instalación considerada 6 a partir del coeficiente de correlación calculado por el módulo de correlación 26. Por ejemplo, el módulo de detección 28 está configurado para comparar el coeficiente de correlación con un valor predefinido, y para detectar la presencia de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad en la instalación 6 considerada cuando el coeficiente de correlación es superior al valor predefinido.
- 45 Como complemento facultativo, el módulo de estimación 30 está configurado para estimar la potencia pico de cada dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad detectado. Por ejemplo, el módulo de estimación 30 es adecuado para recibir, por parte del módulo de correlación 26, los parámetros del ajuste realizado. Preferentemente, el módulo de estimación 30 está configurado para calcular la potencia pico del dispositivo de producción fotovoltaica detectado que tiene el perfil de producción correspondiente a los parámetros del ajuste.
- El funcionamiento del aparato de detección 18 va a describirse ahora con la ayuda de la figura 2 que representa un organigrama del procedimiento de detección según la invención.
- 50 Durante una etapa inicial 100, el módulo de adquisición 23 recibe durante un periodo temporal predefinido, por ejemplo, catorce días consecutivos, un perfil de potencia activa de un sensor de corriente 16, que almacena en la memoria. Cada perfil de potencia activa incluye una pluralidad de mediciones de potencia activa asociadas cada una a un instante temporal respectivo de un intervalo temporal respectivo. Dos instantes temporales consecutivos están, por ejemplo, separados por un minuto. Cada intervalo temporal dura 24 horas, de 0 h a medianoche, e incluye un periodo diurno y al menos un periodo nocturno. A cada intervalo temporal de un perfil de potencia activa corresponde un perfil de potencia reactiva respectivo.
- 55 Cuando los perfiles de potencia activa y los perfiles de potencia reactiva se han adquirido para el periodo temporal

predefinido, el módulo de adquisición 23 transmite los perfiles de potencia activa y los perfiles de potencia reactiva al módulo diferencial 24.

5 Como complemento facultativo, el módulo de adquisición 23 filtra los componentes frecuenciales más elevados de cada uno de los perfiles de potencia activa adquiridos. En particular, el módulo de adquisición 23 suprime los componentes cuya frecuencia es superior a 3×10^{-4} Hz

La figura 3 presenta dos perfiles diferenciales 200, 210 calculados a partir de dos pares de perfiles no filtrados. La figura 4 presenta dos perfiles diferenciales 220, 230 calculados a partir de dos pares de perfiles filtrados.

El módulo diferencial 24 selecciona a continuación, durante la etapa 110, uno o varios pares de perfiles de potencia activa de entre todos los perfiles de potencia activa recibidos.

10 Solo el o los pares para los que el consumo total de energía reactiva que corresponde a uno de los perfiles del par es sustancialmente igual al consumo total de energía reactiva que corresponde al otro perfil del par se seleccionan.

Como variante o como complemento, solo el o los pares para los que el consumo total de energía activa durante el periodo nocturno correspondiente a uno de los perfiles del par es sustancialmente igual al consumo total de energía activa durante el periodo nocturno que corresponde al otro perfil del par.

15 Como variante o como complemento, los pares de perfiles de potencia activa para los que el valor adquirido de exposición al sol es sustancialmente igual de un perfil al otro no se seleccionan. Dicho de otra manera, solo los pares de perfiles de potencia correspondiente a una exposición al sol diferente se seleccionan.

20 Como variante o como complemento, si uno de los dos perfiles de potencia activa se ha adquirido durante un día de trabajo, mientras que el otro perfil se ha adquirido durante un día de paro, entonces el par de perfiles no se selecciona. Dicho de otra manera, solo los pares cuyos dos perfiles corresponden a un mismo tipo de día de entre los días de trabajo y los días de paro se seleccionan.

El módulo diferencial 24 calcula entonces para cada par de perfiles seleccionados un perfil diferencial correspondiente. De entre estos perfiles diferenciales calculados, el módulo diferencial 24 selecciona entonces, como complemento facultativo, una pluralidad de perfiles diferenciales.

25 Solo los perfiles diferenciales cuyo valor absoluto máximo es superior a la mitad del máximo del conjunto de los valores absolutos de los perfiles diferenciales calculados se seleccionan.

Como variante o como complemento, solo los perfiles diferenciales cuyo valor máximo corresponde a un instante temporal comprendido entre 12 h y 14 h en invierno, o entre 13 h y 15 h en verano, se conservan. Tres perfiles diferenciales que satisfacen este criterio se representan, por ejemplo en la figura 5, con las curvas 300, 310, 320.

30 Durante la etapa 120, el módulo de correlación 26 calcula un coeficiente de correlación entre el o los perfiles diferenciales calculados y un perfil de referencia correspondiente a una producción fotovoltaica de electricidad. Por ejemplo, el módulo de correlación 26 efectúa un ajuste entre el o los perfiles diferenciales calculados y dicho perfil de referencia por un método de los mínimos cuadrados. El módulo de correlación 26 determina entonces un conjunto de parámetros del perfil de referencia que permiten el mejor ajuste con el perfil diferencial medio.

35 Como variante o como complemento, en caso de una pluralidad de perfiles diferenciales calculados por el módulo diferencial 24, el módulo de correlación 26 calcula un perfil diferencial media igual a la media aritmética de los perfiles diferenciales calculados, y calcula a continuación un coeficiente de correlación entre el perfil diferencial medio calculado y un perfil de referencia correspondiente a una producción fotovoltaica de electricidad.

40 El módulo de detección 28 detecta a continuación durante la etapa 130 la presencia de al menos un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad en la instalación 6 conectada al cable 8 correspondiente al sensor de corriente 16 cuando el coeficiente de correlación calculado durante la etapa 120 es superior a un valor predefinido.

45 Como continuación a la etapa de detección 130, el módulo de estimación 30 estima durante la etapa 140 la potencia pico del dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad 20 detectado, si hay uno de ellos. Por ejemplo, el módulo de estimación recibe los parámetros determinados durante la etapa 120, y calcula a partir de estos parámetros la potencia pico de un dispositivo de producción fotovoltaica que permite el mejor ajuste con el perfil diferencial medio.

50 Para terminar, el fichero de datos almacenado en la memoria 22B se actualiza durante una etapa 150, para hacer corresponder al identificador del sensor de corriente considerado durante las etapas 100 a 140 la potencia pico estimada durante la etapa 140. Si la etapa 130 no ha permitido detectar un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad, la potencia pico correspondiente se fija entonces igual a 0.

Otro sensor eventual de corriente se selecciona durante la siguiente etapa 160, y las etapas 100 a 150 se reiteran entonces. Por lo tanto, las etapas 100 a 150 se reiteran en este orden para cada uno de los otros sensores de corriente 16 de la red 2.

- De este modo, el procedimiento permite, para cada una de las instalaciones eléctricas 6 de la red 2, detectar si la instalación comprende al menos un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad. Igualmente, permite estimar la potencia pico de cada uno de los dispositivos de producción fotovoltaica de electricidad detectados. Por lo tanto, este procedimiento permite dimensionar de la mejor manera la red 2 por una buena evaluación de las variaciones esperadas de producción fotovoltaica de electricidad. Igualmente, permite ajustar la estructura de la red, por ejemplo, repartir de la mejor manera los dispositivos de producción fotovoltaica de electricidad sobre las diferentes fases de una misma salida 21. No es necesario que se equipe cada conductor 8 con un sensor de corriente 16, siendo el sensor de corriente 16 desplazable de un conductor 8 sobre otro conductor 8 antes de reiterar las etapas 100 a 150.
- 5
- 10 Como variante, la etapa 100 se realiza de manera simultánea para todos los sensores de corriente 16 de la red 2. El módulo de adquisición 23 recibe entonces cada día un perfil de potencia activa de cada uno de los sensores 16. Cuando cada sensor 16 ha proporcionado el conjunto de los perfiles de potencia activa para el periodo temporal predefinido al módulo de adquisición 23, las etapas 110 a 130 se efectúan entonces para cada conjunto de perfiles de potencia activa asociado a cada sensor.
- 15 Entonces, el procedimiento permite minimizar el tiempo necesario para la adquisición de las mediciones.
- Como variante, durante la etapa 100 se adquieren 60 perfiles de potencia activa correspondientes a dos meses de medición. En ese caso, todos los pares cuyos dos perfiles se han adquirido a más de 14 días de separación se rechazan durante la etapa 110.
- 20 Entonces, el procedimiento permite una mayor precisión de detección gracias a la mayor muestra utilizada, limitando al mismo tiempo la influencia de la variación estacional de la exposición al sol.
- Como variante aun, el procedimiento se repite cada día sobre todos los sensores de corriente 16 de la red 2. En ese caso, todos los perfiles de potencia activa que se han adquirido más de 14 días antes se rechazan durante la etapa 110.
- 25 Por lo tanto, este procedimiento permite vigilar de manera continua la evolución de la red 2, y detectar automáticamente la adición de un nuevo dispositivo de producción fotovoltaica en una instalación eléctrica 6 correspondiente de la red 2.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de detección de al menos un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad en una red (2) de distribución eléctrica que comprende al menos una instalación eléctrica (6) y al menos un sensor de corriente (16), comprendiendo cada instalación (6) al menos un dispositivo eléctrico (20) y estando conectada a un nudo de distribución (14) respectivo por al menos un conductor eléctrico (8) respectivo, estando cada sensor (16) asociado a un conductor eléctrico (8) respectivo,
 5 estando el procedimiento **caracterizado porque** comprende las siguientes etapas:
- i/ adquisición (100), por parte de un sensor de corriente (16), de una pluralidad de perfiles de potencia activa de una instalación (6) correspondiente, incluyendo cada perfil de potencia activa una pluralidad de mediciones de potencia activa asociadas cada una a un instante temporal respectivo de un intervalo temporal;
 10 ii/ cálculo (110), para al menos un par de perfiles de potencia activa, de un perfil diferencial que incluye una pluralidad de valores, siendo cada valor del perfil diferencial igual a la diferencia entre dos mediciones respectivas de los perfiles de potencia activa de dicho par;
 iii/ cálculo (120) de un coeficiente de correlación entre el o los perfiles diferenciales calculados y un perfil de referencia correspondiente a una producción fotovoltaica de electricidad;
 15 iv/ detección (130) de la presencia de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad de entre el o los dispositivos eléctricos (20) de la instalación (6) considerada cuando el coeficiente de correlación es superior a un valor predefinido.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que los intervalos temporales respectivos de los perfiles de potencia activa de cada par tienen duraciones sustancialmente iguales.
 20
3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa ii/ comprende la selección, de entre la pluralidad de perfiles adquiridos, de un par de perfiles para los que el consumo de energía eléctrica por la instalación (6) considerada es sustancialmente igual, de un perfil del par al otro, durante el intervalo temporal de medición de cada uno de los dos perfiles de dicho par, y el cálculo del perfil diferencial se efectúa a partir del par seleccionado de perfiles.
 25
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que la etapa i/ comprende, además, la adquisición de una pluralidad de perfiles de potencia reactiva, incluyendo cada perfil de potencia reactiva una pluralidad de mediciones de potencia reactiva asociadas cada una a un instante temporal respectivo del intervalo temporal de un perfil de potencia activa correspondiente, y el cálculo a partir de cada perfil de potencia reactiva de la energía reactiva consumida durante el intervalo temporal correspondiente, y
 30 en el que la selección de al menos un par de perfiles efectuada durante la etapa ii/ comprende la selección de un par de perfiles para los que el consumo total de energía reactiva que corresponde a uno de los perfiles del par es igual, con un 10 % de aproximación, al consumo total de energía reactiva que corresponde al otro perfil del par.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4, en el que el intervalo temporal que corresponde a cada perfil de potencia activa comprende un periodo diurno y un periodo nocturno, y
 35 en el que la selección de al menos un par de perfiles efectuada durante la etapa ii/ comprende la selección de un par de perfiles para los que el consumo total de energía activa durante el periodo nocturno que corresponde a uno de los perfiles del par es igual, con un 10 % de aproximación, al consumo total de energía activa durante el periodo nocturno que corresponde al otro de los perfiles del par.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa i/ comprende, además, la adquisición de un valor de exposición al sol durante la medición de cada perfil de potencia activa, y la etapa ii/ comprende la selección, de entre la pluralidad de perfiles adquiridos de potencia activa, de al menos un par de perfiles para los que el valor adquirido de exposición al sol difiere de un perfil al otro, y el cálculo del perfil diferencial se efectúa a partir del par seleccionado de perfiles.
 40
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa ii/ comprende el cálculo de un perfil diferencial para cada par de perfiles de potencia activa, y la selección de al menos un perfil diferencial cuyo valor absoluto máximo es superior a la mitad del máximo del conjunto de los valores absolutos de los perfiles diferenciales calculados, y
 45 durante la etapa iii/, el cálculo del coeficiente de correlación se efectúa en función del o de los perfiles diferenciales seleccionados.
 50
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa ii/ comprende el cálculo de al menos un perfil diferencial para cada par de perfiles de potencia activa, y la selección de un perfil diferencial cuyo valor absoluto presenta un valor máximo para un instante temporal comprendido entre dos instantes temporales predefinidos, y
 55 durante la etapa iii/, el cálculo del coeficiente de correlación se efectúa en función del o de los perfiles diferenciales seleccionados.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, cuando se calculan varios perfiles diferenciales durante la etapa ii/, la etapa iii/ comprende, además, el cálculo de un perfil diferencial medio

igual a una media de los perfiles diferenciales calculados, y el coeficiente de correlación se calcula entre el perfil diferencial medio y el perfil de referencia que corresponde a la producción fotovoltaica de electricidad.

- 5 10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que durante la etapa i/, cada perfil de potencia activa incluye unos componentes frecuenciales, y los componentes frecuenciales de cada perfil de potencia activa de al menos un par se filtran por un filtro de paso bajo que tiene una frecuencia de corte sustancialmente igual a 3×10^{-4} Hz, y el cálculo del perfil diferencial se efectúa a partir del par filtrado de perfiles.
11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, una etapa de estimación de la potencia pico de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad detectado a partir del perfil diferencial calculado.
- 10 12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las etapas i/ a iv/ se reiteran a partir de los perfiles de potencia activa adquiridos por parte de otro sensor de corriente (16).
13. Producto programa de ordenador que incluye unas instrucciones de software que, cuando se ejecutan por un ordenador, implementan un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 15 14. Aparato (18) de detección de al menos un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad en una red (2) de distribución eléctrica que comprende al menos una instalación eléctrica (6) y al menos un sensor de corriente (16), comprendiendo cada instalación (6) al menos un dispositivo eléctrico (20) y estando conectada a un nudo de distribución (14) respectivo por al menos un conductor eléctrico (8) respectivo, estando cada sensor (16) asociado a un conductor eléctrico (8) respectivo, estando el aparato de detección (18) **caracterizado porque** comprende:
- 20 - un módulo de adquisición (23) configurado para adquirir, por parte de un sensor de corriente (16), una pluralidad de perfiles de potencia activa de una instalación (6) correspondiente, incluyendo cada perfil de potencia activa una pluralidad de mediciones de potencia activa asociadas cada una a un instante temporal respectivo de un intervalo temporal;
- 25 - un módulo diferencial (24) configurado para calcular, para al menos un par de perfiles de potencia activa, un perfil diferencial que incluye una pluralidad de valores, siendo cada valor del perfil diferencial igual a la diferencia entre dos mediciones respectivas de los perfiles de potencia activa de dicho par;
- un módulo de correlación (26) configurado para calcular un coeficiente de correlación entre el o los perfiles diferenciales calculados y un perfil de referencia correspondiente a una producción fotovoltaica de electricidad; y
- 30 - un módulo de detección (28) configurado para detectar la presencia de un dispositivo de producción fotovoltaica de electricidad de entre el o los dispositivos eléctricos (20) de la instalación (6) considerada cuando el coeficiente de correlación es superior a un valor predefinido.
15. Aparato de detección (18) según la reivindicación 14, que comprende, además, un módulo de estimación (30) configurado para estimar la potencia pico de un dispositivo detectado de producción fotovoltaica de electricidad a partir del perfil diferencial calculado.

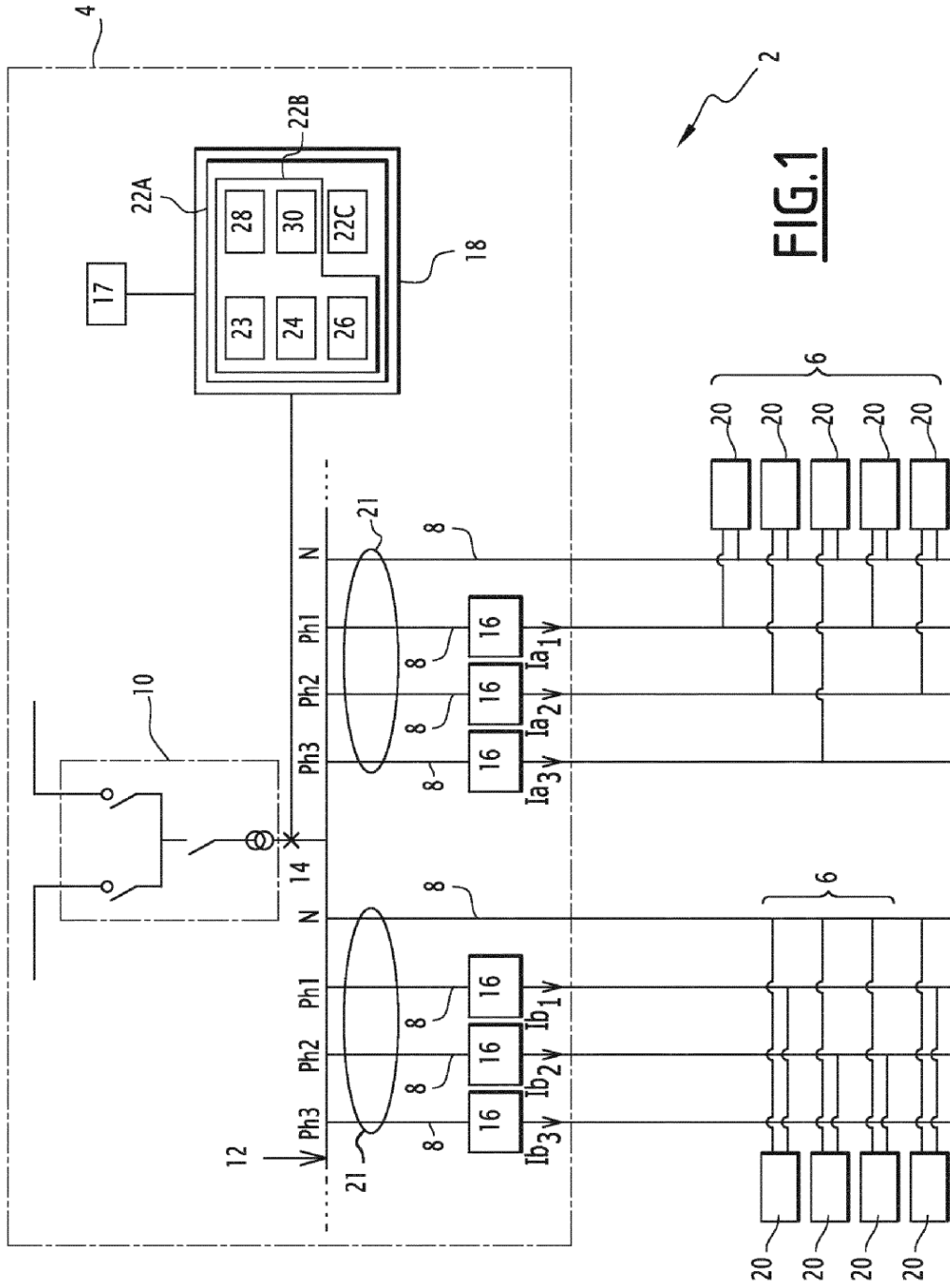


FIG. 1

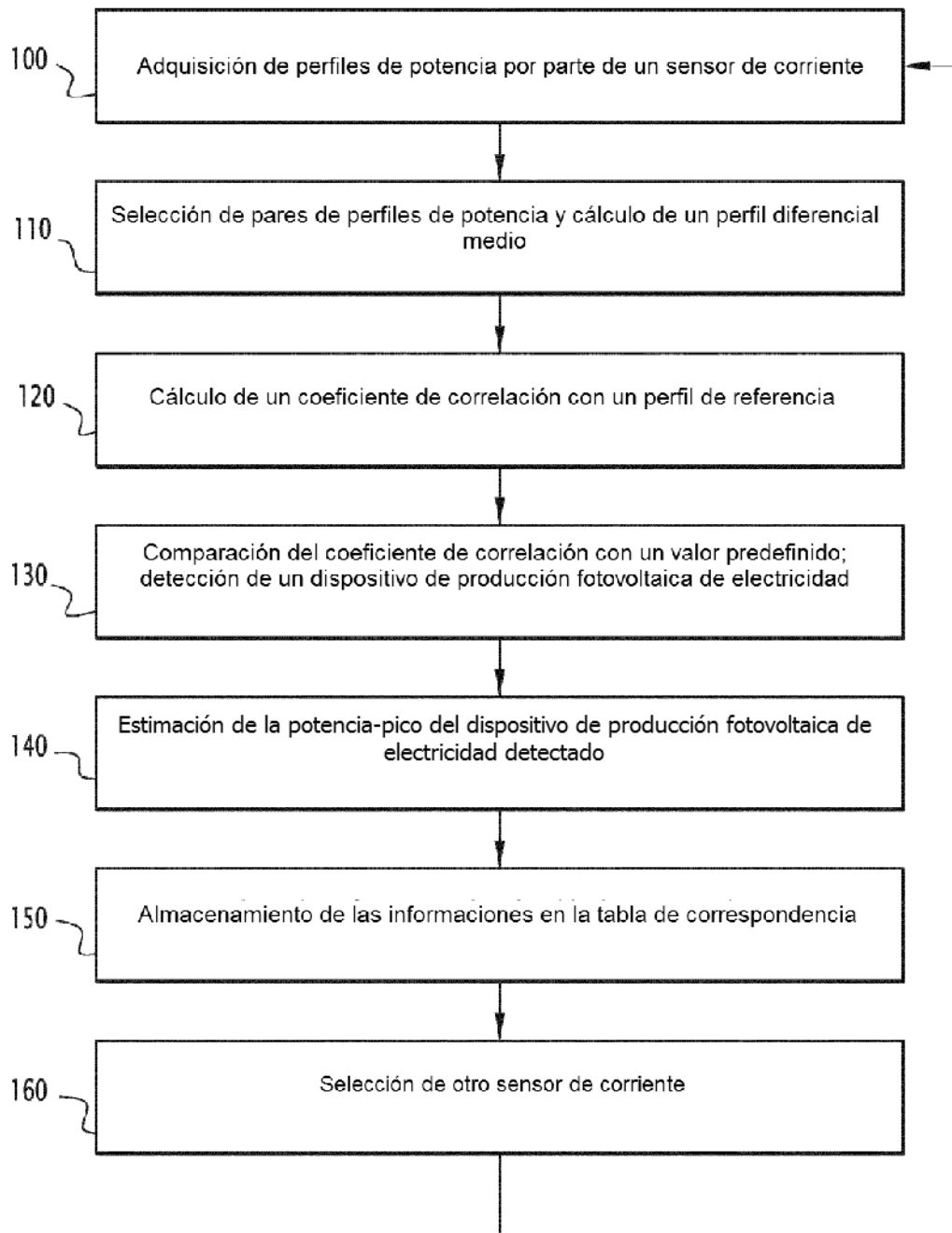


FIG.2

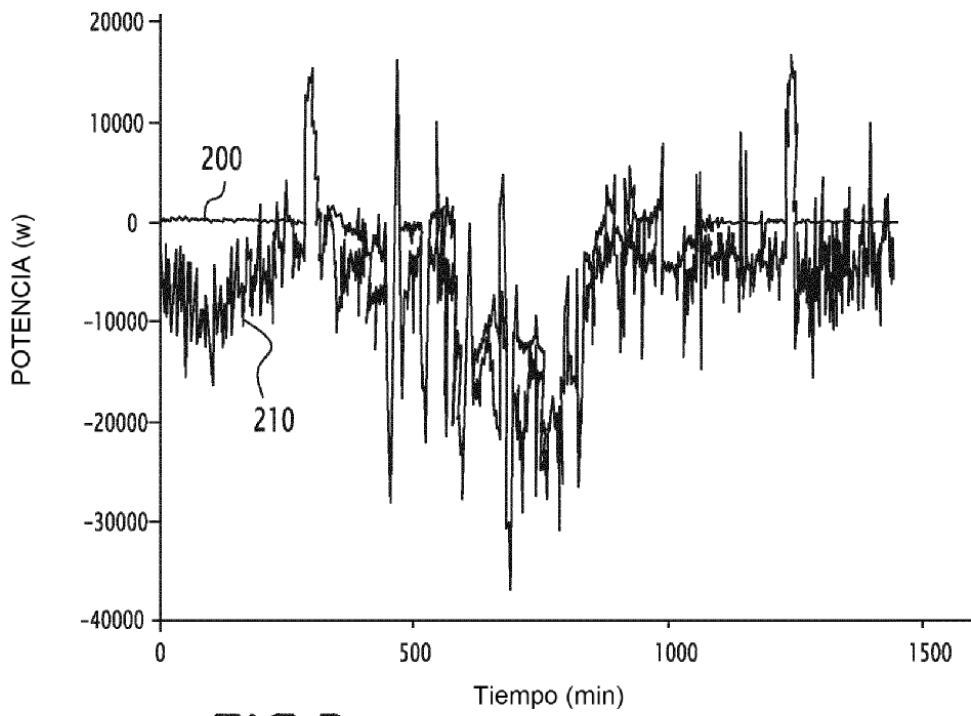


FIG.3

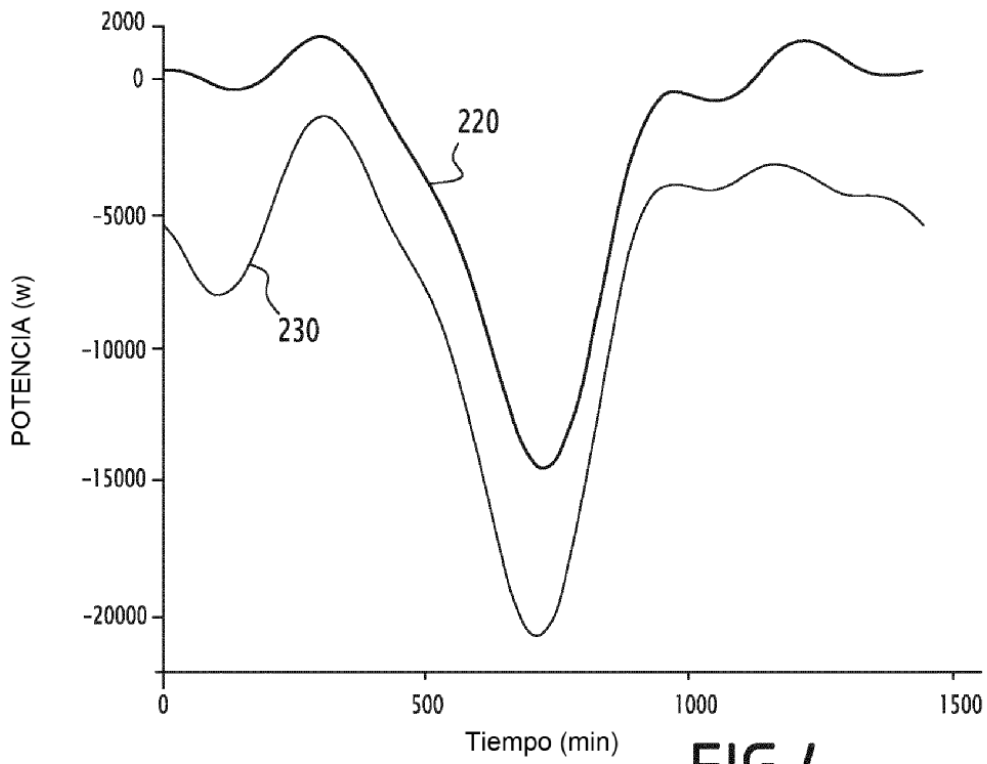


FIG.4

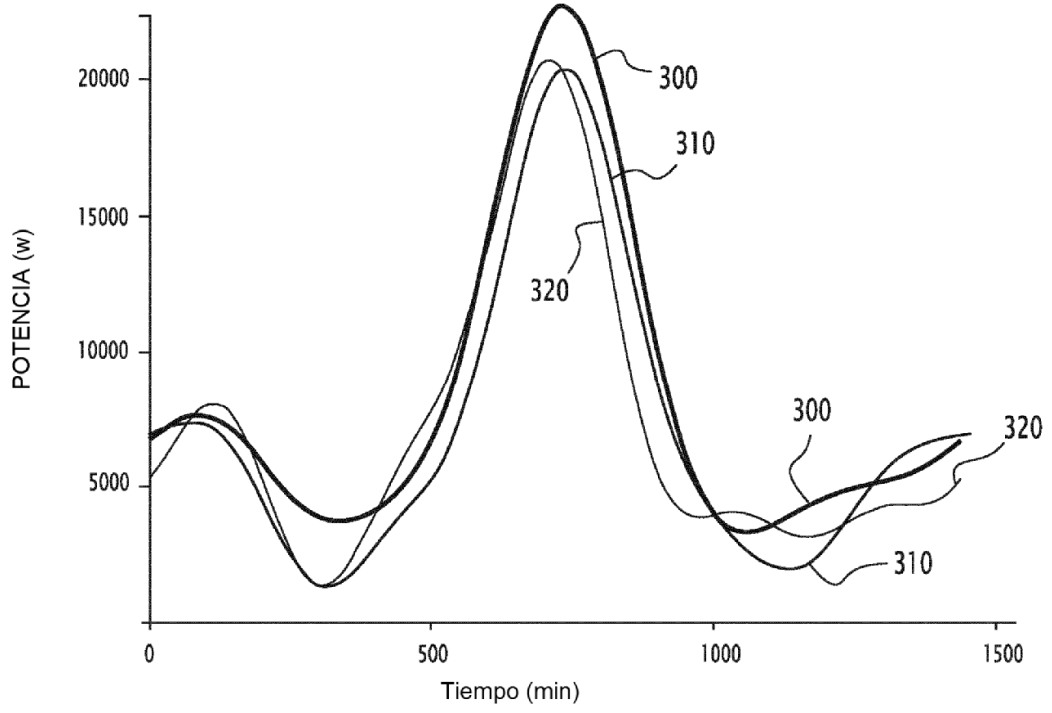


FIG.5