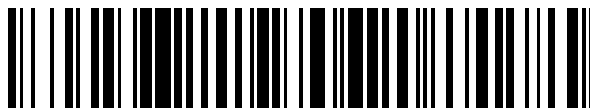




ESPAÑA

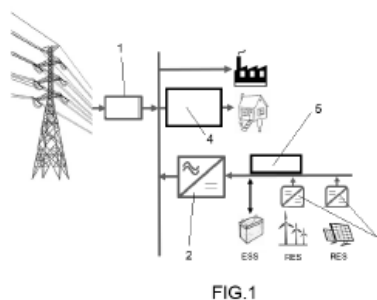


H02J 3/46 (2006.01)

A1

RODRÍGUEZ QUINTERO, José

Sistema optimizador de demanda energética de microrredes eléctricas, con el que se gestiona el intercambio de potencia con el sistema de potencia (PS) y participa en el control potencial/frecuencia del sistema de potencia (PSC), comprendiendo la microrred al menos un elemento seleccionado de entre cargas térmicas controlables (TCL), sistemas de generación de energía renovable (RES), sistemas de almacenamiento de energía (ESS) o una combinación de ellos; que comprende un dispositivo supervisor que está en conexión con al menos un elemento seleccionado de entre: un inversor, que gestiona los RES y/o ESS; uno o más convertidores, que gestionan los RES; y un dispositivo optimizador que gestiona los TCL; donde el dispositivo supervisor comprende un módulo de comunicaciones que mantiene conectados los elementos de la microrred, que comprende un programa informático de gestión del sistema y donde el dispositivo supervisor establece que si se participa o no en el PSC.



DESCRIPCIÓN**SISTEMA OPTIMIZADOR DE DEMANDA ENERGÉTICA DE MICRORREDES ELÉCTRICAS**

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención consiste en un sistema optimizador de demanda energética de microrredes eléctricas destinada a mejorar la gestión relativa a la generación, distribución
10 y la creciente penetración de energía renovable en el sector industrial.

Concretamente, la presente invención se encuadra dentro de los equipamientos y sistemas relativos a las ingenierías eléctrica y energética, dentro de estas, las relacionadas con las microrredes eléctricas.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Como es sabido dentro del sector industrial relacionado con la energía, los problemas medioambientales y de dependencia energética que sufren la mayoría de los países
20 desarrollados hacen que se apueste por el autoabastecimiento energético de las viviendas. Este nuevo y determinante paso hacia la generación distribuida conlleva beneficios económicos y medioambientales porque propicia la integración en la red eléctrica de instalaciones basadas en fuentes de energía renovable. Sin embargo, su presencia puede conducir también a dificultades técnicas en el control y operación segura de la red, como
25 son: la generación distribuida introduce flujos de potencia bidireccionales; los esquemas de protección deben rediseñarse hacia sistemas más complejos que eviten la desconexión no intencionada de usuarios finales y el suministro no intencionado de zonas desconectadas de la red; debido a su propia naturaleza, la mayoría de las renovables trabajan de forma intermitente e impredecible; y las renovables se conectan normalmente
30 a la red por medio de interfaces basadas en electrónica de potencia. Esto hace que aparezcan dificultades en la línea de la calidad de la potencia que son incluso más relevantes que las ya existentes en la red tradicional. Estas interfaces contribuyen, además, a la proliferación de cargas no lineales.

35 Una forma de abordar este problema es mediante el uso de microrredes (µredes). Una microrred es una red que está compuesta de un sistema de generación y distribución,

normalmente en baja tensión, que integra fuentes de energía distribuidas, como pueden ser microturbinas, células de combustible, fotovoltaica o eólica, junto con sistemas de almacenamiento de energía, como baterías, supercondensadores, volantes de inercia u otros, y cargas gestionables. Además, esta microrred puede operar conectada a la red eléctrica general y también puede operar de forma aislada, desconectada de la red eléctrica general, al disponer de fuentes de alimentación y sistemas de almacenamiento de energía capaces de abastecer las cargas incluidas en la microrred.

Por tanto, una microrred actúa como una única entidad controlable respecto de una red general a la que puede conectarse y desconectarse. Posee capacidad de control, supervisión y coordinación para alcanzar objetivos económicos, técnicos y ambientales. Esa capacidad de control, junto con el sistema de comunicaciones necesario para implementarlo, es lo que convierte a una microrred en una red inteligente, denominada dentro del sector como “*smartgrid*”.

Las microrredes tienen evidentes ventajas frente al uso de los sistemas tradicionales de producción, transporte y distribución de electricidad, entre las que se pueden encontrar: la mejora de la seguridad y fiabilidad del sistema eléctrico; pueden trabajar acopladas a la red general o de forma aislada; permite abastecer zonas en las que no hay distribución eléctrica; y reducen pérdidas en el sistema eléctrico al generarse, almacenarse y utilizarse la electricidad de forma local.

Parece pues que el modelo de sistema eléctrico hacia el que se debería tender es al que está basado en el uso de microrredes interconectadas entre sí mediante el sistema eléctrico convencional. Las microrredes normalmente están conectadas a la red de distribución mediante una conexión directa o un convertidor que permite que la microrred se alimente o inyecte energía en la red general de distribución, según su producción sea menor o mayor que su propio consumo. Además, le permite la desconexión en caso de que la red general presente problemas y según lo requiera la gestión de su propia producción y demanda.

En este sentido, son conocidas divulgaciones en las que se ven reflejadas las microrredes, principalmente documentos en los que se intentan controlar microrredes publicados en los últimos años. Entre los documentos conocidos se destaca la solicitud de patente US2021/0057909A1 que divulga un gestor energético que actúa sobre las cargas situadas en su campo de actuación controlando su consumo en función de distintos factores como

la demanda, precio electricidad y otros. Incluye sistemas de generación tales como paneles fotovoltaicos o aerogeneradores cuyo intercambio de potencia con la red también controla la invención, aunque este documento solo da solución a instalaciones en edificios residenciales.

5

También se conoce lo divulgado en el documento US9146548B2 que funciona como el anterior antecedente, pero además de ejecutar el control del flujo de datos que recibe, tiene la capacidad de aprender de este flujo.

10 También es conocido lo divulgado en el documento US20210149429A1, donde se incorpora agregadores de energía en la capa más alta de gestión el control del suministro y la venta de energía.

15 Los tres documentos indicados, así como todos los conocidos por el solicitante, son de aplicación en viviendas y edificios residenciales y consisten en controlar su consumo energético, incorporando cada uno una capacidad que mejora a los demás. Sin embargo, ninguno esos sistemas conocidos permite que la microrred eléctrica participe en el control potencia/frecuencia del sistema de potencia (power system control - PSC) sea cual sea la envergadura de esa microrred; y sea que esté formada únicamente por cargas térmicas controlables (thermal controllable loads) en adelante TCL; formada por TCL y sistemas de
20 generación de energía renovable (Renewable Energy Systems), en adelante RES; formadas por TCL, RES y sistemas de almacenamiento de energía (Energy Storage Systems) en adelante ESS; formadas solo por solo RES; o formadas por RES y ESS.

25 El sistema optimizador propuesto en la presente invención, frente a cualquier otro conocido en el estado de la técnica, comprende un sistema de control que es aplicable a microrredes formadas a partir de al menos uno de entre TCL, RES y ESS para, además de minimizar el consumo global de la microrred según distintos parámetros, como las invenciones existentes relacionadas arriba, solucionar los siguientes problemas en el ámbito de la
30 microrred, como son:

(i) gestionar de forma conjunta los elementos de la microrred, aunque estén conectados a redes de datos independientes, como sería el caso de los edificios de vivienda.

(ii) hacer que la potencia intercambiada entre la microrred y el sistema de potencia (power system) en adelante PS, esté formada únicamente por potencia activa fundamental,
35 sin otros componentes que disminuyen la eficiencia de ese intercambio, en el caso de microrredes que contengan RES y/o ESS; y

(iii) lograr que la microrred pueda participar en el PSC con una cantidad de potencia que dependa de la envergadura y el tamaño de cada microrred y aplicando estrategias de control distintas, dependiendo de los elementos que la constituyan (TCL/RES/ESS).

- 5 En este sentido, no es conocido por parte del solicitante ningún sistema que consiga solventar los anteriores problemas.

Es cierto que, para el segundo problema o punto (ii), se puede pensar en conseguir optimizar el intercambio de potencia entre el sistema de potencia y un conjunto de cargas, de forma que la potencia intercambiada sea activa, pudiendo utilizar un filtro activo de potencia. Sin embargo, no se conoce ningún sistema que integre su funcionalidad en las microrredes y tampoco ningún dispositivo que realice ambas funciones simultáneamente y que además sea capaz de alternar su funcionamiento entre fuente de tensión y fuente de intensidad, algo que en la presente invención se consigue.

15

Otra ventaja de la presente invención es que se puede aplicar no solo a edificios residenciales, como es conocido hasta la fecha, sino a cualquier tipo de microrred industrial que contenga TCL/RES/ESS, incluso si esos elementos están conectados a distintas redes de datos.

20

Así, el sistema objeto de la presente invención consigue, además de gestionar el intercambio de energía con el PS, que esa energía intercambiada contenga únicamente potencia activa fundamental y que la microrred en la que ha sido implementada pueda participar en el PSC independientemente de la constitución de esa microrred.

25

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

Como se ha comentado previamente, la generación distribuida y la creciente penetración de energía renovable en el PS hace necesaria una reestructuración de las estructuras conocidas. Una estructura viable consiste en la existencia de muchas microrredes con la capacidad de participar en el PSC y en el balance de oferta/demanda. En la transición del modelo actual a ese nuevo PS nos encontramos pues con microrredes de distinta envergadura, desde aquellas que contienen únicamente cargas, entre las que destacaremos las cargas TCL, hasta las que contienen además de TCL, RES y/o ESS, pasando por las que constan solo de RES y/o ESS.

35

La presente invención da respuesta a este problema, y consiste en un sistema de control aplicable a todos esos tipos de microrredes, que además de optimizar la eficiencia del intercambio de potencia con el PS, posibilita su funcionamiento participando en el PSC. En este sentido, este sistema aplicable a microrredes de distinta envergadura optimiza su consumo energético tanto cuantitativa como cualitativamente, y hace posible que la microrred pueda participar en el control del sistema de potencia a requerimiento de su operador, sea cual sea su composición. El sistema optimiza el consumo disminuyendo la factura en energía eléctrica (EB), desde el punto de vista cuantitativo y desde el cualitativo, para lo cual se basa en que, aunque la microrred contenga cargas que produzcan armónicos, la intensidad intercambiada con el sistema de potencia sea senoidal. Por ello, frente a los sistemas conocidos, el presente sistema consigue una optimización cualitativa basada en compensar las componentes armónicas de la intensidad de forma que el sistema de potencia (PS) vea a la microrred como una carga senoidal equilibrada.

El sistema es aplicable a una vivienda sin/con producción de energía ni sistemas de almacenamiento o a una microrred industrial y también se puede utilizar con grupos de viviendas en las que las cargas están conectadas a redes de datos distintas, como ocurre en bloques de viviendas o urbanizaciones. La optimización cualitativa consiste en compensar las componentes armónicas de la intensidad de forma que el sistema de potencia vea a la red como una carga senoidal equilibrada.

Este sistema optimizador de la demanda energética de microrredes eléctricas puede comprender:

un dispositivo supervisor que contiene el módulo de comunicaciones que mantiene permanentemente conectados los elementos que controlan las TCL, los RES y los ESS, o aquellos presentes en cada microrred; y comprende un programa informático o interfaz donde se gestiona el funcionamiento del sistema de control y donde el usuario supervisor programa y establece sus parámetros de funcionamiento en cada momento;

un dispositivo optimizador que comprende un microprocesador con un programa informático o algoritmo que calcula diariamente la secuencia "on/off" y la temperatura que debe seguir cada TCL, en función de los datos de tarifa eléctrica y los meteorológicos previstos para el día siguiente y en función de los parámetros de funcionamiento establecidos por la persona supervisora a través de la interfaz; y un módulo de control telemático que se encarga de garantizar que la temperatura de las TCL siga la secuencia de temperatura establecida por el algoritmo del punto anterior; y una pluralidad de sensores de temperatura e interruptores que conecten y desconecten las TCLs;

un inversor que se encarga de transmitir a las cargas AC y/o a la red eléctrica la energía generada en los RES (si la microrred contiene RES); de compensar las componentes armónicas de la intensidad consumida por las cargas, de forma que el PS vea a la microrred como una carga senoidal equilibrada, donde esta función del inversor se lleva a cabo si la microrred contiene RES y/o ESS, aunque no contenga TCL sino solo cargas no controlables; y donde el inversor suministra la componente no senoidal de la intensidad requerida por las cargas, de forma que, desde el sistema de potencia, la microrred se ve como una carga lineal que consume una intensidad sinusoidal.

un convertidor DC/DC (convertidores en adelante) por cada RES existente en la microrred, que controla el modo de funcionamiento de la RES, distinguiendo entre su funcionamiento en el punto de máxima potencia (maximum power point) en adelante MPP, o manteniendo una reserva determinada de potencia activa; y donde el modo de funcionamiento viene determinado por los parámetros establecidos por la persona supervisora y por los elementos contenidos en la microrred.

Entrando en un mayor detalle de la invención, el dispositivo supervisor comprende una tarjeta microprocesadora con una interfaz en la que el dueño/gestor de la microrred puede establecer el modo de funcionamiento del sistema (participando o no en el PSC). Ese parámetro junto con la composición de la microrred determina los parámetros de funcionamiento de cada componente del sistema. La interfaz también permite seguir el funcionamiento del sistema, ya que puede mostrar u obtener los valores de los distintos sensores y actuadores de cada uno de los componentes del sistema y que, como se detallan a continuación, pueden ser:

- Valores de las temperaturas de los distintos espacios controlados por las TCLs.
- Estados de esas TCLs, ya sea conectada/desconectada;
- Valor de la tensión del bus de continua.
- Valor de los distintos tipos de potencia (activa y reactiva) intercambiadas con el PS.
- Valores de la potencia activa generada por las distintas RES.
- Valores de los parámetros que evalúan la calidad de la onda en la intensidad intercambiada por la microrred y el PS.

Por su parte, como se ha adelantado previamente, el módulo de comunicaciones mantiene permanentemente conectados a todos los componentes del sistema, ya sea el inversor, los convertidores y/o el dispositivo optimizador.

Por su parte, el inversor tiene una estructura interna que comprende un inversor de onda completa constituido por al menos cuatro transistores bipolares de puerta aislada o

"transistores IGBT" con diodo transistor, que es un elemento o etapa de potencia; un circuito generador de las órdenes de disparo de la etapa de potencia anterior, basado en el funcionamiento de un chip dotado de un tiempo de respuesta menor al de la propia etapa de potencia; un filtro LC como circuito acondicionador de la onda de salida de la etapa de potencia; un módulo de medida del valor eficaz de la tensión de salida; un módulo de medida de la tensión de entrada; donde la interfaz comprende dos algoritmos distintos de generación de señal de referencia: uno de ellos genera una señal senoidal de 230 V eficaces y 50 Hz sin necesidad de sincronización con el PS dado que es el que se usa para generar las señales de disparo de los IGBTs cuando el inversor trabaja como fuente de tensión aislado del PS; y otro algoritmo que genera una señal variable y que depende de la intensidad requerida por las cargas de la microrred, de la siguiente forma: se genera una señal formada por las componentes armónicas de la intensidad requerida por las cargas de la microrred y cuyo valor eficaz fundamental varíe de forma que se mantenga constante la tensión del bus de continua al que estará conectado el inversor, donde esa segunda señal esta sincronizada con la tensión del PS; de modo que el inversor presenta la ventaja frente a cualquier tecnología conocida de que el módulo de control produce una onda que es la suma de una onda solenoidal y los armónicos contenidos en la intensidad de carga.

En cuanto a los convertidores, estos son convertidores DC/AC que comprenden unos "boost" (elevadores de tensión) y que comprenden una tarjeta microcontroladora y un interfaz con los que se generan señales de disparo del IGBT de forma que un RES funciona según los parámetros establecidos en la interfaz. Además, estos convertidores comprenden también un sensor de intensidad que mide la generada por el sistema RES y otro sensor de tensión que mide la tensión de trabajo del mismo; y también comprenden una herramienta informática o algoritmo de control que calcula la tensión y la intensidad a la que tiene que trabajar el sistema RES.

En cuanto al dispositivo optimizador del consumo, este comprende dos programas de control complementarios, el primero que calcula la secuencia óptima de temperatura para cada espacio controlado por TCL, dependiendo del objetivo global para el optimizador que se haya impuesto en la interfaz y de la tarifa eléctrica, la irradiancia, la temperatura ambiente y la nubosidad previstas para el día siguiente, y también calcula la secuencia "on/off" (encendido/apagado) aplicable a cada TCL que logra el perfil anterior; y un segundo programa que se encarga de garantizar que la temperatura de cada espacio controlado por TCL sigue el perfil anterior, de modo que controla la temperatura en cada momento y, si se sobrepasa la temperatura de confort límite, actúa modificando la secuencia on/off

establecida, hasta que la temperatura alcanza la prevista en la secuencia correspondiente.

Por otro lado, el módulo de comunicaciones del dispositivo de supervisión y control, en unas posibles realizaciones de la invención es tal que está configurado para el acceso a
5 redes de datos seguras que siendo modular y escalable, es conectable con al menos una red segura conectada con una pluralidad de equipos físicos o plantas accesibles en red y una red pública no segura accesible a través de un módulo UI (*UserInterface*, interfaz de usuario) ejecutable en un navegador web y tiene la particularidad de comprender, al menos, un módulo SCRA (*Server to Control the Remote Access*) que es un servidor configurado
10 para controlar el acceso a una red segura con varios conjuntos de equipos físicos o plantas, todos ellos accesibles en red; que también puede sustituir un módulo SCRA por un módulo CPD (*Cloud Publishing Device*) que es un dispositivo electrónico configurado para conectarse a una red segura con acceso a equipos físicos convergentes que constituyan un conjunto o planta; y configurado para solicitar la publicación en un módulo CPS
15 (*CloudPublishing Server*) es un servidor configurado para hacer visible desde la red pública no segura las solicitudes de publicación realizadas por el módulo o por los módulos CPD.

La presente invención permite que una microrred funcione también sin participar en el PSC, estableciendo como tensión de consigna del bus de continua el valor máximo soportado
20 por el ESS, en caso de que exista. Además, los RES funcionarían en su respectivo MPP y el optimizador del consumo funcionaría minimizando la factura de energía eléctrica (EB) si no existe ESS, o minimizando el consumo en caso contrario.

En este sentido, el solicitante no conoce ningún dispositivo que pueda hacer que una microrred funcione participando o no en el PSC (a elección de su gestor)
25 independientemente de los elementos que la compongan, algo que es propuesto en la presente invención. Y tampoco se conoce un sistema aplicado a microrredes que, además, funcione como filtro activo de potencia siempre que la microrred funcione conectada al PS y que además consiga que el inversor gestione la conexión/desconexión de la microrred con el PS. Además, frente a cualquier sistema conocido en el estado de la técnica, el campo
30 de actuación de la presente invención no se limita a edificios residenciales, sino que funciona también en instalaciones empresariales o industriales con alguno de los elementos TCL/RES/ESS.

Se ha de tener en cuenta que, a lo largo de la descripción y las reivindicaciones, el término
35 “comprende” y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas o elementos adicionales.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Con el objeto de completar la descripción y de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se presenta un juego de figuras y dibujos en donde con carácter
 5 ilustrativo y no limitativo se representa lo siguiente:

Figura 1.- Muestra el esquema del sistema optimizador objeto de la presente invención cuando la microrred comprende TCLs, un RES y un ESS, por tanto comprende un dispositivo supervisor (1), un dispositivo optimizador (4), un inversor (2), y unos
 10 convertidores (3); estando estos últimos conectados con un bus (5) común de corriente continua DC; y donde a ese bus está conectado un inversor, que se encarga de suministrar potencia a las cargas, de intercambiar energía con el PS, de compensar las componentes armónicas de la intensidad de carga y de gestionar la conexión/desconexión del PS; donde el inversor está a su vez conectado con el PS y con las cargas; y donde la microrred
 15 comprende TCL representando las cargas residenciales y las industriales.

Figura 2.- Muestra el esquema del sistema optimizador para el caso en que la microrred esté formada por RES y ESS.

20 Figura 3.- Muestra el esquema del sistema optimizador para el caso en que la microrred esté formada por TCL y RES.

Figura 4.- Muestra el esquema del sistema optimizador para el caso en que la microrred esté formada por cargas, entre las que destacan las TCL, como es son las cargas de
 25 viviendas y edificios convencionales actuales.

Figura 5.- Muestra el esquema del sistema optimizador para el caso en que la microrred esté formada por RES.

30 Figura 6.- Muestra un esquema de la optimización cualitativa del consumo de la microrred, donde unas cargas (cargas AC) se conectan al PS. Estas cargas producen armónicos que hacen que la intensidad que consumen no sea sinusoidal (i_{carga}). Conectando un convertidor DC/AC entre el PS y las cargas, este convertidor puede generar la parte no sinusoidal de la intensidad requerida por las cargas (i_{inv}), de forma que la intensidad requerida por el
 35 conjunto de ambos dispositivos, y que tiene que suministrar el PS, sea sinusoidal (i_{SP}), y donde el elemento está representado una herramienta informática de funcionamiento (F)

controlada por su correspondiente herramienta informática de control (C) a la que le llegan continuamente los valores de las tensiones e intensidades necesarias para su correcto funcionamiento

5 DESCRIPCIÓN DE UNOS MODOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

Tal y como se puede observar en el juego de figuras anterior, a continuación, se detallan unos posibles modos de realización del sistema objeto de la invención.

- 10 Concretamente, en la Fig.1 se muestra el sistema funcionando en una microrred completa, que comprende TCL, RES y ESS, donde los RES y los ESS están conectados a un bus (5) común de corriente continua a través de sendos convertidores (3). El inversor (2) también está conectado a ese bus DC, hace de interfaz con el PS y suministra potencia a las cargas. En este caso, el sistema comprende
- 15 un dispositivo supervisor (1) que contiene el módulo de comunicaciones que mantiene permanentemente conectados los elementos que controlan las TCL, los RES y los ESS, o aquellos presentes en cada microrred; y comprende un programa informático o interfaz donde se gestiona el funcionamiento del sistema de control y donde el usuario supervisor programa y establece sus parámetros de funcionamiento en cada momento;
- 20 un dispositivo optimizador (4) que comprende un microprocesador con un programa informático o algoritmo que calcula diariamente la secuencia "on/off" y la temperatura que debe seguir cada TCL, en función de los datos de tarifa eléctrica y los meteorológicos previstos para el día siguiente y en función de los parámetros de funcionamiento establecidos por la persona supervisora a través de la interfaz; y un módulo de control
- 25 telemático que se encarga de garantizar que la temperatura de las TCL siga la secuencia de temperatura establecida por el algoritmo del punto anterior; y una pluralidad de sensores de temperatura e interruptores que conecten y desconecten las TCLs;
- un inversor (2) que se encarga de transmitir a las cargas AC y/o a la red eléctrica la energía generada en los RES; de compensar las componentes armónicas de la intensidad consumida por las cargas, de forma que el PS vea a la microrred como una carga senoidal equilibrada; y donde el inversor suministra la componente no senoidal de la intensidad requerida por las cargas, de forma que, desde el sistema de potencia, la microrred se ve como una carga lineal que consume una intensidad sinusoidal, y que gestiona las conexiones/desconexiones de la microrred y el PS; y
- 30 unos convertidores (3) por cada RES existente en la microrred, que controlan el modo de funcionamiento de las RES, distinguiendo entre su funcionamiento en el MPP, o
- 35

manteniendo una reserva determinada de potencia activa; y donde el modo de funcionamiento viene determinado por los parámetros establecidos por la persona supervisora y por los elementos contenidos en la microrred.

- 5 En la Figura 2 se muestra otro posible ejemplo de realización donde hay sistema en el que la microrred está formada por RES y ESS; por tanto, comprende un dispositivo supervisor (1); un inversor (2) y unos convertidores (3) por cada RES existente en la microrred, y donde los RES y los ESS están conectados a un bus (5).
- 10 La Figura 3 muestra un ejemplo de realización del invento donde hay un sistema en el que la microrred está formada por TCL y RES; por tanto, comprende un dispositivo supervisor (1); un dispositivo optimizador (4) para el TCL, un inversor (2) y unos convertidores (3) por cada RES existente en la microrred.
- 15 La Figura 4 muestra otro ejemplo de posible realización del invento donde del sistema optimizador para el caso en que la microrred esté formada por cargas, entre las que destacan las TCL, como es son las cargas de viviendas y edificios convencionales actuales.

Finalmente, la Figura 5 muestra un ejemplo de realización del invento donde hay sistema optimizador para el caso en que la microrred esté formada por RES.

Como se puede observar, la presente invención, frente a las tecnologías conocidas en el estado del arte, se puede aplicar no solo a edificios residenciales como es conocido hasta la fecha, sino a cualquier tipo de microrred industrial que contenga TCL/RES/ESS, incluso si esos elementos están conectados a distintas redes de datos.

En este sentido, las funciones de los convertidores (3) son las siguientes: mantener a cada RES trabajando en su MPP o con una reserva de potencia activa, en función del modo de funcionamiento establecido por el dispositivo supervisor (1); desconectar la RES del bus (5) de continua si la tensión en el mismo sube con respecto a la tensión de consigna por encima de un valor que también establecerá el dispositivo supervisor; y también es establecida por el dispositivo supervisor la tensión del bus de continua en función del modo de funcionamiento.

Con respecto al inversor (2), sus funciones dependen de si la microrred está conectada al PS o no y son los siguientes:

- si la microrred está conectada al SP. En este caso, el inversor funciona como fuente de intensidad y sus objetivos son: inyectar potencia a las cargas y/o al SP, para lo que trabajará como fuente de intensidad, manteniendo la tensión del bus (5) de continua en el valor establecido por el dispositivo supervisor (1); compensar los armónicos de la intensidad requerida por las cargas de forma que la intensidad intercambiada por la red y el PS sea senoidal, esto es, funciona como filtro activo de potencia; permanecer atento a la tensión del PS para pasar a funcionar como fuente de tensión en el caso de su desconexión.
- si la microrred no está conectada al SP. En este caso, el inversor funciona como fuente de tensión y sus objetivos son: suministrar potencia a las cargas de la microrred; desconectarse cuando la tensión del bus (5) de continua suba o baje con respecto a la tensión de consigna por encima del valor establecido por el dispositivo supervisor; permanecer atento a la señal del PS para sincronizar y conectarse cuando éste esté disponible.

Con respecto al dispositivo optimizador del consumo (4), es el encargado de controlar el funcionamiento de las TCL en el caso de que existan en la microrred, como se ha descrito arriba.

A continuación, se describe el funcionamiento general en función de los parámetros establecidos por el dispositivo supervisor (1), donde este establece si se participa en el PSC o no.

En caso de que el dispositivo supervisor (1) establezca que no se participa en el PSC.

- A) La microrred está formada por uno o varios edificios con cargas entre las que se encuentran varias TCL, todas conectadas a una misma red de datos o a redes de datos distintas. En este caso, el dispositivo optimizador (4) calcula el perfil de temperaturas que disminuye la factura de energía eléctrica (EB) para cada una de las TCL y la secuencia de “on/off” de los equipos térmicos correspondientes. Ese cálculo es realizado diariamente por el dispositivo optimizador a partir de un modelo de cada TCL, los datos de irradiancia, temperatura, nubosidad y de la tarifa de energía eléctrica del día siguiente. Antes de comenzar el día en cuestión, ya se tiene la secuencia a seguir. A partir de ahí, el dispositivo optimizador se dedica únicamente a vigilar que las temperaturas de las TCL no se desvíen de la de consigna más allá de un valor determinado por el dispositivo supervisor. Nótese

que, en este caso, la microrred tiene que estar continuamente conectada al PS y si se produce un cero de tensión, el dispositivo optimizador (4) no puede hacer más que esperar que se corrija. Este ejemplo de realización corresponde con el presentado en la Figura 4.

5

B) La microrred está formada por cargas, entre las que se encuentran las TCL y además por uno o varios RES. El funcionamiento con respecto a las TCL es el descrito previamente, salvo que en el cálculo de la secuencia “on/off” de las TCL, el dispositivo optimizador (4) tiene en cuenta el perfil de producción de las RES. La no participación de la microrred en el PSC impone que las RES trabajen en todo momento en su MPP. El inversor (2), que funciona en estas circunstancias como fuente de intensidad, actúa, además de inyectando la potencia producida por las RES en el PS, como filtro activo de potencia, compensando los armónicos producidos por las cargas conectadas a la red de forma que la intensidad a la entrada de la red y que debe proporcionarle el PS, es sinusoidal. En caso de fallo del PS, el convertidor (3) pasa a funcionar como fuente de tensión, usando la potencia generada en las RES para abastecer a las cargas, mientras sea posible. Este ejemplo de realización corresponde con el presentado en la Figura 3.

10

15

20

C) Si la microrred está formada solo por RES, su funcionamiento en el caso de no participación en el PSC sería el descrito en el caso anterior sin la parte correspondiente a las TCL. Este ejemplo de realización corresponde con el presentado en la Figura 5.

25

D) Cuando la microrred está formada por cargas TCL, RES y ESS, como el ejemplo de realización de la Figura 1, en este caso, el perfil de temperaturas calculado para las TCL por el dispositivo optimizador (4) varía porque ya no se trata de disminuir la EB sino de disminuir el consumo total de las mismas. Aparte de eso, el funcionamiento del dispositivo optimizador (4) del consumo es el mismo que en los puntos anteriores. En una microrred que contenga estos elementos y sin participación en el PSC, la tensión en el bus (5) de continua será la máxima soportable por el ESS para mantenerlo siempre cargado. Los RES trabajan siempre en su MPP. En este caso, se abren dos posibilidades de funcionamiento:

30

1.D.1. Con la microrred siempre conectada al PS. El inversor (2) funciona como fuente de intensidad y como filtro activo de potencia compensando los armónicos de las cargas. Si se produce un cero de tensión, el convertidor (3)

35

pasa a funcionar como fuente de tensión, mientras la batería pueda suministrar la potencia necesaria, o sea, mientras la tensión en el bus (5) de continua permanezca por encima de su valor mínimo. Si se alcanza esa tensión, el inversor (2) corta el suministro hasta que vuelva a subir o vuelva la señal del SP. Si sucede esto segundo, el convertidor (3) sincroniza y pasa a funcionar de nuevo como fuente de intensidad y filtro activo de potencia.

1.D.2. Con la microrred aislada y conectando una vez al día para reponer la carga del ESS. En este caso, el inversor (2) funciona como fuente de tensión. El dispositivo supervisor (1) determina el momento diario de conexión con el PS de forma que éste es en horas valle en el caso de que el ESS necesite ser recargado y en horas punta en caso contrario. Durante el tiempo de conexión con el PS, el inversor funciona como fuente de intensidad y como filtro activo de potencia si tiene que inyectar potencia a la red o como rectificador si tiene que tomarla.

E) Si la microrred está formada por RES/ESS, como la mostrada en la Figura 2, con un funcionamiento como el descrito en el punto anterior sin la parte correspondiente a las TCL.

El dispositivo supervisor (1) establece que sí se participa en el PSC.

F) Un ejemplo de realización en un sistema como el que se muestra en la Figura 4. El funcionamiento del dispositivo supervisor (1) con respecto a las TCL es el descrito en el punto A; sin embargo, además de eso, el dispositivo supervisor permanece atento a las instrucciones del operador del PS (*power system operator*), en adelante PSO. En caso de que el PSO requiera una disminución del consumo o aumento de la generación, el dispositivo optimizador (4) desconecta todas las TCL, que van conectándose conforme vayan alcanzando la temperatura de no confort y permanecen en “on” hasta alcanzar la temperatura correspondiente a ese instante del perfil de temperaturas de consigna establecido el día anterior. Si el PSO necesita un aumento del consumo, el dispositivo optimizador (4) conecta todas las TCL. A partir de ahí, el funcionamiento del sistema es análogo al explicado anteriormente en el punto A, donde la microrred tiene que estar continuamente conectada al PS.

G) La microrred está formada por cargas TCL y por RES, como en el ejemplo de

realización de la Figura 3. El funcionamiento con respecto a las TCL es el descrito en el punto anterior, salvo que en el cálculo de la secuencia “on/off” de las TCL, el dispositivo optimizador (4) tiene en cuenta el perfil de producción de las RES. Las RES trabajan en un punto determinado, distinto del MPP de forma que puedan aumentar o disminuir la generación según los requerimientos del PSO. El comportamiento de las TCL con respecto al PSO sigue siendo el descrito en el punto anterior. El inversor (2), que funciona en estas circunstancias como fuente de intensidad, actúa, además de inyectando la potencia producida por las RES en el PS, como filtro activo de potencia, compensando los armónicos producidos por las cargas conectadas a la red de forma que la intensidad a la entrada de la red y que debe proporcionarle el PS serán sinusoidal. En caso de fallo del PS, el convertidor (3) pasa a funcionar como fuente de tensión, usando la potencia generada en las RES para abastecer a las cargas, mientras sea posible.

H) El control descrito en el punto anterior se puede aplicar, ignorando lo relativo a las TCL a una microrred formada únicamente por RES, como la mostrada en la Figura 5.

I) Cuando la microrred está formada por cargas TCL, RES y ESS, en este caso, el dispositivo optimizador (4) calcula el perfil de temperaturas de las TCL que minimice su consumo (y no la EB). Aparte de eso, el funcionamiento del dispositivo optimizador es el mismo que en los apartados anteriores. En una microrred que contenga estos elementos participando en el PSC, la tensión en el bus (5) de continua es la nominal del ESS para que pueda aumentar y disminuir la generación eléctrica a requerimiento del PSO. Los RES trabajan siempre en su MPP. En este caso, se abren dos posibilidades de funcionamiento:

1.1.1. Con la microrred siempre conectada al PS. El inversor (2) funciona como fuente de intensidad y como filtro activo de potencia compensando los armónicos de las cargas. Si el PSO necesita disminuir el consumo o aumentar la generación, la tensión de consigna del bus (5) de continua pasa a ser la mínima soportable por el ESS, hasta que desaparezca la necesidad. En caso contrario, esa tensión de continua pasa a ser la máxima soportable por el ESS. Si se produjera un cero de tensión, el inversor (2) pasa a funcionar como fuente de tensión, mientras la batería pueda suministrar la potencia necesaria, o sea, mientras la tensión en el bus (5) de continua permanezca por encima de su valor mínimo. Si se alcanzase esa tensión, el inversor (2) corta el

suministro hasta que vuelva a subir o vuelva la señal del SP. Si sucede esto segundo, el inversor (2) sincroniza y pasa a funcionar de nuevo como fuente de intensidad y filtro activo de potencia.

- 5 1.1.2. Con la microrred aislada y conectando una vez al día para reponer la carga del ESS. En este caso, el inversor (2) funciona como fuente de tensión. El dispositivo supervisor (1) determina el momento diario de conexión con el PS de forma que éste será en horas valle cuando el ESS necesite ser recargado y en horas punta en caso contrario. Durante el tiempo de conexión con el PS, el inversor (2) funciona como fuente de intensidad y como filtro activo de potencia si tiene que inyectar potencia a la red o como rectificador si tiene que tomarla. En este caso, a requerimiento del PSO, el dispositivo supervisor conecta la red y funciona para disminuir o aumentar el consumo, según lo requiera el PSO.
- 10
- 15 J) El control descrito en el apartado anterior se puede aplicar a una microrred formada por RES/ESS, como la presentada en la Figura 2, si se ignora lo relativo a las TCL.

REIVINDICACIONES

- 1.- Sistema optimizador de demanda energética de microrredes eléctricas, con el que se gestiona el intercambio de potencia con el sistema de potencia (PS) y participa en el control potencia/frecuencia del sistema de potencia (PSC), comprendiendo la microrred al menos un elemento seleccionado de entre cargas térmicas controlables (TCL), sistemas de generación de energía renovable (RES), sistemas de almacenamiento de energía (ESS) o una combinación de ellos; que se caracteriza por que comprende un dispositivo supervisor (1) que está en conexión con al menos un elemento seleccionado de entre un inversor (2), un convertidor (3) y un dispositivo optimizador (4); donde el dispositivo supervisor (1) comprende un módulo de comunicaciones que mantiene conectados los elementos presentes en la microrred, y comprende un programa informático o interfaz de gestión del sistema y donde un usuario supervisor programa y establece unos parámetros de funcionamiento, y donde el dispositivo supervisor establece si se participa o no en el PSC;
- donde el dispositivo optimizador (4) es un elemento de gestión de los TCL; y donde el inversor (2) es un elemento de gestión de los RES y/o ESS, donde el convertidor (3) es un elemento de gestión de los RES, estando los RES y los ESS conectados a un bus (5) común de corriente continua.
- 2.- Sistema optimizador de demanda energética de microrredes eléctricas, según la reivindicación 1, donde el módulo de comunicaciones del dispositivo supervisor (1) es conectable con al menos una red segura conectada con una pluralidad de equipos físicos o plantas accesibles en red y una red pública no segura accesible a través de un módulo UI (*UserInterface, interfaz de usuario*) ejecutable en un navegador web, y comprende, al menos, un módulo seleccionado de entre un módulo SCRA (*Server to Control the Remote Access*) configurado para controlar el acceso a una red segura con varios conjuntos de equipos o plantas, todos ellos accesibles en red; un módulo CPD (*Cloud Publishing Device*) conectado a una red segura con acceso a equipos físicos convergentes que constituyan un conjunto o planta; y configurado para solicitar la publicación en un módulo CPS (*CloudPublishing Server*) configurado para hacer visible desde la red pública no segura las solicitudes de publicación realizadas por el módulo o por los módulos CPD.
- 3.- Sistema optimizador de demanda energética de microrredes eléctricas, según la reivindicación 1, donde el inversor (2) tiene una estructura interna que comprende un inversor de onda completa constituido por al menos cuatro transistores bipolares de puerta

aislada o "transistores IGBT" con diodo transistor, que es un elemento o etapa de potencia; un circuito generador de las órdenes de disparo de la etapa de potencia anterior, basado en el funcionamiento de un chip dotado de un tiempo de respuesta menor al de la propia etapa de potencia; un filtro LC como circuito acondicionador de la onda de salida de la etapa de potencia; un módulo de control que regula los distintos parámetros de la señal de salida; un módulo de medida del valor eficaz de la tensión de salida; un módulo de medida de la tensión de entrada; y un módulo de seguimiento de control de operación.

4.- Sistema optimizador de demanda energética de microrredes eléctricas, según la reivindicación 3, donde la interfaz comprende dos algoritmos distintos de generación de señal de referencia: uno de ellos genera una señal senoidal de 230 V eficaces y 50 Hz sin necesidad de sincronización con el PS; y otro algoritmo que genera una señal variable y que depende de la intensidad requerida por las cargas de la microrred.

5.- Sistema optimizador de demanda energética de microrredes eléctricas, según la reivindicación 1, donde los convertidores (3) son convertidores DC/DC que comprenden unos elevadores de tensión, una tarjeta microcontroladora y al menos una herramienta informática o interfaz, y, al menos, un sensor de intensidad que mide la intensidad generada por cada RES y otro sensor de tensión que mide la tensión de trabajo de ese RES.

6.- Sistema optimizador de demanda energética de microrredes eléctricas, según la reivindicación 5, donde hay una herramienta informática de gestión del funcionamiento del RES, y una herramienta informática de control que calcula la tensión y la intensidad a la que tiene que trabajar el RES.

7.- Sistema optimizador de demanda energética de microrredes eléctricas, según la reivindicación 1, donde el dispositivo optimizador (4) comprende un microprocesador con dos programas informáticos o interfaces en conexión con al menos un sensor y/o actuador ubicado en cada TCL del sistema, donde el primer programa calcula la secuencia de encendido/apagado de cada TCL y el segundo controla en cada momento la temperatura de cada TCL.

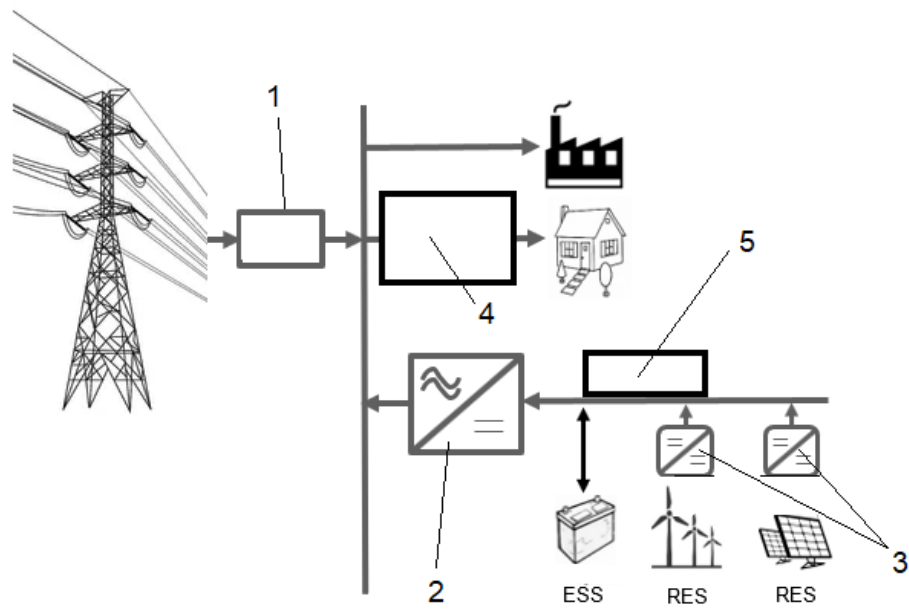


FIG.1

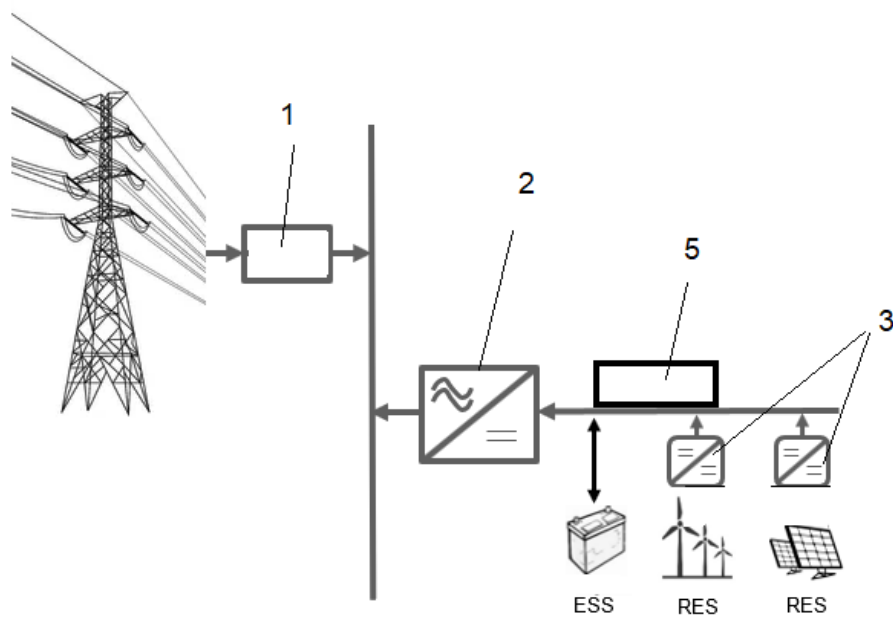


FIG.2

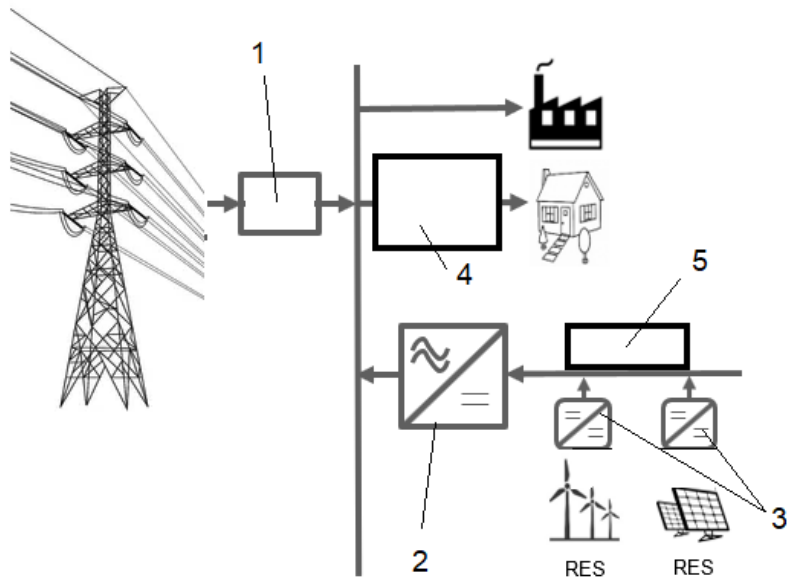


FIG.3

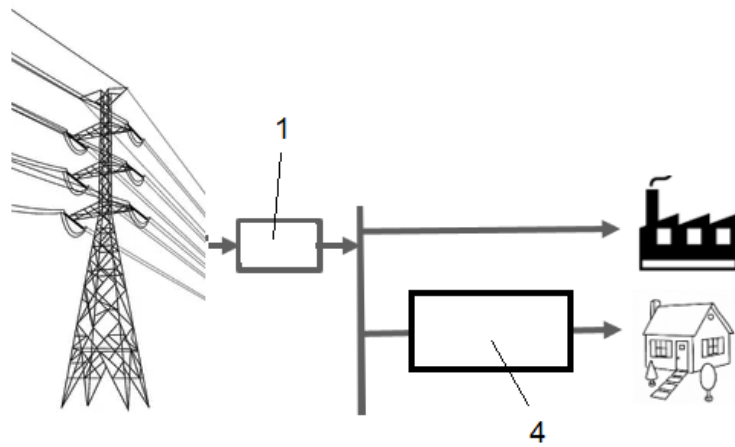


FIG.4

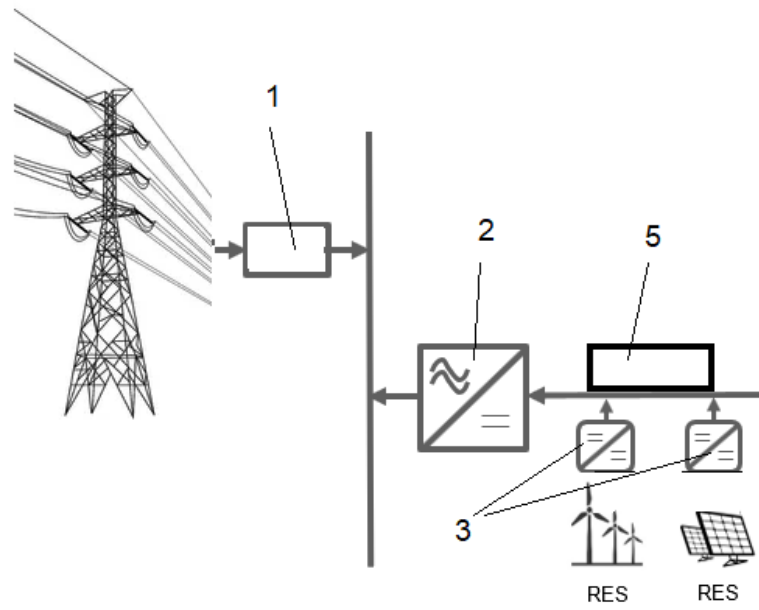


FIG.5

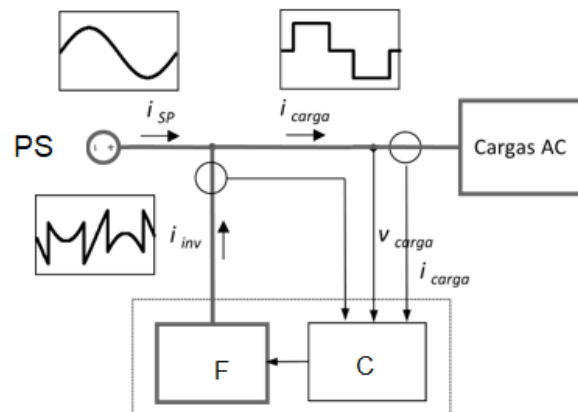


FIG.6



- ②① N.º solicitud: 202230562
②② Fecha de presentación de la solicitud: 23.06.2022
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	JOUDA, MOHAMMED SAID; KAHRAMAN, NIHA: "Optimized Control and Power Sharing in Microgrid Network". 2019 7th International Istanbul Smart Grids and Cities Congress and Fair (ICSG), 25/04/2019, Páginas 129-133 [en línea][recuperado el 10.1109/SGCF.2019.8782374].	1-7
X	ZHANG SIGENG; JI YU; WANG QINYANG; YAO WENXI: "Optimized Control and Power Sharing in Microgrid Network". 2020 IEEE 9th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC2020-ECCE Asia), 29/11/2021, Páginas 693 - 698, <DOI: 10.1109/IPEMC-ECCEAsia48364.2020.9367824>.	1-7
X	MISHRA DEBASHISH; NAYAK PRATAP CHANDRA; PRUSTY RAMESH CHANDRA: "PSO optimized PIDF controller for Load-frequency control of A.C Multi-Islanded-Micro grid system". 2020 International Conference on Renewable Energy Integration into Smart Grids: A Multidisciplinary Approach to Technology Modelling and Simulation (ICREISG), 14/02/2020, Páginas 116 - 121, <DOI: 10.1109/ICREISG49226.2020.9174552>.	1-7
X	POURSAFAR, NOUSHIN; TAGHIZADEH, SEYEDFOAD; HOSSAIN, M. J.; GUERRERO, JOSEP M.: "An Optimized Distributed Cooperative Control to Improve the Charging Performance of Battery Energy Storage in a Multiphotovoltaic Islanded DC Microgrid". IEEE Systems Journal, 03/05/2021, Vol. 16, Páginas 1170 - 1181, ISSN 1932-8184, <DOI: 10.1109/JSYST.2021.3070883>.	1-7

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
18.11.2022

Examinador
L. J. García Aparicio

Página
1/3



- ②① N.º solicitud: 202230562
②② Fecha de presentación de la solicitud: 23.06.2022
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2006276938 A1 (MILLER, C. H.) 07/12/2006, Resumen y figuras.	7
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 18.11.2022	Examinador L. J. García Aparicio	Página 2/3

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G06Q50/06 (2012.01)**H02J3/00** (2006.01)**H02J3/46** (2006.01)

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

G06Q, H02J

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

INVENES, EPODOC