

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 969 669**

21 Número de solicitud: 202230892

51 Int. Cl.:

G01R 31/01 (2010.01)

G01R 31/50 (2010.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

17.10.2022

43 Fecha de publicación de la solicitud:

21.05.2024

71 Solicitantes:

CINERGIA POWER SOLUTIONS, S.L. (100.0%)
Carrer Can Baletes, 7 - Nau A; Polígon El Cros
08310 Argentona (Barcelona) ES

72 Inventor/es:

LOPEZ MESTRE, Joaquim y
BERGE GARCIA, Marta

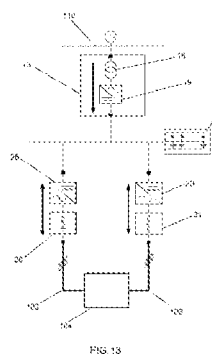
74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **SISTEMA PARA PRUEBA DE PRODUCTOS ELÉCTRICOS EN CIRCUITO CERRADO**

57 Resumen:

Sistema emulador para probar un producto eléctrico (1) en circuito cerrado, que comprende: una primera estructura electrónica de potencia (11) para emular una fuente de tensión, conectable a la entrada del producto eléctrico; una segunda estructura electrónica de potencia (12) para emular una carga electrónica, conectable a la salida del producto eléctrico; un bus de corriente continua (14) conectado entre la primera y la segunda estructura; una fuente de alimentación (13) configurada para conectarse a una red eléctrica general (2) y alimentar el bus; y un módulo de control (10) en comunicación con todos los elementos del sistema; donde una vez conectado el producto eléctrico (1) entre la fuente y la carga emuladas, queda establecido un circuito cerrado en el que la fuente emulada consume potencia del bus (14) para probar el producto y la carga electrónica emulada reinyecta al bus (14) la potencia consumida.



DESCRIPCIÓN

SISTEMA PARA PRUEBA DE PRODUCTOS ELÉCTRICOS EN CIRCUITO CERRADO

5

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere de forma general al campo técnico de los sistemas de prueba de equipamiento eléctrico y, más concretamente, a los sistemas que permiten
10 realizar pruebas eléctricas de diseño, producción o normativas, sobre productos que se conectan a redes eléctricas y que alimentan cargas eléctricas, como por ejemplo cargadores de coche eléctrico o inversores fotovoltaicos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

15 Actualmente, cuando un fabricante crea un producto que tiene que ir conectado a la red eléctrica o a una fuente de tensión de corriente continua (baterías, por ejemplo) necesita, tanto en su proceso de desarrollo como en su posterior proceso de fabricación, una fuente de tensión programable. Con esta fuente de tensión programable se puede someter al nuevo producto a distintas configuraciones que
20 puede presentar la red eléctrica pública (distintas tensiones, distintas frecuencias de red, distintas perturbaciones que se pueden presentar...). Estas pruebas se realizan bien para poder desarrollar un producto que pueda conectarse en distintos países del mundo con redes eléctricas distintas o, por ejemplo, para realizar las pruebas que la normativa eléctrica de cada país exige para poder vender el producto.

25

Por otro lado, si el producto en desarrollo o producción por parte del fabricante es un equipo que alimentará cargas eléctricas, como por ejemplo cargadores de coche eléctrico, SAIs (Sistema de alimentación ininterrumpida), cargadores de baterías, cables eléctricos, cargadores domésticos (móvil, ordenador portátil...), aparata
30 eléctrica (enchufes, magnetotérmicos, fusibles, contadores eléctricos...), inversores fotovoltaicos, transformadores..., para poder someter el producto a sus condiciones nominales de funcionamiento (plena carga) y poder realizar los ensayos de diseño, de producción o normativos que requiera dicho producto, es necesario disponer de una carga eléctrica, en alterna o en continua según cada producto.

35

La carga eléctrica para la realización de pruebas del producto puede ser de tres tipos:
1) El propio producto que van a alimentar en su vida útil: por ejemplo, un coche

- eléctrico en el caso del cargador de coches eléctricos. En este caso haría falta descargar el coche cada vez que se requiera de una nueva prueba; 2) Una carga pasiva que emule el producto que van a alimentar: por ejemplo, unas resistencias y condensadores que consuman lo mismo que un coche eléctrico. En este caso la energía y potencia necesarias para cada prueba se consumen de la red eléctrica y se queman en las resistencias. Sin embargo, no se pueden emular todo tipo de cargas con cargas pasivas pues un coche eléctrico, por ejemplo, hace todo un proceso de carga de su batería y no tiene un consumo constante. Otras cargas son no lineales y no se pueden emular con elementos pasivos. 3) Una carga electrónica regenerativa: este equipo consume la misma potencia y energía que cualquier producto eléctrico mediante electrónica de potencia. Puede reproducir el consumo de un coche eléctrico, una casa, un edificio, o lo que se requiera. La potencia y energía que consume la reinyecta a la red eléctrica que está conectada y por lo tanto el consumo eléctrico de la prueba en global se puede reducir aproximadamente en un 80%.
- 15 Lo anterior resulta en los tres casos posibles para la realización de pruebas que se representan en las figuras 1-3 y describen a continuación.

La **figura 1** representa un caso A) de prueba en condiciones reales del producto. En este caso el Fabricante pone el producto **1** en las mismas condiciones que el usuario final va a utilizar. El producto de prueba **1** conectado a la misma red eléctrica **2** y a la misma carga real **3**. En el caso por ejemplo del cargador de coche eléctrico se conectaría a la red eléctrica pública y a un coche eléctrico real. En este caso el fabricante solo puede probar una situación de red y carga. Se hace muy complejo o imposible disponer de todas las posibles redes o realizar las perturbaciones eléctricas que exige la normativa eléctrica, así como tener todas las posibles cargas que el usuario podría conectar al producto. En el ejemplo del cargador de coche eléctrico el fabricante necesita disponer de las distintas redes de los distintos países, así como de todos los modelos de coche eléctrico del mercado. En este caso a nivel energético la prueba requiere de toda la potencia nominal del producto, así como el consumo eléctrico total en energía.

La **figura 2** representa un caso B) de prueba en condiciones emuladas mediante una fuente de tensión programable **4** (intercalada entre la red eléctrica **2** y el producto de prueba **1**) y componentes pasivos **5** en carga. En este caso el fabricante pone el producto en las mismas condiciones que el usuario final pero emulando tanto la fuente como la carga. La emulación de la fuente se realiza mediante una fuente programable

que permite poner las distintas situaciones de tensión, frecuencia, etc... que pueden aparecer al usuario final del producto, así como realizar perturbaciones para los ensayos normativos requeridos en cada producto. La carga eléctrica se realiza mediante plataformas de cargas pasivas que emulan la carga final del producto. Sin embargo, no se pueden emular todo tipo de cargas con cargas pasivas, ya que por ejemplo un coche eléctrico, hace todo un proceso de carga de su batería y no tiene un consumo constante. Otras cargas son no lineales y no se pueden emular con elementos pasivos. En este caso a nivel energético la prueba requiere de toda la potencia nominal del producto, así como el consumo eléctrico total en energía.

10

La **figura 3** representa un tercer caso C) de prueba en condiciones emuladas mediante fuente de tensión programable y carga electrónica en carga. En este caso el fabricante pone el producto en las mismas condiciones que el usuario final, pero emulando electrónicamente la fuente y la carga. Es decir, entre la red eléctrica **2** y el producto de prueba **1**, se intercala una fuente programable **4** y, a su vez, entre el producto de prueba **1** y la red eléctrica **2** se intercala una carga electrónica **6**. Así, se pueden hacer las pruebas con las condiciones de red eléctrica que se requiera en cada momento y también reproducir cualquier tipo de carga lineal o no, estática o cambiante, que reproduzca todo el proceso que el producto final va a realizar con el usuario, así como los ensayos normativos que se requieran. Es un tipo de ensayo mucho más completo que los casos A y B y mucho más dinámico, alcanzando ensayos que los otros métodos A y B no permiten. En este caso a nivel energético, la prueba requiere de toda la potencia nominal del producto, instalación eléctrica y apartada de potencia nominal. A nivel energético si la carga electrónica es regenerativa sólo consume de la compañía eléctrica las pérdidas de los equipos, pudiendo obtenerse una reducción de consumo en energía aproximada del 80%. Dicha reducción se debe en que tanto la fuente programable **4** como la carga electrónica **6** se consideran con un rendimiento del 90% y por lo tanto tienen un 10% de pérdidas cada una (un 20% en total). Este 20% es el que finalmente se consume de la compañía eléctrica (un 80% menos que en los casos A y B).

30

El estado del arte ofrece por tanto soluciones diversas para la prueba de equipos eléctricos, que varían en sus cifras de eficiencia y rendimiento, las cuales son un reto constante que empuja a una continua búsqueda de soluciones más eficientes que permitan principalmente ahorrar energía. En ese sentido, cualquier pequeño avance en este campo es un gran reto técnico y logro tecnológico.

35

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION

Con objeto de aportar una solución de mayor eficiencia energética a las citadas anteriormente en el estado del arte de los sistemas de prueba y medida de equipamiento de potencia, donde los equipamientos que van conectados a una red eléctrica (alterna o continua) y alimentan algún sistema o carga eléctricos, precisan de un sistema que reproduzca tanto las fuentes como las cargas a las que dicho equipamiento se va a conectar en funcionamiento, la presente invención propone, en un primer aspecto, un sistema emulador para probar un producto eléctrico en circuito cerrado que comprende:

- 10 - una primera estructura electrónica de potencia para emular una fuente de tensión conectable a la entrada del producto eléctrico a probar;
- una segunda estructura electrónica de potencia para emular una carga electrónica conectable a la salida del producto eléctrico a probar;
- un bus de corriente continua conectado entre la primera estructura y la segunda
- 15 estructura;
- una fuente de alimentación configurada para conectarse a una red eléctrica general y alimentar el bus de corriente continua; y
- un módulo de control conectado con todos los elementos del sistema;

20 donde una vez conectado el producto eléctrico a probar entre la primera estructura y la segunda estructura, queda establecido un circuito cerrado en el que la primera estructura consume potencia del bus para probar el producto eléctrico y la segunda estructura reinyecta al bus la potencia consumida.

25 La fuente de alimentación se contempla que proporcione al bus de corriente continua una cantidad de potencia que compensa un desequilibrio entre la potencia consumida del bus y la potencia reinyectada al bus. Así, ventajosamente, se equilibra el balance energético del sistema aportando una cantidad de potencia mínima, que se reduce únicamente a las pérdidas por el efecto calor inherentes a cualquier sistema.

30

En una de las realizaciones de la invención, el sistema comprende una carcasa envolvente que aloja en su interior el resto de elementos. Así, ventajosamente, se proporcionan todas las funcionalidades del sistema en único equipo, con las ventajas que supone en el ahorro de espacio y materiales.

35

De acuerdo a una de las realizaciones de la invención, la fuente de alimentación es una fuente unidireccional que comprende un transformador de aislamiento y un bloque fuente AC/DC. Así, ventajosamente, se proporciona una fuente de alimentación sin elementos activos (semiconductores controlados) ni filtros de entrada.

5 Específicamente el bloque fuente AC/DC, se contempla que implemente una tipología a seleccionar entre rectificador de diodos, rectificador de tiristores o fuente conmutada.

De acuerdo a una de las realizaciones de la invención, el bus de corriente continua comprende una pluralidad de condensadores de alta capacidad conectados en serie-
10 paralelo. Alternativamente, para los casos en que los productos de prueba, o equipos bajo test, requieren una entrada aislada eléctricamente de su salida, como por ejemplo sucede al testear un inversor fotovoltaico, se contempla intercalar un convertidor DC/DC aislado a alta frecuencia en el bus de corriente continua, dividiendo así dicho bus de corriente continua funcionalmente en dos buses aislados eléctricamente entre
15 ellos.

En una de las realizaciones de la invención, la primera estructura electrónica de potencia es una estructura bidireccional en potencia configurada para emular una fuente de tensión en corriente alterna, que comprende un inversor DC/AC conectado
20 en serie con un filtro de salida. Alternativamente, se contempla que la primera estructura electrónica de potencia implemente una estructura bidireccional en potencia configurada para emular una fuente de tensión en corriente continua, que comprende un convertidor DC/DC conectado en serie con un filtro de salida. Así, ventajosamente, se puede escoger en cada caso un equipo dedicado específicamente a las
25 condiciones de corriente alterna o corriente continua de un producto y prueba específica.

Opcionalmente, se contempla también en una realización, que la primera estructura electrónica de potencia es una estructura bidireccional en potencia configurada para
30 emular una fuente de tensión, que además comprende un selector de modo configurado para seleccionar entre corriente alterna o corriente continua. Así, ventajosamente, se proporciona en un mismo equipo un sistema válido para ambos casos posibles de corriente alterna o corriente continua que puede requerir un producto de prueba.

35

En una de las realizaciones de la invención, la segunda estructura electrónica de potencia es una estructura bidireccional en potencia, configurada para emular una

carga electrónica en corriente alterna, que comprende un inversor DC/AC conectado en serie con un filtro de salida inductivo. Alternativamente, se contempla que la segunda estructura electrónica de potencia sea una estructura bidireccional en potencia, configurada para emular una carga electrónica en corriente continua, que
5 comprende un convertidor DC/DC conectado en serie con un filtro de salida inductivo. Así, ventajosamente, se puede escoger en cada caso un equipo dedicado específicamente a las condiciones de corriente alterna o corriente continua de un producto y prueba específica.

10 Opcionalmente, se contempla también en una realización, que la segunda estructura electrónica de potencia es una estructura bidireccional en potencia configurada para emular una carga electrónica, que además comprende un selector de modo configurado para seleccionar entre corriente alterna o corriente continua. Así, ventajosamente, se proporciona en un mismo equipo un sistema válido para ambos
15 casos posibles de corriente alterna o corriente continua que puede requerir un producto de prueba.

El módulo de control, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, comprende una fuente de alimentación propia, un procesador central, un módulo de
20 comunicaciones y un módulo de interfaz.

De acuerdo a todo lo anterior, la presente invención implica varios efectos ventajosos frente al estado del arte, entre los que se encuentra principalmente la posibilidad de realizar el mismo tipo de ensayos con una reducción del número de equipos
25 necesarios. Es decir, el estado del arte como mínimo requiere de dos equipos para realizar cualquiera de las pruebas habituales para un producto eléctrico, específicamente un primer equipo conectado a la entrada del producto a probar y un segundo equipo conectado a la salida del producto a probar. En contraste, el sistema de la presente invención permite usar solo un equipo para hacer las pruebas tanto de
30 fuente eléctrica como de carga eléctrica, integrando ambas funciones en una ingeniosa configuración. Esta reducción de equipos e integración de todas las funciones del proceso en un solo equipo presenta, aparte de la reducción del espacio necesario para los ensayos, las ventajas de reducir la potencia y energía necesarias para realizar los ensayos en la instalación del usuario, pudiendo llegar dicha reducción
35 al 90% en potencia y al 50% en energía. Adicionalmente, las instalaciones y aparamenta eléctrica necesarias para realizar ensayos de altas tensiones y potencias

se simplifican enormemente, ya que una red eléctrica monofásica de baja potencia es suficiente para alimentar el sistema de la presente invención ante cualquier tipo de ensayo.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Como parte de la explicación de al menos una forma de realización preferente de la presente invención, se incluyen las siguientes figuras, en donde con carácter ilustrativo y no limitativo se representa lo siguiente:

10 La **figura 1** (estado del arte) muestra el estado del arte para un caso de prueba en condiciones reales de un producto eléctrico.

La **figura 2** (estado del arte) muestra el estado del arte para un caso de de prueba en condiciones emuladas mediante una fuente de tensión programable y componentes pasivos en carga.

15 La **figura 3** (estado del arte) muestra el estado del arte para un caso de prueba en condiciones emuladas mediante fuente de tensión programable y carga electrónica en carga.

La **figura 4** representa funcionalmente el sistema de la presente invención.

20 La **figura 5** representa los bloques funcionales del módulo de prueba de la presente invención.

La **figura 6** representa en diagramas de bloques una realización de la fuente de alimentación del bus de la presente invención.

La **figura 7** representa en diagramas de bloques una realización del bus de corriente continua de la presente invención.

25 La **figura 8** representa en diagramas de bloques una realización alternativa del bus de corriente continua con aislamiento.

La **figura 9** muestra dos realizaciones alternativas (caso AC y caso DC) de la estructura emuladora de fuente de tensión siguiendo una configuración de inversor fuente de tensión.

30 La **figura 10** muestra dos realizaciones alternativas (caso AC y caso DC) de la estructura emuladora de carga electrónica siguiendo también una configuración de inversor.

La **figura 11** muestra un esquema de bloques funcionales que representan al módulo de control.

35 La **figura 12** (estado del arte) muestra un ensayo de un equipo trifásico de potencia, como podría ser un cargador de coche eléctrico, con equipos del estado del arte.

La **figura 13** muestra el mismo ensayo propuesto en la figura 12 pero con el sistema de circuito cerrado de la presente invención.

La **figura 14** muestra un ejemplo de aplicación práctica de la presente invención.

- 5 Las referencias usadas en las figuras se enumeran a continuación:
1. Producto de prueba
 2. Red eléctrica
 3. Carga real
 - 10 4. Fuente de tensión programable
 5. Componentes pasivos en carga
 6. Carga electrónica
 7. Módulo de prueba de la presente invención
 10. Módulo de control
 - 15 11. Estructura electrónica de potencia para emulación de fuente de tensión
 12. Estructura electrónica de potencia para emulación de carga electrónica
 13. Fuente de alimentación del bus
 14. Bus de corriente continua
 15. Potencia de salida del sistema de la presente invención
 - 20 16. Potencia de entrada del sistema de la presente invención
 17. Potencia de pérdidas compensadas desde la red eléctrica por la fuente de alimentación del bus
 18. Transformador de aislamiento
 19. Bloque fuente AC/DC
 - 25 20. Condensadores de alta capacidad
 21. Convertidor DC/DC aislado a alta frecuencia
 22. Bus aislado
 23. Bus aislado
 24. Fuente de tensión en corriente alterna AC
 - 30 25. Fuente de tensión en corriente continua DC
 26. Inversor DC/AC
 27. Convertidor DC/DC
 28. Filtro de salida
 29. Inversor DC/AC
 - 35 30. Convertidor DC/DC
 31. Filtro de salida
 32. Bloque de adaptación analógica

- 33. Bloque de adaptación de excitaciones
- 34. Fuente de alimentación del módulo de control
- 35. Procesador central
- 36. Módulo de comunicaciones
- 5 37. Módulo de interfaz
- 38. Cargador de vehículo eléctrico
- 39. Conexión de entrada del cargador
- 40. Conexión de salida del cargador
- 41. Emulador de red eléctrica AC trifásica
- 10 42. Emulador carga electrónica AC trifásica
- 43. Red monofásica 230V
- 100. Emulador de red (estado del arte)
- 101. Carga electrónica (estado del arte)
- 102. Red de alimentación estándar Europa
- 15 103. Red emulada
- 104. Cargador de coche eléctrico (estado del arte)
- 105. Convertidor trifásico (estado del arte)
- 106. Bus (estado del arte)
- 107. Inversor de salida (estado del arte)
- 20 108. Filtro de salida (estado del arte)
- 109. Bus (estado del arte)
- 110. Red monofásica de baja potencia

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

25 Se describe a continuación, y con apoyo en las figuras, una realización detallada del sistema de prueba de productos eléctricos en circuito cerrado de la presente invención.

La **figura 4** representa funcionalmente el sistema de la presente invención, intercalando entre la red eléctrica **2** y el producto de prueba **1** un único módulo de prueba **7** que combina las funcionalidades de fuente programable y de carga electrónica regenerativa. La configuración resultante de la conexión directa del módulo de prueba **7** con el producto de prueba **1** es un circuito cerrado, donde la mayor parte de la potencia nominal del producto de prueba que se consume, es reutilizada en bucle gracias al circuito cerrado de esta configuración. El equilibrio energético no es perfecto en condiciones reales, ya que suelen estimarse una pérdidas aproximadas del 10% que derivan en un rendimiento estimado de los equipos alrededor del 90%. Por lo

tanto, a pesar de que existan ciertas pérdidas, los resultados son al menos un 50% más eficientes que los obtenidos por la mejor de las configuraciones conocidas en el estado del arte para pruebas en condiciones emuladas mediante fuente de tensión programable y carga electrónica en carga, donde para el mismo rendimiento estimado del 90% para los equipos, las pérdidas serían de al menos un 20%. Por tanto, la configuración eléctrica que resulta de la presente invención es especialmente ventajosa en cuanto a su eficiencia energética.

La **figura 5** baja un punto el nivel de detalle en el módulo de prueba **7** para representar con más detalle sus bloques funcionales. Principalmente el sistema comprende dos partes diferenciadas funcionalmente: una parte de control, que comprende básicamente un módulo de control **10**, y una parte de potencia que comprende a su vez, tres grandes bloques generales resumidos en: estructura electrónica de potencia para emulación de fuente de tensión **11**, estructura electrónica de potencia para emulación de carga electrónica **12** y estructura electrónica de potencia para alimentación del sistema a partir de la red eléctrica formada por una fuente de alimentación del bus **13** y correspondiente bus de corriente continua **14**. Entre las estructuras de emulación de la fuente de tensión **11** y emulación de la carga electrónica **12** es donde se conecta el producto de prueba **1**. En esta configuración, el sistema de la presente invención hace que la potencia de la prueba fluya entre el módulo de prueba **7** y el producto de prueba **1** saliendo de la estructura que emula la fuente de tensión **11** y entrando otra vez por la estructura que emula la carga electrónica **12**. De esta manera la energía para alimentar el producto de prueba o equipo bajo test es la misma que entra como carga. Con esto el balance energético entre la potencia de salida **15** y la potencia de entrada **16** está prácticamente equilibrado, es decir, ambas potencias **15**, **16** son casi iguales. La diferencia entre la potencia de salida **15** y la potencia de entrada **16** a la carga son las pérdidas de las estructuras que emulan la fuente de tensión **11** y la carga electrónica **12**, así como las del producto de prueba **1** o equipo bajo test. Ésta diferencia (normalmente el 10% de la potencia aportada) es la energía **17** que aporta la fuente de alimentación **13** del bus de corriente continua **14** para compensar las pérdidas.

La **figura 6** muestra una realización de la fuente de alimentación del Bus **13**, la cual es unidireccional, es decir, la potencia y la energía solo fluyen en la dirección de la red eléctrica **2** hacia el bus de corriente continua **14**. Se incluye un transformador **18** para tener el equipo aislado de la red eléctrica si el ensayo lo requiere y, a continuación, se dispone un bloque fuente AC/DC **19**. La tipología específica del bloque fuente se

selecciona entre las tipologías habituales, como por ejemplo un rectificador de diodos, rectificador de tiristores o fuente conmutada. La función principal de la fuente de alimentación del bus **13** es mantener la tensión del bus **14** a un valor fijo y apto para el buen funcionamiento de las estructuras emuladoras de fuente de tensión **11** y carga electrónica **12**. La fuente de alimentación del Bus **13** absorbe energía de la red eléctrica en forma de corriente alterna, (AC) y la transforma en una tensión de corriente continua (DC) que inyecta en el bus **13**. Dado que la tensión, frecuencia y configuración de entrada para el sistema varían en función de la red eléctrica de cada país, la fuente de alimentación del bus **13** está diseñada para adaptarse a esas distintas circunstancias de tensión (por ejemplo 100V/115V/120V/127V/230V/295V), frecuencia (por ejemplo 50 Hz o 60 Hz) y configuración (por ejemplo monofásico, trifásico o split phase), para mantener una misma tensión DC constante en el Bus, por ejemplo entre 700-900V.

La **figura 7** muestra una realización del bus de corriente continua **14**, el cual está compuesto por un bloque de condensadores **20** de alta capacidad conectados en serie-paralelo. Una de las funciones principales es aportar estabilidad a la tensión y permitir las perturbaciones que se puedan presentar de los desequilibrios transitorios producidos durante las pruebas. El bus de corriente continua **14** está conectado directamente con las estructuras emuladoras de fuente de tensión **11** y carga electrónica **12**, con lo se consigue un flujo de potencia automático sin necesidad de utilizar elementos activos, mejorando por tanto la eficiencia del sistema.

Cuando la estructura emuladora de fuente de tensión **11** suministra potencia al producto de prueba **1** o equipo bajo test, consume esa potencia del bus **14**, haciendo instantáneamente que la tensión del bus baje. Inmediatamente la estructura emuladora de carga electrónica **12** inyecta la misma potencia que se ha consumido al bus **14** (una vez que ya ha pasado por el producto de prueba o equipo bajo test) haciendo subir instantáneamente la tensión del bus **14**. Esta bajada y subida de tensión debido a los flujos de potencia se compensa en cuestión de micro segundos, dejando el bus **14** sin variación de tensión y, por lo tanto, de potencia.

Como en la práctica los sistemas no son ideales, las pérdidas del sistema eléctrico hacen que parte de la energía eléctrica que circula se transforme en calor. Las pérdidas en forma de calor hacen que la potencia que se consume del bus **14** por parte de la estructura emuladora de fuente **11** sea un poco mayor que la que inyecta la estructura emuladora de carga **12**. Esto hace que el balance en el bus **14** no se anule completamente y, por lo tanto, la tensión del bus **14** tienda a bajar. Esta bajada de

tensión es la que tiene que compensar la fuente de alimentación del bus **13**, que absorbe energía de la red eléctrica **2** y la inyecta al bus **14** para equilibrarlo con una tensión constante, compensando así el desequilibrio entre fuente y carga emuladas que causan las pérdidas.

5

La **figura 8** muestra una realización alternativa del bus de corriente continua con aislamiento. Previendo que los productos de prueba o equipos bajo test requieran una entrada aislada eléctricamente de su salida, como por ejemplo sucede al testear un inversor fotovoltaico, el bus de de continua intercala un convertidor DC/DC **21** aislado a alta frecuencia para generar en la práctica dos buses **22, 23** aislados entre ellos. Así, en función del tipo de ensayo a realizar, las conexiones de los dos buses **22** y **23** variarán entre una primera configuración, en la que la fuente de alimentación del bus **13** y la estructura emuladora de fuente de tensión **11** se conectan al primer bus **22**, mientras que la estructura emuladora de carga electrónica **12** se conecta al segundo bus **23**; y una segunda configuración en la que la fuente de alimentación del bus **13** y la estructura emuladora de carga electrónica **12** se conectan al primer bus **22**, mientras que la estructura emuladora de fuente **11** se conecta al segundo bus **23**.

La **figura 9** muestra dos alternativas (caso AC y caso DC) de la estructura emuladora de fuente de tensión **11** siguiendo una configuración de inversor fuente de tensión. El inversor fuente de tensión reproduce, partiendo de una tensión continua fija, por ejemplo de unos 700-900V, una red eléctrica con las características que el usuario programe (tensión, frecuencia, contenido armónico, desfase, perturbaciones...). Se contempla entonces tanto la emulación de una fuente de tensión en corriente alterna AC **24**, como una fuente de tensión en corriente continua DC **25**. De acuerdo a diferentes realizaciones de la invención, la estructura emuladora de fuente de tensión **11** comprende circuitería para emular una sola de las dos opciones (AC o DC), o para emular ambas opciones (AC y DC), de manera que se proporciona adicionalmente un selector de modo para elegir AC o DC en el mismo equipo, según interese al usuario y las características del producto a probar. El emulador de fuente se compone de dos partes, un inversor **26** DC/AC en el caso de emulación de fuente de tensión de corriente alterna **24** (que en el caso de emulación de una fuente de tensión en corriente continua DC **25** es un convertidor **27** DC/DC) y a continuación un filtro de salida **28**. Tanto el Inversor **26** DC/AC como el convertidor **27** DC/DC están implementados mediante tecnología conmutada, siendo ambos bidireccionales en potencia. El filtro de salida **28** adapta la tensión sintetizada por los elementos

conmutados del inversor **26** o convertidor **27** reduciendo su contenido armónico para conseguir los requerimientos de tensión que el usuario precisa para la prueba.

La **figura 10** muestra dos alternativas (caso AC y caso DC) de la estructura emuladora de carga electrónica **12** siguiendo también una configuración de inversor. La estructura emuladora de carga electrónica se conecta al bus de continua con tensión fija en su entrada y a la salida del producto de prueba o equipo bajo test, siendo bidireccional en potencia para poder reinyectar la potencia consumida en el producto de prueba al bus de continua. La estructura emuladora de carga electrónica es, en la práctica, una fuente cuya función principal es consumir (o inyectar) corriente controlada en una fuente de tensión. Esta fuente puede ser en tanto formato AC (corriente alterna) o en DC (Corriente continua). Controlando la corriente que se consume o se inyecta en la fuente de tensión se puede reproducir cualquier carga eléctrica, tanto AC como DC. De acuerdo a diferentes realizaciones de la invención, la estructura emuladora de fuente de carga electrónica **12** comprende circuitería para emular una sola de las dos opciones (AC o DC), o para emular ambas opciones (AC y DC), de manera que se proporciona adicionalmente un selector de modo para elegir AC o DC en el mismo equipo, según interese al usuario y las características del producto a probar. El emulador de carga electrónica **12** se compone de dos partes, un inversor DC/AC **29** (o un convertidor DC/DC **30** en caso de corriente continua) y un filtro de salida **31**. El filtro de salida **31** es predominantemente inductivo para un buen control de la corriente.

La **figura 11** muestra un esquema de bloques funcionales que representan al módulo de control **10**. El módulo de control se encarga de controlar el resto de módulos del sistema, con los que está operativamente conectado para facilitar la recepción de información de cada uno de ellos (como lecturas analógicas, estado de los componentes o alarmas) así como puede enviar las distintas órdenes de control necesarias (como PWM o maniobra). El módulo de control **10** comprende para su funcionamiento cierta circuitería electrónica, la cual está formada en parte por una circuitería digital y, en parte, por una circuitería analógica. La circuitería digital adapta todas las señales digitales habituales (comunicaciones, maniobra de entradas/salidas, memorias externas) para que el procesador central **35** pueda interactuar con ellas, mientras que la circuitería analógica adapta las señales analógicas habituales de los distintos sensores que pueden disponerse en el sistema (sensores de corriente, sensores de tensión, sensores de temperatura....) a los niveles que el procesador

central **35** puede leer. El módulo de control **10** cuenta específicamente con un bloque de adaptación analógica **32** que recoge dicha circuitería analógica, y un bloque de adaptación de excitaciones **33** para adaptar las habituales señales de disparo de los semiconductores de los convertidores e inversores, que se generan desde el procesador central, a los controladores que gobiernan el disparo de cada semiconductor. Por otro lado, el módulo de control tiene su propia fuente de alimentación **34**, configurada para dar alimentación independiente al procesador central **35** con la capacidad computacional para gestionar el sistema. En función del producto de prueba, también puede existir comunicación entre el módulo de control **10** y dicho producto **1**, como por ejemplo en el caso de que se requieran comunicaciones BMS con una batería o utilizar protocolos de carga estándar para automóviles, como CHAdeMO, para lo que el módulo de control está provisto de un módulo de comunicaciones específico **36**. Análogamente, el módulo de control es accesible por el usuario, principalmente para labores de maniobra y funcionamiento desde un módulo específico de interfaz **37**.

Las **figuras 12 y 13** muestran a modo de comparación, una de las realizaciones preferidas de la presente invención frente a la solución equivalente del estado del arte para llevar a cabo el mismo ensayo y en las mismas condiciones.

Concretamente, la **figura 12**, muestra como ejemplo un ensayo de un equipo trifásico de potencia, como podría ser un cargador **104** de coche eléctrico, con equipos del estado del arte. Se necesitarían dos equipos completos, un emulador de red **100** ("Grid Emulator" (GE) en inglés) y una carga electrónica **101** ("Electronic load" (EL) en inglés). Además, actualmente es necesario tener una red (o una parte de la instalación) de la potencia total, con lo que este ejemplo utiliza la alimentación estándar en Europa, una red **102** de 400V trifásica y 50Hz. La red emulada **103** podría imitar a la de cualquier país de interés para la prueba, es decir, podría ajustarse por ejemplo a 380V o a 60 HZ, pero en este caso se mantendrá el supuesto de que la red de interés es la red europea, trifásica a 400V y 50Hz. Aunque en este caso los valores de red (tensión y frecuencia) de la red general y la red emulada coincidan, sigue siendo necesario intercalar el emulador de red, ya que es dónde se van a simular todos los eventos de la prueba, como por ejemplo caídas de tensión transitorias, subidas de tensión transitorias o cambios de frecuencia momentáneos, lo que en general se conoce como *perturbaciones de red* a probar en el equipo. El emulador de red **100** del estado del arte comprende un convertidor trifásico **105** para conectarse a

la red eléctrica pública trifásica de 400V, donde dicho convertidor trifásico, que requiere de un filtrado especial, se conoce como *ActiveFrontEnd* o *AFE*, lo que implica en su funcionamiento elementos activos (semiconductores controlados) de cierta complejidad. El AFE se conecta a un bus **106** que comparte con un inversor de salida **107** y un filtro de salida **108**. El emulador de carga electrónica **101** del estado del arte sigue básicamente la misma configuración que el emulador de fuente, por lo que no se entra aquí en más detalles, salvo destacar de nuevo el funcionamiento del bus **108**, que al igual que en el emulador de red, está configurado para conectar dos convertidores, el AFE y el inversor, de manera que el flujo de potencia siempre va exclusivamente de uno al otro.

En contraste, la **figura 13** muestra el mismo ensayo propuesto en la figura 12 para el cargador **104** de coche eléctrico, pero con el sistema de circuito cerrado de la presente invención, donde los bloques funcionales quedan reducidos prácticamente a la mitad, doblando por tanto la eficiencia. En este caso, la necesidad de potencia de la red de la instalación se reduce drásticamente (hasta un 90%) e incluso posibilita la realización de ensayos de alta potencia trifásicos utilizando solo una red monofásica de baja potencia **110**, concretamente en esta realización basta con usar la red eléctrica pública monofásica de 230V. A la red monofásica de baja potencia **110** se conecta la fuente de alimentación **13** unidireccional, que es un convertidor fuente de alimentación mucho más sencillo que el requerido por el estado del arte y representado en la figura 12, ya que no tiene elementos activos (semiconductores controlados) ni requiere de un filtro a la entrada. Es por tanto, mucho más pequeño y sencillo en cuanto a componentes, control (no tiene) y económico. La fuente **13** está conectada con el bus de corriente continua **14**, que en esta realización concreta garantiza una tensión DC de 850V. En contraste con la realización del estado del arte representada en la figura 12, el bus de corriente continua **14** está configurado para conectar tres convertidores (**19**, **26** y **29**), de forma que aproximadamente un 90% del flujo de potencia fluye entre los dos inversores (**26** y **29**) y el 10% restante, causado por las pérdidas habituales de cualquier sistema, lo aporta la fuente **13** para mantener equilibrado el balance energético entre la entrada y la salida del sistema.

La **figura 14** muestra un ejemplo de aplicación práctica de la presente invención que se refiere a un sistema para hacer los ensayos necesarios para un cargador de vehículo eléctrico tipo *wallbox*. Típicamente, un cargador **38** de vehículo eléctrico de este tipo, tiene dos conexiones de potencia, una conexión **39** de entrada para la red

eléctrica trifásica pública (400V y 24.2KW de potencia) y otra conexión **40** de salida para un coche eléctrico (22KW de potencia). Esta aplicación concreta del sistema de la presente invención requiere una configuración específica de la estructura electrónica de potencia para emulación de fuente de tensión **11** como Emulador de red eléctrica AC trifásica **41** y de la estructura electrónica de potencia para emulación de carga electrónica **12** como carga electrónica AC trifásica **42**. En este caso, el emulador de red **41** reproduce una red de 24.2kW máximos de potencia con distintas tensiones y frecuencias de 50 o 60Hz, según el país donde se quiera vender el cargador. Por otro lado, la carga electrónica **42** tiene que consumir del cargador una corriente trifásica senoidal de la misma forma que lo haría el cargador **38** que llevan incorporado los coches eléctricos. Por tanto, el sistema de la presente invención emula, de acuerdo a la realización de este ejemplo de aplicación, una red trifásica de 400V y 24.2kW de potencia, así como la carga del coche eléctrico trifásica de 22kW de potencia, conectándose únicamente a una red monofásica **43** de 230V y consumiendo 2.2kW de potencia. Es decir, la presente invención, según este ejemplo de aplicación práctica, disminuye en 22kW la potencia que sería necesaria para hacer la misma prueba en condiciones reales del producto y reduce a solo 2.2kW las pérdidas totales del sistema, siendo estas pérdidas compensadas por el flujo de energía que se absorbe de la red monofásica doméstica de 3kW. Además, mejora notablemente los requisitos habituales en el estado del arte que supondrían utilizar instalación eléctrica de una red trifásica de 30kW, en lugar de la mucho más accesible red monofásica doméstica de 3kW.

Los elementos de la presente invención que se describen como “conectados” no deben entenderse exclusivamente como “directamente conectados”, sino que pueden estar directamente conectados o pueden existir otros elementos conectados entre ellos. Por tanto, donde se habla de elementos conectados, puede entenderse que los elementos están comunicados, pero puede ser directamente o a través de otros elementos.

La presente invención no se limita a las realizaciones aquí descritas, sino que otras adicionales quedarán al alcance de un experto partiendo de la presente descripción. En consecuencia, el ámbito de la invención queda definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema emulador para probar un producto eléctrico (1) en circuito cerrado caracterizado por que comprende:

- 5 - una primera estructura electrónica de potencia (11) para emular una fuente de tensión conectable a la entrada del producto eléctrico a probar (1);
- una segunda estructura electrónica de potencia (12) para emular una carga electrónica conectable a la salida del producto eléctrico a probar (1);
- 10 - un bus de corriente continua (14) conectado entre la primera estructura (11) y la segunda estructura (12);
- una fuente de alimentación (13) configurada para conectarse a una red eléctrica general (2) y alimentar el bus de corriente continua (14); y
- un módulo de control (10) conectado con todos los elementos del sistema;

15 donde una vez conectado el producto eléctrico (1) a probar entre la primera estructura (11) y la segunda estructura (12), queda establecido un circuito cerrado en el que la primera estructura (11) consume potencia del bus (14) para probar el producto eléctrico y la segunda potencia (12) reinyecta al bus (14) la potencia consumida.

20 2. Sistema de acuerdo a la reivindicación 1 donde la fuente de alimentación (13) está configurada para proporcionar al bus de corriente continua (14) una cantidad de potencia que compensa un desequilibrio entre la potencia consumida del bus y la potencia reinyectada al bus.

25 3. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores que además comprende una carcasa, donde todos los elementos se alojan en el interior de dicha carcasa.

30 4. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la fuente de alimentación (13) es una fuente unidireccional que comprende un transformador de aislamiento (18) y un bloque fuente AC/DC (19).

5. Sistema de acuerdo a la reivindicación 4 donde el bloque fuente AC/DC (19) comprende una tipología a seleccionar entre rectificador de diodos, rectificador de tiristores o fuente conmutada.

6. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el bus de corriente continua (14) comprende una pluralidad de condensadores de alta capacidad (20) conectados en serie-paralelo.

5

7. Sistema de acuerdo a la reivindicación 6 donde el bus de corriente continua (14) comprende intercalado un convertidor DC/DC (21) aislado a alta frecuencia, que divide en el bus de corriente continua funcionalmente en dos buses aislados eléctricamente entre ellos (22, 23).

10

8. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la primera estructura electrónica de potencia (11) es una estructura bidireccional en potencia configurada para emular una fuente de tensión en corriente alterna (24), que comprende un inversor DC/AC (26) conectado en serie con un filtro de salida (28).

15

9. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1-7 donde la primera estructura electrónica de potencia (11) es una estructura bidireccional en potencia configurada para emular una fuente de tensión en corriente continua (25), que comprende un convertidor DC/DC (27) conectado en serie con un filtro de salida (28).

20

10. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la primera estructura electrónica de potencia (11) es una estructura bidireccional en potencia configurada para emular una fuente de tensión, que además comprende un selector de modo configurado para seleccionar entre corriente alterna (24) o corriente continua (25).

25

11. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la segunda estructura electrónica de potencia (12) es una estructura bidireccional en potencia, configurada para emular una carga electrónica en corriente alterna, que comprende un inversor DC/AC (29) conectado en serie con un filtro de salida inductivo (31).

30

12. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1-10 donde la segunda estructura electrónica de potencia (12) es una estructura bidireccional en potencia, configurada para emular una carga electrónica en corriente continua, que comprende un convertidor DC/DC (30) conectado en serie con un filtro de salida inductivo (31).

35

13. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la segunda estructura electrónica de potencia (12) es una estructura bidireccional en potencia configurada para emular una carga electrónica, que además comprende un selector de modo configurado para seleccionar entre corriente alterna o corriente continua

14. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el módulo de control comprende una fuente de alimentación propia (34), un procesador central (35), un módulo de comunicaciones (36) y un módulo de interfaz (37).

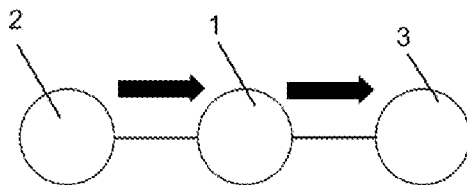


FIG.1 (ESTADO DEL ARTE)

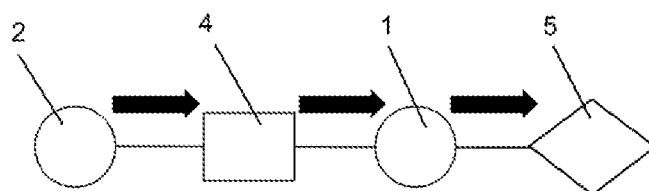


FIG.2 (ESTADO DEL ARTE)

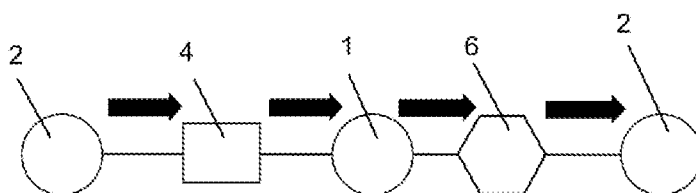


FIG.3 (ESTADO DEL ARTE)

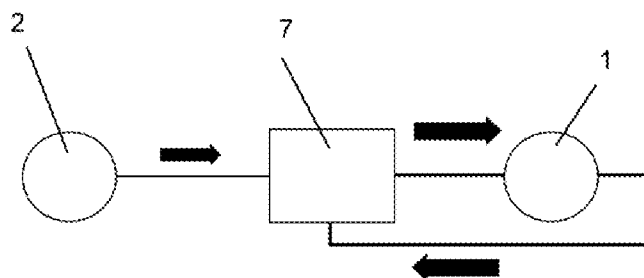


FIG.4

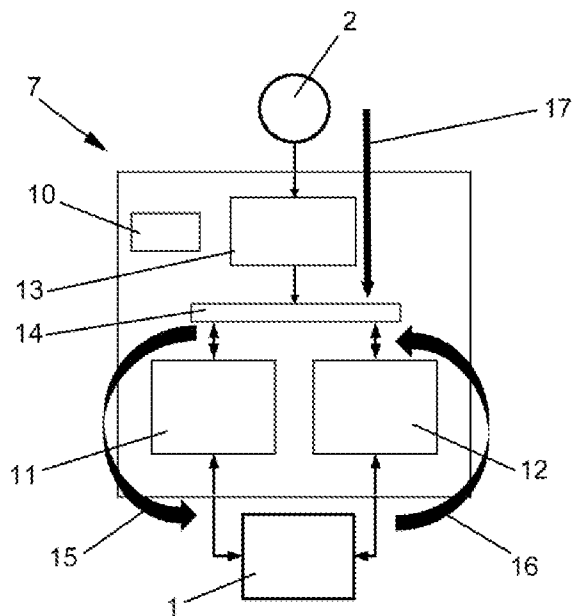


FIG.5

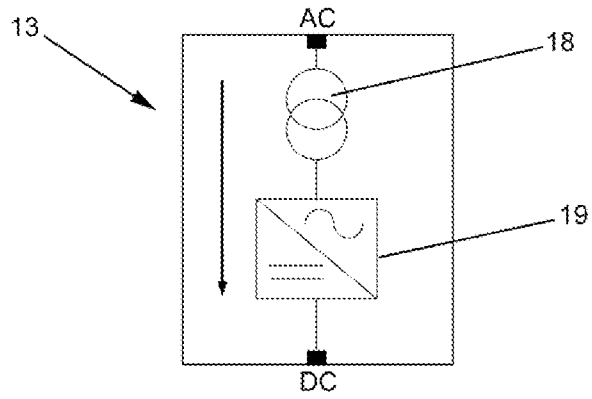


FIG.6

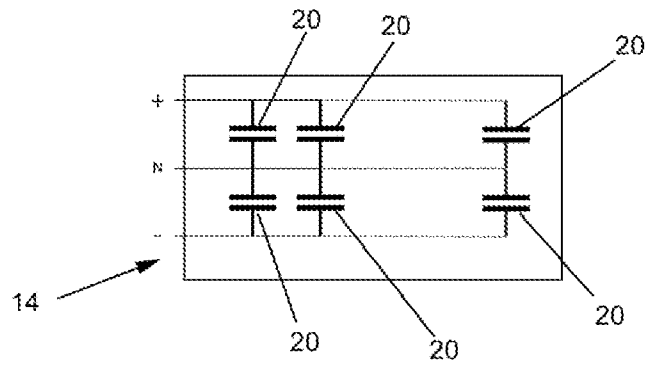


FIG.7

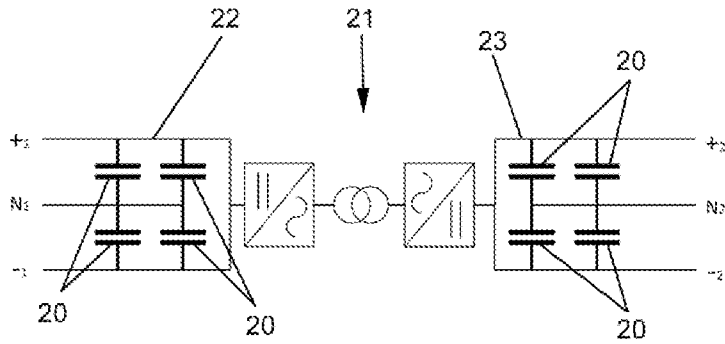


FIG.8

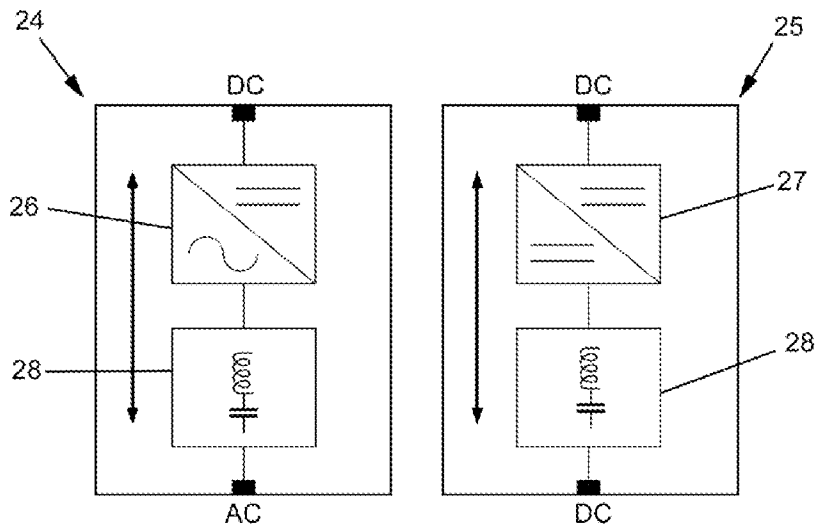


FIG.9

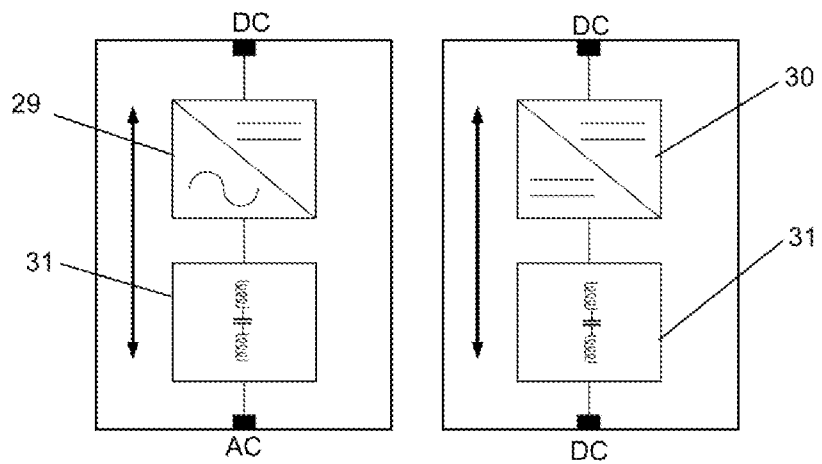


FIG.10

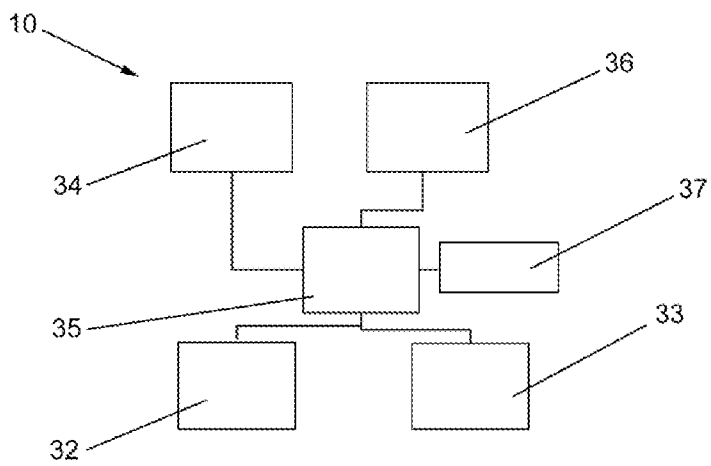


FIG.11

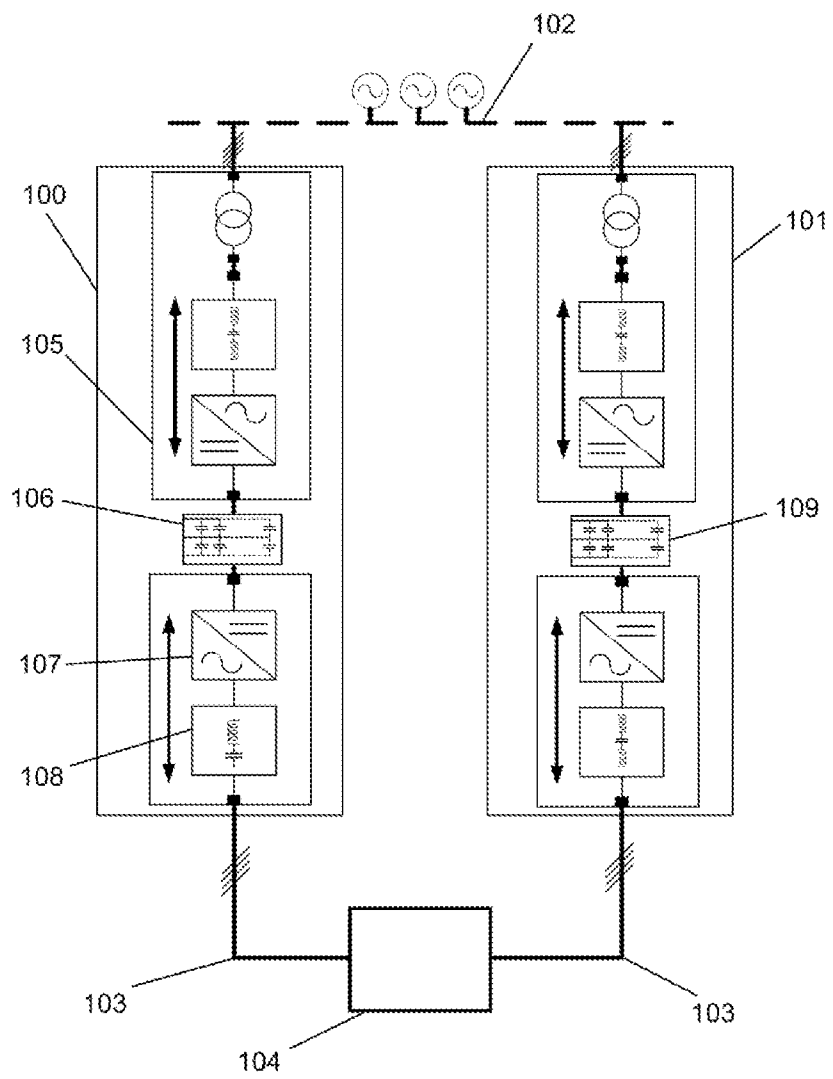


FIG.12 (ESTADO DEL ARTE)

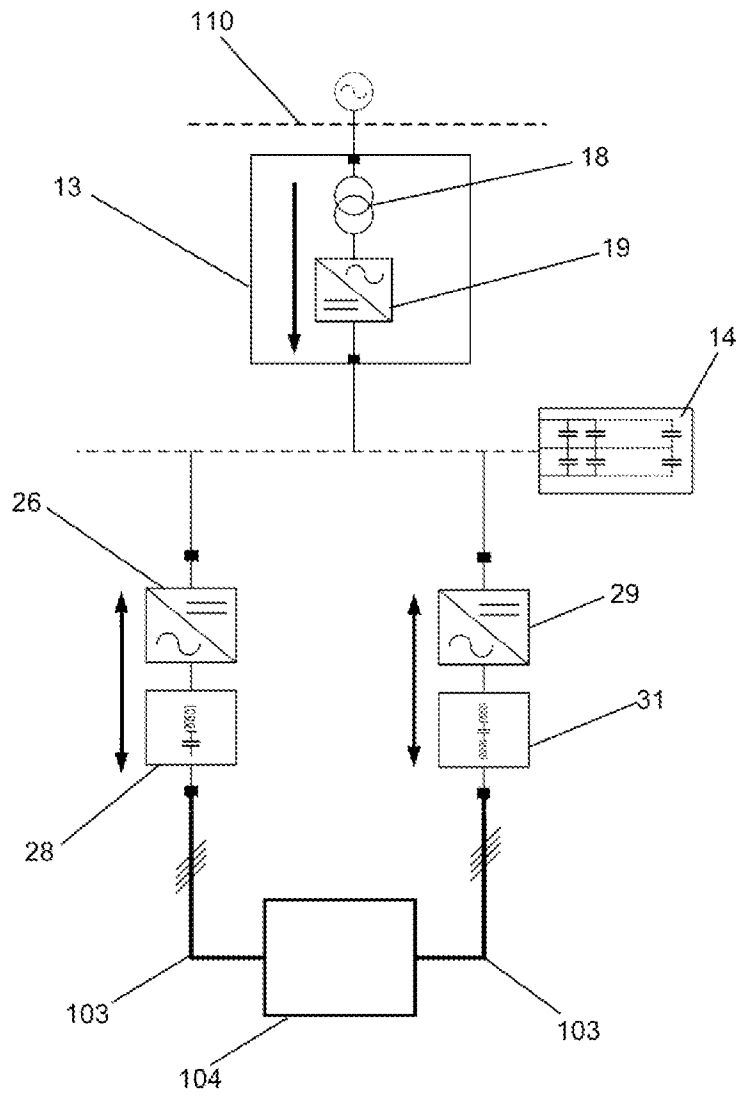


FIG.13

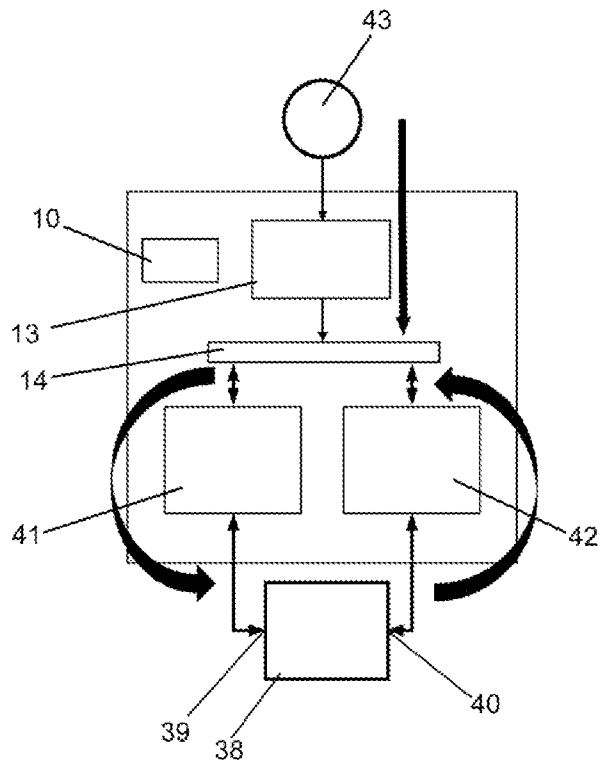


FIG.14



- ① N.º solicitud: 202230892
 ② Fecha de presentación de la solicitud: 17.10.2022
 ③ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. ci.: **G01R31/01** (2020.01)
G01R31/50 (2020.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2014172343 A1 (PELZ, GEORG et al.) 19/06/2014, párrs. [0004-0005, 0029, 0033, 0035, 0036, 0037], figs. 1, 3, 4.	1-14
A	US 2008312855 A1 (MONTI, ANTONELLO et al.) 18/12/2008, párr. [0033].	1-14
A	US 2021242680 A1 (WANG, FEI et al.) 05/08/2021, todo el documento.	1-14
A	SREEJITH, M. R. et al. "Electrical source emulation using modular multilevel converter". 2014 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES), 20141216 IEEE. 16/12/2014, Páginas 1 - 6 [en línea] [recuperado el 20/04/2023], ISSN ISBN 978-1-4799-6372-0; ISBN 1-4799-6372-0, <DOI: doi:10.1109/PEDES.2014.7042022>.	1-14

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
27.04.2023

Examinador
J. Frías López

Página
1/2

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

G01R

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

INVENES, EPODOC, WPI, INTERNET, NPL