

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 004 339**

51 Int. Cl.:

H02J 3/01	(2006.01)
H02J 3/18	(2006.01)
H02J 3/32	(2006.01)
H02J 3/42	(2006.01)
H02J 3/44	(2006.01)
H02J 13/00	(2006.01)
H02J 3/38	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.04.2018 PCT/CN2018/082127**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2019 WO19127969**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2018 E 18893524 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024 EP 3734787**

54 Título: **Sistema de control de microrred y microrred**

30 Prioridad:

28.12.2017 CN 201711458027

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.03.2025

73 Titular/es:

BEIJING ETECHWIN ELECTRIC CO., LTD.
(100.00%)
No.8 Boxing 1st Road
Beijing Economic & Technological Development
Zone Daxing District Beijing 100176, CN

72 Inventor/es:

ZHAO, SHUAIYANG;
LAN, YUNHAI y
QIN, CHENGZHI

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 3 004 339 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de control de microrred y microrred

5 Campo

La presente divulgación se refiere en general a una microrred, y específicamente, a un sistema de control de una microrred, así como a una microrred.

10 Antecedentes

Con el desarrollo de nuevas tecnologías de energía eléctrica, las personas introducen una estructura de microrred para ajustar una red eléctrica externa, lo que es beneficioso para una interconexión del suministro eléctrico distribuido y el acceso a gran escala del suministro eléctrico distribuido a los sistemas de distribución de media y baja tensión. Una microrred es un grupo de unidades de sistema que comprende un dispositivo de control, un dispositivo de almacenamiento de energía, una carga y una micropotencia, para suministrar potencia a la carga. La microrred puede funcionar conectada a una red eléctrica externa o aislada. El documento WO 2017/004125 A1 divulga un sistema de control de una microrred, que incluye un conmutador de conexión de red, un convertidor de potencia, un primer controlador y un segundo controlador, en donde el primer controlador controla la conexión y desconexión del conmutador de conexión de red y envía una primera instrucción de control basada en un estado del sistema de control de la microrred y el segundo controlador recibe la primera instrucción de control del primer controlador y controla el convertidor de potencia en respuesta a la primera instrucción de control.

Sin embargo, una actuación en tiempo real de la microrred existente depende de la velocidad de comunicación y respuesta de los dispositivos aguas abajo, y la estabilidad de operación del sistema de microrred es deficiente y debe mejorarse.

Sumario

Un objeto de la presente divulgación es proporcionar un sistema de control de una microrred y una microrred, que mejoran la estabilidad de operación de la microrred mediante un control jerárquico.

Se proporciona un sistema de control de una microrred, tal y como se define en la reivindicación 1.

Se proporciona una microrred, tal y como se define en la reivindicación 14, que incluye el sistema de control de la microrred descrito anteriormente, una unidad de almacenamiento de energía y una carga.

El sistema de control de la microrred y la microrred de la presente divulgación mejoran la estabilidad de operación de la microrred mediante el control jerárquico, y logran una capacidad de aplicación del 100 % de carga desequilibrada en un estado sin conexión a la red mediante el doble control de bucle cerrado de tensión y corriente.

Breve descripción de los dibujos

Lo anterior y otros objetos, otras características y ventajas serán más claras de acuerdo con las siguientes descripciones detalladas en conjunción con los dibujos, en donde:

la figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de control de una microrred de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la figura 2 es un diagrama de conexión de hardware de un sistema de control de una microrred de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la figura 3 es un diagrama esquemático de la determinación de ángulos de una transformación de coordenadas de rotación de secuencia positiva y una transformación de coordenadas de rotación de secuencia negativa de una tensión de salida y una corriente de salida de un enrutador de energía de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la figura 4 es un diagrama esquemático de la determinación de un valor dado de la componente del eje d de una tensión de salida de secuencia positiva de un enrutador de energía de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la figura 5 es un diagrama esquemático de la determinación de un valor dado de la componente del eje q de una tensión de salida de secuencia positiva de un enrutador de energía de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la figura 6 es un diagrama esquemático de la determinación de componentes de corriente continua de una componente de secuencia positiva y una componente de secuencia negativa de una tensión de salida de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la figura 7 es un diagrama esquemático de la determinación de una potencia activa de salida real y una potencia reactiva de salida real de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la figura 8 es un diagrama esquemático de la determinación de componentes de corriente continua de una

componente de secuencia positiva y una componente de secuencia negativa de una corriente de salida de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la figura 9 ilustra una forma de onda de un experimento de aplicación de una carga desequilibrada en un modo de control VSG de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

5 la figura 10 ilustra una forma de onda de un experimento de arranque en negro de un enrutador de energía de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la figura 11 es un diagrama esquemático de la determinación de un valor dado de componente de tensión de salida de secuencia positiva y un valor dado de componente de tensión de salida de secuencia negativa de un enrutador de energía en un sistema de coordenadas estático de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

10 la figura 12 es un diagrama esquemático de la obtención de un valor determinado de cada tensión armónica de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la figura 13 es un diagrama esquemático de la generación de una onda modulada de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

15 la figura 14 es una forma de onda de un experimento de cambio de un estado sin conexión a la red a un estado conectado a la red de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la figura 15 es un diagrama esquemático de la determinación de un valor dado de componente de tensión de salida de secuencia positiva y un valor dado de componente de tensión de salida de secuencia negativa en un sistema de coordenadas estático en un estado conectado a la red de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

20 la figura 16 es una forma de onda de un experimento de cambio de un estado conectado a la red a un estado sin conexión a la red de acuerdo con una realización de la presente divulgación; y

la figura 17 es un diagrama de bloques de un sistema de microrred de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

25 Descripción detallada

Varias realizaciones ilustrativas de la presente divulgación se describen detalladamente a continuación junto con los dibujos, y algunas de las realizaciones ilustrativas se ilustran en los dibujos.

30 Un sistema de control de una microrred y una microrred de acuerdo con las realizaciones de la presente divulgación se describen a continuación haciendo referencia a las figuras 1 a 17.

Como se ilustra en la figura 1 y la figura 2, el sistema de control de la microrred de acuerdo con una realización de la presente divulgación incluye un conmutador de conexión de red 100, un primer controlador 200, un segundo controlador 300 y un enrutador de energía 400. El conmutador de conexión de red 100, el primer controlador 200, el segundo controlador 300 y el enrutador de energía 400 se comunican a través de fibras ópticas. Aquí, un protocolo de comunicación por fibra óptica puede ser un protocolo privado personalizado, para maximizar el rendimiento en tiempo real. A modo de ejemplo, la codificación y descodificación de la comunicación por fibra óptica puede realizarse mediante una matriz de puertas programables en campo (FPGA).

40 El primer controlador 200 controla la conexión y desconexión del conmutador de conexión de red 100 y envía una primera instrucción de control basada en un estado del sistema de control de la microrred. El segundo controlador 300 recibe la primera instrucción de control del primer controlador 200 y controla el enrutador de energía 400 en respuesta a la primera instrucción de control.

45 Debe entenderse que, cuando el conmutador de conexión de red 100 está conectado, el sistema de control de la microrred está en un estado de conexión a la red y, cuando el conmutador de conexión de red 100 está desconectado, el sistema de control de la microrred se encuentra en estado de desconexión.

50 Aquí, el segundo controlador 300 incluye un procesador digital de señales (DSP). El segundo controlador 300 puede estar configurado para estar en un modo de control VSG cuando el procesador digital de señales ejecuta un algoritmo VSG, y en un modo de control PQ cuando el procesador digital de señales ejecuta un algoritmo PQ.

55 Debe entenderse que el primer controlador 200 también puede incluir un procesador de señales digitales para aplicar un algoritmo de control.

Preferiblemente, el intercambio de datos puede realizarse mediante la matriz de puertas programables en campo y el procesador digital de señales.

60 En una realización, cuando el conmutador de conexión de red 100 está desconectado, el primer controlador 200 genera una primera instrucción de regulación de frecuencia y una primera instrucción de regulación de tensión basadas en la tensión y la frecuencia reales de la red eléctrica, determina una primera instrucción de potencia activa y una primera instrucción de potencia reactiva basándose en una tensión trifásica de la red eléctrica y una tensión trifásica de la microrred, y toma la primera instrucción de regulación de frecuencia, la primera instrucción de regulación de tensión, la primera instrucción de potencia activa y la primera instrucción de potencia reactiva como primera instrucción de control; el segundo controlador 300 está en el modo de control VSG (generador síncrono virtual).

Es decir, cuando el conmutador de conexión de red 100 está desconectado, el sistema de control de la microrred está en el estado sin red, y el primer controlador 200 toma la primera instrucción de regulación de frecuencia, la primera instrucción de regulación de tensión, la primera instrucción de potencia activa y la primera instrucción de potencia reactiva como primera instrucción de control a enviar. El segundo controlador 300 se encuentra en el modo de control VSG y controla el enrutador de energía 400 en respuesta a la primera instrucción de control recibida.

A continuación, se describe en detalle un proceso de control del primer controlador 200 en el estado sin red.

- 10 El primer controlador 200 determina una amplitud de tensión U_{salidag} de la red eléctrica y una frecuencia angular de la red eléctrica, toma la amplitud de tensión U_{salidag} de la red eléctrica como la primera instrucción de regulación de tensión U_{ref} , y toma la frecuencia angular de la red eléctrica como la primera instrucción de regulación de frecuencia ω_{ref} . Adicionalmente, el primer controlador 200 determina además la frecuencia F_{reqg} de la red eléctrica, la frecuencia F_{reqm} de la microrred y la amplitud de tensión U_{salidam} de la microrred; realiza el ajuste PI (Integral Proporcional) sobre una diferencia entre la frecuencia F_{reqg} de la red eléctrica y la frecuencia F_{reqm} de la microrred y determina la diferencia después del ajuste PI como la primera instrucción de potencia activa P_{ref} , y realiza el ajuste PI sobre una diferencia entre la amplitud de tensión U_{salidag} de la red eléctrica y la amplitud de tensión U_{salidam} de la microrred y determina la diferencia después del ajuste PI como la primera instrucción de potencia reactiva Q_{ref} .
- 15
- 20 Aquí, los dos ajustes PI anteriores simulan procesos de regulación de tensión y regulación de frecuencia de un generador síncrono, haciendo que la amplitud de tensión y la frecuencia emitidas por la microrred sean coherentes con la amplitud de tensión y la frecuencia emitidas por la red eléctrica y haciendo que una fase de tensión emitida por la microrred y una fase de tensión emitida por la red eléctrica sean incoherentes en el estado sin red.
- 25 Preferiblemente, el primer controlador 200 recoge la tensión trifásica de la red eléctrica, calcula la amplitud de tensión U_{salidag} de la red eléctrica, la frecuencia F_{reqg} de la red eléctrica y la fase de tensión Thetag de la red eléctrica a través de un bucle de bloqueo de fase (PLL) de software, y determina un producto de 2π y la frecuencia F_{reqg} de la red eléctrica como la frecuencia angular de la red eléctrica.
- 30 Preferiblemente, el primer controlador 200 recoge la tensión trifásica de la red eléctrica, calcula la amplitud de tensión U_{salidam} de la microrred, la frecuencia F_{reqm} de la microrred y la fase de tensión Thetam de la microrred mediante un bucle de bloqueo de fase por software.

A continuación, se describe en detalle un proceso de control del segundo controlador 300 en el estado sin red.

- 35 El segundo controlador 300 recibe la primera instrucción de regulación de tensión U_{ref} y la primera instrucción de regulación de frecuencia ω_{ref} , y controla el enrutador de energía 400 en respuesta a la primera instrucción de regulación de tensión U_{ref} y la primera instrucción de regulación de frecuencia ω_{ref} , para que la amplitud de tensión y la frecuencia emitidas por la microrred sean coherentes con la amplitud de tensión y la frecuencia emitidas por la red eléctrica.
- 40 Adicionalmente, el segundo controlador 300 recibe la primera instrucción de potencia activa P_{ref} y la primera instrucción de potencia reactiva Q_{ref} , y controla el enrutador de energía 400 en respuesta a la primera instrucción de potencia activa P_{ref} y la primera instrucción de potencia reactiva Q_{ref} , para que el enrutador de energía 400 emita una potencia activa y una potencia reactiva que se ajusten a la carga.
- 45 Tal y como se ilustra en la figura 3, el segundo controlador 300 determina una potencia activa de salida real P_{salida} y una potencia reactiva de salida real Q_{salida} basándose en una tensión de salida del enrutador de energía 400 (es decir, una tensión de salida de la microrred), y determina los ángulos θ de una transformación de coordenadas de rotación de secuencia positiva y una transformación de coordenadas de rotación de secuencia negativa de la tensión de salida y la corriente de salida del enrutador de energía 400 invocando una ecuación de movimiento del rotor y una ecuación de regulación del motor original en combinación con la potencia activa de salida real P_{salida} , la primera instrucción de potencia activa P_{ref} y la primera instrucción de regulación de frecuencia ω_{ref} .
- 50

Como se ilustra en la figura 4 y la figura 5, el segundo controlador 300 determina la componente del eje d y del eje q dados los valores U_{dref} , U_{qref} de la tensión de salida de secuencia positiva del enrutador de energía 400 basándose en la potencia reactiva de salida real Q_{salida} , la primera instrucción de potencia reactiva Q_{ref} y la primera instrucción de regulación de tensión U_{ref} , y establece los valores dados de las componentes del eje d y del eje q de la tensión de salida de secuencia negativa del enrutador de energía 400 como cero.

- 60 Tal y como se ilustra en la figura 6, la figura 7 y la figura 8, el segundo controlador 300 está configurado para: realizar una transformación de coordenadas de rotación de secuencia positiva y una transformación de coordenadas de rotación de secuencia negativa sobre la tensión de salida del enrutador de energía 400 para obtener componentes de secuencia positiva U_{d} , U_{q} y componentes de secuencia negativa U_{dn} , U_{qn} de la tensión de salida; obtener componentes de corriente continua U_{dMuesca} , U_{qMuesca} de las componentes de secuencia positiva U_{d} , U_{q} y componentes de corriente continua U_{dnMuesca} , U_{qnMuesca} de las componentes de secuencia negativa U_{dn} , U_{qn} de la tensión de salida mediante un filtro de muesca; realizar una transformación de coordenadas de rotación de secuencia positiva y una transformación de coordenadas de rotación de secuencia negativa en la corriente de salida del enrutador de energía 400 para obtener
- 65

componentes de secuencia positiva I_d , I_q y componentes de secuencia negativa I_{dn} , I_{qn} de la corriente de salida; obtener componentes de corriente continua $I_{dMuesca}$, $I_{qMuesca}$ de las componentes de secuencia positiva I_d , I_q y componentes de corriente continua $I_{dnMuesca}$, $I_{qnMuesca}$ de las componentes de secuencia negativa I_{dn} , I_{qn} de la corriente de salida mediante un filtro de muesca; calcular una potencia activa instantánea y una potencia reactiva instantánea del enrutador de energía 400 basándose en las componentes de corriente continua $U_{dMuesca}$, $U_{qMuesca}$, $U_{dnMuesca}$, $U_{qnMuesca}$ de la componente de secuencia positiva y la componente de secuencia negativa de la tensión de salida y las componentes de corriente continua $I_{dMuesca}$, $I_{qMuesca}$, $I_{dnMuesca}$, $I_{qnMuesca}$ de la componente de secuencia positiva y la componente de secuencia negativa de la corriente de salida; y pasar la potencia activa instantánea y la potencia reactiva instantánea a través de un filtro de paso bajo (LPF) para obtener la potencia activa de salida real P_{salida} y la potencia reactiva de salida real Q_{salida} .

Preferiblemente, para suprimir la tensión de salida desequilibrada causada por una carga desequilibrada, el segundo controlador 300 está configurado, además, para: pasar las componentes de secuencia positiva U_d , U_q y las componentes de secuencia negativa U_{dn} , U_{qn} de la tensión de salida a través de un filtro de muesca cuya frecuencia central es el doble de la frecuencia de salida, para obtener las componentes de corriente continua $U_{dMuesca}$, $U_{qMuesca}$ de las componentes de secuencia positiva U_d , U_q de la tensión de salida y componentes de corriente continua $U_{dnMuesca}$, $U_{qnMuesca}$ de las componentes de secuencia negativa U_{dn} , U_{qn} de la tensión de salida. La figura 9 es una forma de onda de un experimento de aplicación de una carga desequilibrada en el modo de control VSG de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Tal y como se ilustra en la figura 9, la curva 1 es una tensión de línea U_{ab} emitida por el enrutador de energía 400, la curva 2 es una tensión de línea U_{bc} emitida por el enrutador de energía 400, y las curvas 3, 4, 5 son corrientes trifásicas I_a , I_b , I_c emitidas por el enrutador de energía 400, respectivamente. A partir de la figura 9, se desprende que la solución tecnológica puede controlar la tensión de salida para que esté equilibrada en el estado sin red cuando se aplica una carga desequilibrada, sin que le afecte la carga desequilibrada, verificando así la corrección de los algoritmos de control.

En el presente documento, la potencia activa instantánea puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$1,5 \times (U_{dMuesca} \times I_{dMuesca} + U_{qMuesca} \times I_{qMuesca})$$

donde $U_{dMuesca}$ es la componente de corriente continua del eje d de la componente de secuencia positiva de la tensión de salida, $U_{qMuesca}$ es la componente de corriente continua del eje q de la componente de secuencia positiva de la tensión de salida, $I_{dMuesca}$ es la componente de corriente continua del eje d de la componente de secuencia positiva de la corriente de salida, e $I_{qMuesca}$ es la componente de corriente continua del eje q de la componente de secuencia positiva de la corriente de salida.

La potencia reactiva instantánea puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$1,5 \times (U_{qMuesca} \times I_{dMuesca} - U_{dMuesca} \times I_{qMuesca})$$

Debe entenderse que el segundo controlador 300 pasa la potencia activa instantánea y la potencia reactiva instantánea a través del filtro de paso bajo para obtener la potencia activa de salida real P_{fuera} y la potencia reactiva de salida real Q_{fuera} , mejorando así la estabilidad del modo de control VSG del segundo controlador en el estado sin red.

En el presente documento, la ecuación de movimiento del rotor es:

$$\begin{cases} J \frac{d\omega_{salida}}{dt} = \frac{P_m - P_{salida}}{dt} - D(\omega_{salida} - \omega_{ref}) \\ \frac{d\theta}{dt} = (\omega_{salida} - \omega_{ref}) \end{cases}$$

donde ω_{ref} es la primera instrucción de regulación de frecuencia, ω_{salida} es la frecuencia angular de la tensión de salida, P_{salida} es la potencia activa de salida real, P_m es una potencia mecánica virtual dado el valor del VSG, J es una inercia de rotación virtual, D es un factor de amortiguación virtual, θ es el ángulo de transformación de coordenadas de rotación de secuencia positiva y de transformación de coordenadas de rotación de secuencia negativa de la tensión de salida y de la corriente de salida del enrutador de energía 400.

La ecuación de regulación del motor primario es:

$$P_m = P_{ref} + K_p(\omega_{ref} - \omega_{salida})$$

donde P_{ref} es la primera instrucción de potencia activa, K_p es un coeficiente de diferencia de potencia activa, P_m es la potencia mecánica virtual dado el valor del VSG, que consiste en la primera instrucción de potencia activa y una potencia de ajuste emitida por un regulador virtual en función de una desviación angular de frecuencia, y se proporciona simulando un motor primario de una máquina síncrona mediante una fuente de alimentación distribuida y una unidad de almacenamiento de energía.

La regulación de tensión del segundo controlador 300 en el modo de control VSG consiste en simular una relación de caída de tensión reactiva del generador síncrono para obtener una tensión de salida VSG, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$5 \quad E_{ref} = K_q(Q_{ref} - Q_{salida}) + U_{ref}$$

E_{ref} es la tensión de salida del VSG, U_{ref} es la primera instrucción de regulación de tensión, Q_{ref} es la primera instrucción de potencia reactiva, Q_{salida} es la potencia reactiva de salida real y K_q es un coeficiente de diferencia de potencia reactiva.

10 Para estabilizar una operación en paralelo de varias máquinas, se añade una impedancia virtual ωL_v , de modo que los valores dados U_{dref} , U_{qref} de los componentes del eje d y del eje q de la tensión de salida de secuencia positiva del enrutador de energía 400 se puedan determinar mediante la siguiente ecuación:

$$15 \quad \begin{cases} U_{dref} = E_{reg} + \omega L_v I_{qfit} \\ U_{qref} = \omega L_v I_{dfit} \end{cases}$$

Para conseguir aplicar una carga desequilibrada en el estado sin red, los valores dados de la componente del eje d y del eje q de la tensión de salida de secuencia negativa del enrutador de energía 400 se fijan en cero.

20 Permitir que el enrutador de energía 400 tenga una función de arranque en negro sin conexión a la red, el segundo controlador 300 invoca una función de rampa para añadir la primera instrucción de regulación de tensión U_{ref} a una salida de una regulación de desviación de potencia reactiva para realizar una función de incremento desde cero, para aumentar gradualmente la tensión de salida del enrutador de energía (es decir, la tensión de salida de la microrred) de cero a un valor preestablecido. La figura 10 es una forma de onda de un experimento de arranque en negro del enrutador de energía de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Tal y como se ilustra en la figura 10, la curva 1 es la tensión de línea U_{ab} emitida por el enrutador de energía 400, y la curva 2 es la tensión de línea U_{bc} emitida por el enrutador de energía 400. A partir de la figura 10, se desprende que la tensión de la microrred aumenta gradualmente desde cero hasta una tensión determinada, reduciendo así la corriente de irrupción magnetizante de un transformador de distribución y garantizando la estabilidad de la frecuencia y la tensión de la microrred.

30 Tal y como se ilustra en la figura 11, el segundo controlador 300 está configurado además para: realizar el ajuste PI de las diferencias entre el valor dado de la componente del eje d y el valor dado de la componente del eje q de una tensión de salida de secuencia positiva y una tensión de salida de secuencia negativa del enrutador de energía 400 y las componentes de corriente continua $U_{dMuesca}$, $U_{qMuesca}$, $U_{dnMuesca}$, $U_{qnMuesca}$ de la componente de secuencia positiva y de la componente de secuencia negativa de la tensión de salida, y toma las diferencias después del ajuste PI como la componente de corriente de salida de secuencia positiva y de secuencia negativa dados los valores I_{dref} , I_{qref} , I_{dnref} , I_{qnref} del enrutador de energía 400; determina los valores dados $U_{alfapref}$, $U_{betapref}$, $U_{alfanref}$, $U_{betanref}$ de las componentes de tensión de salida de secuencia positiva y secuencia negativa del enrutador de energía 400 en el sistema de coordenadas estático en función de las diferencias entre los valores dados I_{dref} , I_{qref} , I_{dnref} , I_{qnref} de las componentes de corriente de salida de secuencia positiva y secuencia negativa del enrutador de energía 400 y los componentes de corriente continua $I_{dMuesca}$, $I_{qMuesca}$, $I_{dnMuesca}$, $I_{qnMuesca}$ de las componentes de secuencia positiva y secuencia negativa de la corriente de salida después del ajuste PI, para realizar un doble control en bucle cerrado de la tensión y la corriente y, de este modo, realizar la aplicación de una carga de desequilibrio del 100 % en el estado sin conexión a la red.

45 Preferiblemente, el segundo controlador 300 controla las diferencias entre la componente de corriente de salida de secuencia positiva y de secuencia negativa dados los valores I_{dref} , I_{qref} , I_{dnref} , I_{qnref} del enrutador de energía 400 y las componentes de corriente continua $I_{dMuesca}$, $I_{qMuesca}$, $I_{dnMuesca}$, $I_{qnMuesca}$ de las componentes de secuencia positiva y secuencia negativa de la corriente de salida para sufrir un ajuste PI, una adición de un término de acoplamiento de tensión generado por una reactancia eléctrica y una transformación inversa, para obtener la componente de tensión de salida de secuencia positiva y de secuencia negativa dados los valores $U_{alfapref}$, $U_{betapref}$, $U_{alfanref}$, $U_{betanref}$ del enrutador de energía 400 en el sistema de coordenadas estático.

55 En un caso de aplicación de una carga no lineal en un estado sin red, los armónicos impares estarán contenidos en la tensión de salida del enrutador de energía 400 si no se realiza la supresión de armónicos, lo que provocará un exceso de distorsión armónica THD de la tensión de salida y, por tanto, no se podrán cumplir los requisitos de calidad de la alimentación de una carga sensible. Por lo tanto, el segundo controlador 300 detecta los armónicos impares en la tensión de salida del enrutador de energía 400, determina una componente de corriente continua de cada una de las tensiones armónicas, realiza un ajuste PI sobre la diferencia entre la componente de corriente continua de cada una de las tensiones armónicas y cero, y realiza una transformada inversa sobre las diferencias después del ajuste PI para obtener un valor dado de cada una de las tensiones armónicas $U_{alfahref}$, $U_{betahref}$, para suprimir los armónicos en la tensión de salida del enrutador de energía 400.

65 A modo de ejemplo, en un caso de aplicación de una carga no lineal rectificadora no controlada en un estado sin red, la potencia activa es de 90 kW, la potencia reactiva es de 30 kW. Si no hay supresión de armónicos, el contenido del

quinto armónico contenido en la tensión de salida del enrutador de energía 400 calculado mediante FFT es del 6,7 %, el contenido del séptimo armónico es del 3,5 %, el contenido del undécimo armónico es del 2,2 % y el del decimotercer armónico, del 1,8 %. Si se realiza la supresión de armónicos, el contenido del quinto armónico contenido en la tensión de salida del enrutador de energía 400 calculado mediante FFT es del 0,23 %, el séptimo armónico es del 0,14 %, el contenido del undécimo armónico es del 0,10 %, y el contenido del decimotercer armónico es del 0,08 %. Por lo tanto, los armónicos quinto, séptimo, undécimo y decimotercero en la tensión de salida del enrutador de potencia 400 están bien suprimidos y, por lo tanto, se verifica la eficacia del algoritmo de control de supresión de armónicos.

Tal y como se ilustra en la figura 12, el segundo controlador 300 detecta los armónicos quinto, séptimo, undécimo y decimotercero en la tensión de salida del enrutador de energía 400, y realiza una transformación de coordenadas de rotación en la tensión de salida del enrutador de energía 400 para obtener las componentes armónicas correspondientes. Debe entenderse que, en una aplicación general de carga equilibrada, los armónicos quinto y undécimo aparecen como componentes de secuencia negativa, y los armónicos séptimo y decimotercero aparecen como componentes de secuencia positiva. Por lo tanto, la transformación de coordenadas de rotación de secuencia negativa con ángulos de rotación de $-5x\theta$ y $-11x\theta$ se realizan respectivamente en los armónicos quinto y undécimo, y la transformación de coordenadas de rotación de secuencia positiva con ángulos de rotación de $7x\theta$ y $13x\theta$ se realizan respectivamente en los armónicos séptimo y decimotercero, para obtener las componentes armónicas correspondientes. Seguidamente, el segundo controlador 300 hace pasar la componente armónica a través del filtro de paso bajo para obtener la componente de corriente continua de la corriente armónica, realiza el ajuste PI sobre las diferencias entre la componente de corriente continua de cada tensión armónica y cero, y realiza la transformada inversa sobre las diferencias después del ajuste PI para obtener el valor dado de cada tensión armónica ($U_{alfahref}$, $U_{betahref}$ ($h=5, 7, 11, 13$)).

Tal y como se ilustra en la figura 13, el segundo controlador 300 obtiene cantidades de prealimentación U_{alfa} , U_{beta} de la tensión de salida realizando una transformación estática de coordenadas sobre la tensión de salida del enrutador de energía 400, y genera una onda modulada invocando una función de generación de onda de modulación SVPWM (modulación de anchura de pulso de vector espacial) en combinación con una suma de la componente de tensión de salida de secuencia positiva y de secuencia negativa valores dados $U_{alfapref}$, $U_{betapref}$, $U_{alfanref}$, $U_{betanref}$ en el sistema estático de coordenadas, cada tensión armónica dados los valores $U_{alfahref}$, $U_{betahref}$ y las cantidades de prealimentación U_{alfa} , U_{beta} de la tensión de salida, para controlar la operación del enrutador de energía 400.

En otra realización, cuando el conmutador de conexión de red 100 está desconectado, el primer controlador 200 determina la amplitud de tensión U_{fuera} de la red eléctrica, la fase de tensión θ_{tag} de la red eléctrica, la fase de tensión θ_{tam} de la microrred y una frecuencia angular de la microrred, y detecta si una diferencia entre la fase de tensión θ_{tag} de la red eléctrica y la fase de tensión θ_{tam} de la microrred alcanza un umbral predeterminado; y el primer controlador 200, al detectar que la diferencia alcanza el umbral predeterminado, controla el cierre del conmutador de conexión de red 100, logrando así un cambio suave del estado sin conexión a la red al estado conectado a la red.

Específicamente, el primer controlador 200 superpone un múltiplo predeterminado de la diferencia a la frecuencia angular de la microrred para obtener una segunda instrucción de regulación de frecuencia, y toma la amplitud de tensión U_{fuera} de la red eléctrica como segunda instrucción de regulación de tensión, y también determina una segunda instrucción de potencia activa y una segunda instrucción de potencia reactiva que se ajustan a la carga, y toma la segunda instrucción de regulación de frecuencia, la segunda instrucción de regulación de tensión, la segunda instrucción de potencia activa y la segunda instrucción de potencia reactiva como la primera instrucción de control.

Preferiblemente, el múltiplo predeterminado es 5, lo cual no está limitado en la presente divulgación.

Tal y como se ilustra en la figura 14, fuera de la red, la potencia activa es de 100 kw, la potencia reactiva es de 90 kw; en estado conectado a la red, la potencia activa es de 10 kw, la potencia reactiva es 0 kw. Las curvas 1 y 2 son las tensiones de línea U_{ab} , U_{bc} emitidas por el enrutador de energía 400, las curvas 3, 4, 5 son las corrientes trifásicas I_a , I_b , I_c emitidas por el enrutador de energía 400, respectivamente, y la curva 6 es el estado del conmutador de conexión de red 100. Tal y como se ilustra en la figura 14, cuando se pasa del estado sin conexión a la red al estado conectado a la red, la tensión y la corriente emitidas por el enrutador de energía 400 no sufren sacudidas y, tras la conexión a la red, la potencia sigue rápidamente las instrucciones activas y reactivas del estado de conexión a la red.

En otra realización, cuando el conmutador de conexión de red 100 está cerrado, el primer controlador 200 genera una tercera instrucción de potencia activa y una tercera instrucción de potencia reactiva como la primera instrucción de control basada en una potencia de la carga y un estado de una unidad de almacenamiento de energía; y el segundo controlador 300 está en el modo de control PQ (activo y reactivo).

Es decir, cuando el conmutador de conexión de red 100 está cerrado, el sistema de control de la microrred está en estado de conexión a la red, el primer controlador 200 toma la tercera instrucción de potencia activa y la tercera instrucción de potencia reactiva como la primera instrucción de control a enviar. El segundo controlador 300 se encuentra en el modo de control PQ y controla el enrutador de energía 400 en respuesta a la primera instrucción de control recibida.

En estado conectado a la red, el segundo controlador 300 no realiza el control de bucle cerrado de tensión ni el control de supresión de armónicos de tensión. Asimismo, el segundo controlador 300 establece los valores I_{dref} , I_{qref} de la componente de corriente de salida de secuencia negativa del enrutador de energía 400 como 0.

5 Tal y como se ilustra en la figura 15, el segundo controlador 300, basándose en los valores dados I_{dref} , I_{qref} , I_{dnref} , I_{qnref} de las componentes de corriente de salida de secuencia positiva y secuencia negativa del enrutador de energía 400 y las componentes de corriente continua $I_{dMuesca}$, $I_{qMuesca}$, $I_{dnMuesca}$, $I_{qnMuesca}$ de las componentes de secuencia positiva y secuencia negativa de la corriente de salida del enrutador de energía 400, determina los valores dados $U_{alfapref}$, $U_{betapref}$, $U_{alfanref}$, $U_{betanref}$ de las componentes de tensión de salida de secuencia positiva y secuencia negativa en el sistema de coordenadas estático, y genera una onda modulada invocando una función de generación de onda de modulación SVPWM en combinación con una suma de los valores dados $U_{alfapref}$, $U_{betapref}$, $U_{alfanref}$, $U_{betanref}$ de las componentes de tensión de salida de secuencia positiva y secuencia negativa en el sistema de coordenadas estático y las cantidades de avance U_{alfa} , U_{beta} de la tensión de salida del enrutador de energía 400, para controlar la operación del enrutador de energía.

Específicamente, el segundo controlador 300 controla las diferencias entre la componente de corriente de salida de secuencia positiva y de secuencia negativa, dados los valores I_{dref} , I_{qref} , I_{dnref} , I_{qnref} del enrutador de energía 400 y las componentes de corriente continua $I_{dMuesca}$, $I_{qMuesca}$, $I_{dnMuesca}$, $I_{qnMuesca}$ de las componentes de secuencia positiva y secuencia negativa de la corriente de salida del enrutador de energía 400 para sufrir un ajuste PI, una adición de un término de acoplamiento de tensión generado por una reactancia eléctrica y una transformación inversa, para obtener la componente de tensión de salida de secuencia positiva y de secuencia negativa dados los valores $U_{alfapref}$, $U_{betapref}$, $U_{alfanref}$, $U_{betanref}$ en el sistema de coordenadas estático, y genera una onda modulada invocando una función de generación de onda de modulación SVPWM en combinación con una suma de la componente de tensión de salida de secuencia positiva y de secuencia negativa valores dados $U_{alfapref}$, $U_{betapref}$, $U_{alfanref}$, $U_{betanref}$ en el sistema de coordenadas estático y las cantidades de prealimentación U_{alfa} , U_{beta} de la tensión de salida del enrutador de energía 400.

En otra realización, el primer controlador 200, si se detecta un fallo de la red eléctrica en caso de que el sistema de control de la microrred esté en estado conectado a la red, controla la desconexión del conmutador de conexión de red 100.

En otra realización, en caso de que el conmutador de conexión de red 100 esté cerrado, el primer controlador 200, si detecta que una corriente que circula por el conmutador de conexión de red 100 alcanza un umbral de corriente predeterminado, controla la desconexión del conmutador de conexión de red 100, con lo que se consigue pasar sin problemas del estado conectado a la red al estado sin red.

Específicamente, el primer controlador genera una cuarta instrucción de potencia activa y una cuarta instrucción de potencia reactiva en función de la corriente que fluye a través del conmutador de conexión de red y, a continuación, toma la cuarta instrucción de potencia activa y la cuarta instrucción de potencia reactiva como primera instrucción de control.

Tal y como se ilustra en la figura 16, fuera de la red, la potencia activa es de 100 kw, y la reactiva de 90 kw. Las curvas 1 y 2 son las tensiones de línea U_{ab} , U_{bc} emitidas por el enrutador de energía 400, las curvas 3, 4, 5 son las corrientes trifásicas I_a , I_b , I_c emitidas por el enrutador de energía 400, y la curva 6 es el estado del conmutador de conexión de red 100. Tal y como se ilustra en la figura 16, una potencia de salida del enrutador de energía 400 se ha ajustado a la carga antes de la desconexión a la red, garantizando así que la corriente que fluye a través del conmutador de conexión de red 100 sea pequeña y, por tanto, la tensión y la corriente no sufran sacudidas en el proceso de cambio del estado de conexión a la red al estado sin conexión a la red.

El sistema de microrred de acuerdo con las realizaciones de la presente divulgación se describe más adelante junto con la figura 17.

Tal y como se ilustra en la figura 17, un sistema de microrred se proporciona, además, de acuerdo con una realización de la presente divulgación. El sistema de microrred incluye el sistema de control de la microrred descrito anteriormente, la unidad de almacenamiento de energía 10 y la carga 20; la unidad de almacenamiento de energía 10 está conectada a un extremo del enrutador de energía 400, y otro extremo del enrutador de energía 400 está conectado a la red eléctrica 30 a través del conmutador de conexión de red 100; el enrutador de energía 400 suministra energía a la carga 20; la unidad de almacenamiento de energía 10 y el conmutador de conexión de red 100 están conectados al primer controlador 200 a través de una red óptica; el enrutador de energía 400 está conectado al segundo controlador 300 a través de una red óptica, y el segundo controlador 300 está conectado al primer controlador 200 a través de una red óptica.

En el caso de que la microrred se encuentre en estado aislado, el sistema de control de la microrred convierte una corriente continua de la unidad de almacenamiento de energía 10 en una corriente alterna para suministrar energía a la carga 20. En caso de que la microrred esté conectada a la red, el sistema de control de la microrred convierte una

corriente alterna de la red eléctrica 30 en una corriente continua para cargar la unidad de almacenamiento de energía 10.

5 Adicionalmente, el sistema de control de la microrred y la microrred según la realización de la presente divulgación mejoran la estabilidad de funcionamiento de la microrred mediante el control jerárquico, y logran una capacidad de aplicación del 100 % de la carga desequilibrada en el estado sin red mediante el doble control de bucle cerrado de la tensión y la corriente.

10 Aunque la presente divulgación se ilustra y describe con referencia a las realizaciones ilustrativas, los expertos en la materia deben entender que se pueden realizar diversos cambios en la forma y el detalle de la presente divulgación sin alejarse del alcance de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control de una microrred, que comprende: un conmutador de conexión de red (100), un enrutador de energía (400), un primer controlador (200) y un segundo controlador (300),

5 en donde el primer controlador (200) está configurado para controlar la conexión y desconexión del conmutador de conexión de red (100) y enviar una primera instrucción de control basada en un estado del sistema de control de la microrred; y

10 el segundo controlador (300) está configurado para recibir la primera instrucción de control del primer controlador (200) y controlar el enrutador de energía (400) en respuesta a la primera instrucción de control;

15 en donde el segundo controlador (300) está configurado, además, para detectar armónicos impares en la tensión de salida del enrutador de energía (400), y determinar una componente de corriente continua de cada una de las tensiones armónicas, realizar un ajuste PI proporcional integral sobre una diferencia entre la componente de corriente continua de cada una de las tensiones armónicas y cero, y realizar una transformación inversa sobre la diferencia después del ajuste PI para obtener un valor dado de cada una de las tensiones armónicas: suprimir los armónicos en la tensión de salida del enrutador de energía (400).

20 2. El sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 1, en donde

25 en caso de que el conmutador de conexión de red esté desconectado, el primer controlador (200) está configurado, además, para generar una primera instrucción de regulación de frecuencia y una primera instrucción de regulación de tensión basadas en una tensión real y una frecuencia real de una red eléctrica, determinar una primera instrucción de potencia activa y una primera instrucción de potencia reactiva basadas en una tensión trifásica de la red eléctrica y una tensión trifásica de la microrred, y tomar la primera instrucción de regulación de frecuencia, la primera instrucción de regulación de tensión, la primera instrucción de potencia activa y la primera instrucción de potencia reactiva como primera instrucción de control, y

30 en donde el segundo controlador (300) está en un modo de control de generador síncrono virtual VSG.

3. El sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 2, en donde

35 el primer controlador (200) está configurado, además, para determinar una amplitud de tensión de la red eléctrica y una frecuencia angular de la red eléctrica, y tomar la amplitud de tensión de la red eléctrica como la primera instrucción de regulación de tensión y tomar la frecuencia angular de la red eléctrica como la primera instrucción de regulación de frecuencia; y

40 el segundo controlador (300) está configurado, además, para recibir la primera instrucción de regulación de tensión y la primera instrucción de regulación de frecuencia, y controlar el enrutador de energía (400) en respuesta a la primera instrucción de regulación de tensión y la primera instrucción de regulación de frecuencia, para que una amplitud de tensión y una frecuencia emitidas por la microrred sean coherentes con la amplitud de tensión y la frecuencia emitidas por la red eléctrica.

45 4. El sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 2, en donde

50 el primer controlador (200) está configurado, además, para determinar una frecuencia de la red eléctrica, una amplitud de tensión de la red eléctrica, una frecuencia de la microrred y una amplitud de tensión de la microrred; realizar un ajuste PI sobre una diferencia entre la frecuencia de la red eléctrica y la frecuencia de la microrred, y determinar la diferencia tras el ajuste PI como la primera instrucción de potencia activa; y realizar el ajuste PI sobre una diferencia entre la amplitud de tensión de la red eléctrica y la amplitud de tensión de la microrred, y determinar la diferencia tras el ajuste PI como la primera instrucción de potencia reactiva; y

55 el segundo controlador (300) está configurado, además, para recibir la primera instrucción de potencia activa y la primera instrucción de potencia reactiva, y controlar el enrutador de energía (400) en respuesta a la primera instrucción de potencia activa y la primera instrucción de potencia reactiva, para que el enrutador de energía emita una potencia activa y una potencia reactiva que se ajusten a una carga.

5. El sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 2, en donde

60 el segundo controlador (300) está configurado, además, para determinar una potencia activa de salida real y una potencia reactiva de salida real basándose en una tensión de salida del enrutador de energía, y determinar ángulos de transformación de coordenadas de rotación de secuencia positiva y transformación de coordenadas de rotación de secuencia negativa de la tensión de salida y una corriente de salida del enrutador de energía invocando una ecuación de movimiento del rotor y una ecuación de regulación del motor primario en combinación con la potencia activa de salida real, la primera instrucción de potencia activa y la primera instrucción de regulación de frecuencia;

y

5 el segundo controlador (300) está configurado, además, para determinar el valor dado de la componente del eje d y el valor dado de la componente del eje q de una tensión de salida de secuencia positiva del enrutador de energía (400) basándose en la potencia reactiva de salida real, la primera instrucción de potencia reactiva y la primera instrucción de regulación de tensión, y establecer el valor dado de la componente del eje d y el valor dado de la componente del eje q de una tensión de salida de secuencia negativa del enrutador de energía (400) como cero.

10 6. El sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el segundo controlador (300) está configurado para:

15 realizar una transformación de coordenadas de rotación de secuencia positiva y una transformación de coordenadas de rotación de secuencia negativa en la tensión de salida del enrutador de energía (400), para obtener una componente de secuencia positiva y una componente de secuencia negativa de la tensión de salida;

obtener componentes de corriente continua de la componente de secuencia positiva y de la componente de secuencia negativa de la tensión de salida mediante un filtro de muesca;

20 realizar una transformación de coordenadas de rotación de secuencia positiva y una transformación de coordenadas de rotación de secuencia negativa en la corriente de salida del enrutador de energía (400), para obtener una componente de secuencia positiva y una componente de secuencia negativa de la corriente de salida;

25 obtener componentes de corriente continua de la componente de secuencia positiva y de la componente de secuencia negativa de la corriente de salida mediante un filtro de muesca;

30 calcular una potencia activa instantánea y una potencia reactiva instantánea del enrutador de energía (400) basándose en las componentes de corriente continua de la componente de secuencia positiva y la componente de secuencia negativa de la tensión de salida y las componentes de corriente continua de la componente de secuencia positiva y la componente de secuencia negativa de la corriente de salida; y

pasar la potencia activa instantánea y la potencia reactiva instantánea por un filtro de paso bajo para obtener la potencia activa de salida real y la potencia reactiva de salida real.

35 7. El sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el segundo controlador (300) está configurado, además, para:

40 realizar el ajuste PI sobre las diferencias entre el valor dado de la componente del eje d y el valor dado de la componente del eje q de la tensión de salida de secuencia positiva y la tensión de salida de secuencia negativa del enrutador de energía (400) y las componentes de corriente continua de la componente de secuencia positiva y las componente de secuencia negativa de la tensión de salida, y tomar las diferencias tras el ajuste PI como un valor dado de la componente de corriente de salida de secuencia positiva y un valor dado de la componente de corriente de salida de secuencia negativa del enrutador de energía; y

45 determinar un valor dado de la componente de tensión de salida de secuencia positiva y un valor dado de la componente de tensión de salida de secuencia negativa del enrutador de energía (400) en un sistema de coordenadas estático basado en las diferencias entre el valor dado de la componente de corriente de salida de secuencia positiva y el valor dado de la componente de corriente de salida de secuencia negativa del enrutador de energía (400) y las componentes de corriente continua de la componente de secuencia positiva y la componente de secuencia negativa de la corriente de salida después del ajuste PI, para realizar un doble control en bucle cerrado de la tensión y la corriente.

50 8. El sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 1, en donde

55 en caso de que el conmutador de conexión de red esté desconectado, el primer controlador (200) está configurado, además, para determinar una amplitud de tensión de una red eléctrica, una fase de tensión de la red eléctrica, una fase de tensión de la microrred y una frecuencia angular de la microrred, y detectar si una diferencia entre la fase de tensión de la red eléctrica y la fase de tensión de la microrred alcanza un umbral predeterminado; y

60 el primer controlador (200) está configurado, además, para controlar el conmutador de conexión de red para que se conecte si detecta que la diferencia alcanza el umbral predeterminado.

9. El sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 8, en donde

65 el primer controlador (200) está configurado, además, para superponer un múltiplo predeterminado de la diferencia a la frecuencia angular de la microrred para obtener una segunda instrucción de regulación de frecuencia, y tomar la amplitud de tensión de la red eléctrica como segunda instrucción de regulación de tensión, y determinar, además,

una segunda instrucción de potencia activa y una segunda instrucción de potencia reactiva que coincidan con una carga, y tomar a continuación la segunda instrucción de regulación de frecuencia, la segunda instrucción de regulación de tensión, la segunda instrucción de potencia activa y

5 la segunda instrucción de potencia reactiva como la primera instrucción de control.

10. El sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 1, en donde

10 en caso de que el conmutador de conexión de red esté conectado, el primer controlador (200) está configurado, además, para generar una tercera instrucción de potencia activa y una tercera instrucción de potencia reactiva, como primera instrucción de control, basándose en la potencia de una carga y en el estado de una unidad de almacenamiento de energía; y

15 en donde el segundo controlador (300) está en un modo de control PQ de potencia activa y reactiva.

11. El sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 10, en donde

20 el segundo controlador (300) está configurado, además, para determinar un valor dado de componente de tensión de salida de secuencia positiva y un valor dado de componente de tensión de salida de secuencia negativa en un sistema de coordenadas estático basado en un valor dado de componente de corriente de salida de secuencia positiva y un valor dado de componente de corriente de salida de secuencia negativa del enrutador de energía (400) y componentes de corriente continua de una componente de secuencia positiva y una componente de secuencia negativa de una corriente de salida del enrutador de energía (400), y generar una onda modulada invocando una función de generación de onda de modulación de ancho de pulso de vector espacial SVPWM en combinación con una suma de un valor dado de componente de tensión de salida de secuencia positiva y un valor dado de componente de tensión de salida de secuencia negativa en el sistema de coordenadas estático y una cantidad de prealimentación de una tensión de salida del enrutador de energía (400), para controlar la operación del enrutador de energía (400).

30 12. El sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 1, en donde

35 en caso de que el conmutador de conexión de red esté conectado, el primer controlador (200) está configurado, además, para controlar que el conmutador de conexión de red se desconecte si detecta que una corriente que fluye a través del conmutador de conexión de red alcanza un umbral de corriente predeterminado.

13. El sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 12, en donde

40 el primer controlador (200) está configurado, además, para generar una cuarta instrucción de potencia activa y una cuarta instrucción de potencia reactiva de acuerdo con la corriente que fluye a través del conmutador de conexión de red, y luego tomar la cuarta instrucción de potencia activa y la cuarta instrucción de potencia reactiva como la primera instrucción de control.

45 14. Una microrred, que comprende: el sistema de control de la microrred de acuerdo con la reivindicación 1, una unidad de almacenamiento de energía (10) y una carga (20), en donde

la unidad de almacenamiento de energía (10) está conectada a un extremo del enrutador de energía (400), y el otro extremo del enrutador de energía (400) está conectado a una red eléctrica a través del conmutador de conexión de red (100); el enrutador de energía (400) está configurado para suministrar potencia a la carga (20);

50 la unidad de almacenamiento de energía (10) y el conmutador de conexión de red (100) están conectados al primer controlador (200) a través de una red óptica;

55 el enrutador de energía (400) está conectado al segundo controlador (300) a través de una red óptica, y el segundo controlador (300) está conectado al primer controlador (200) a través de una red óptica;

en caso de que el sistema de microrred se encuentre en un estado sin conexión a la red, el sistema de control de la microrred está configurado para convertir una corriente continua de la unidad de almacenamiento de energía (10) en una corriente alterna, para su suministro a la carga (20); y

60 en caso de que el sistema de microrred esté conectado a la red, el sistema de control de la microrred está configurado para convertir una corriente alterna de la red eléctrica en una corriente continua, para cargar la unidad de almacenamiento de energía (10).

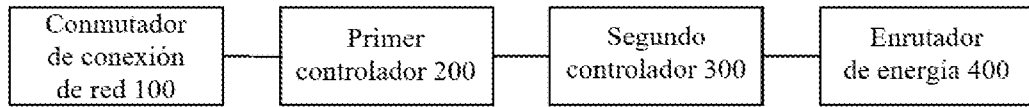


Figura 1

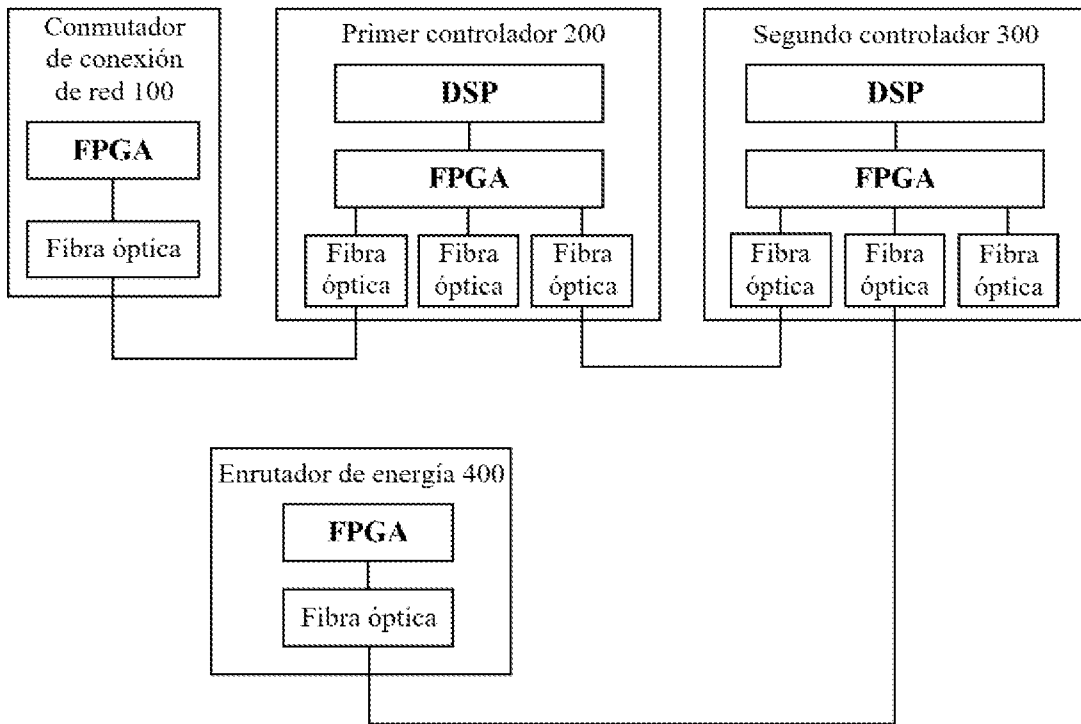


Figura 2

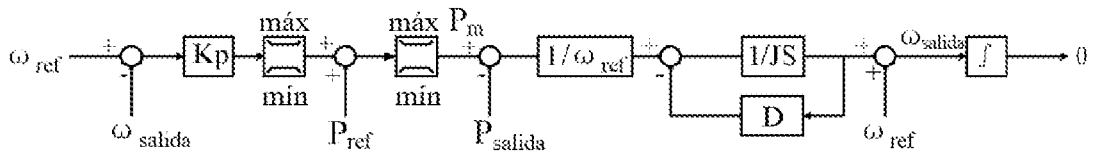


Figura 3

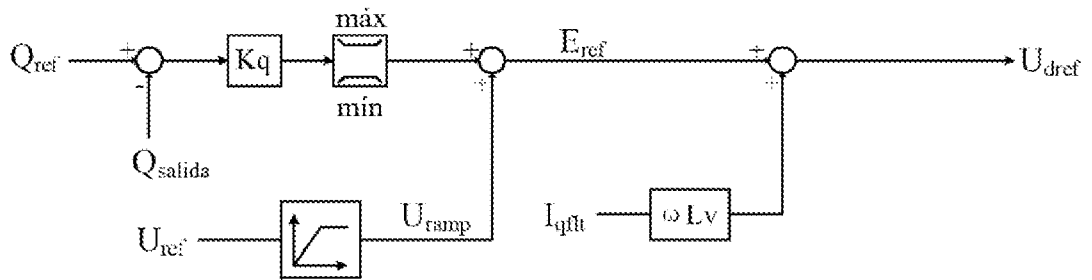


Figura 4

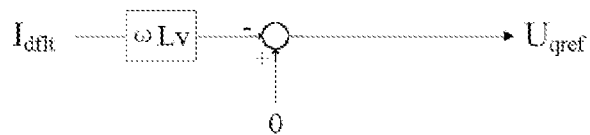


Figura 5

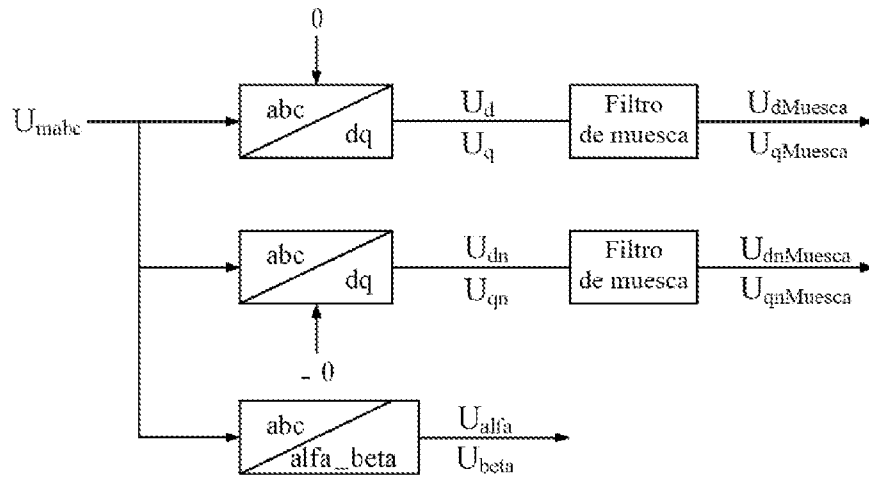


Figura 6



Figura 7

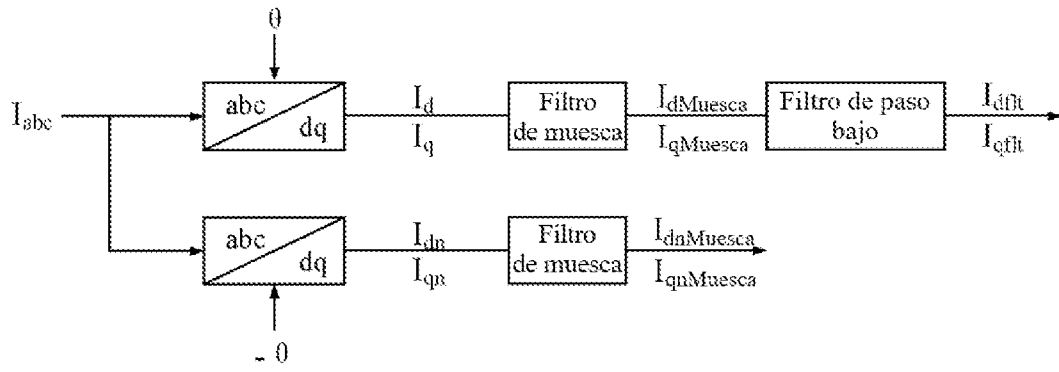


Figura 8

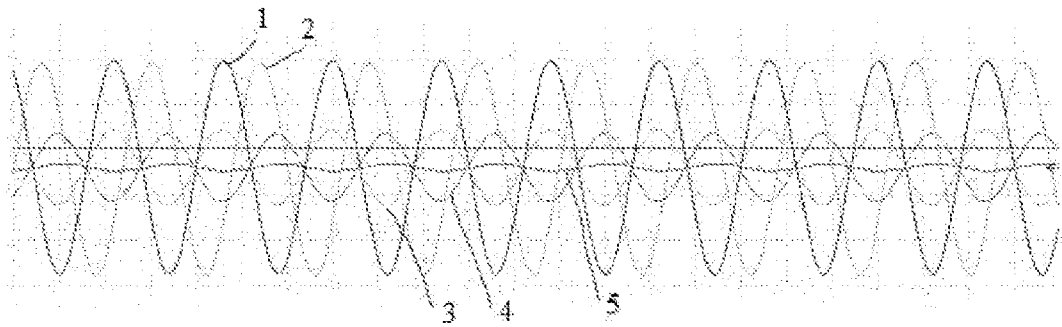


Figura 9

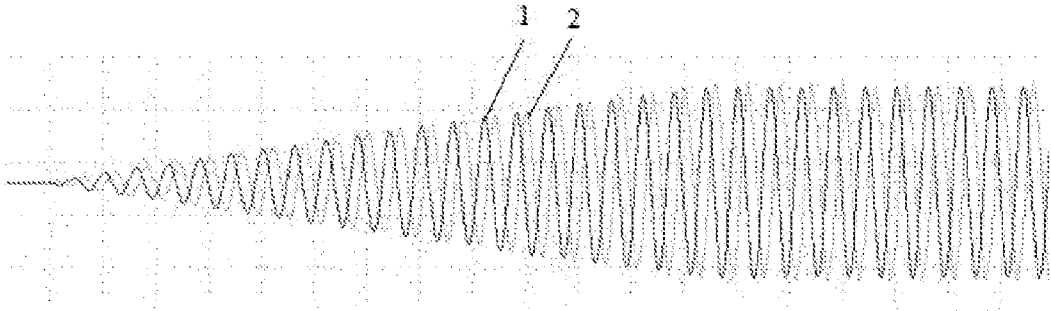


Figura 10

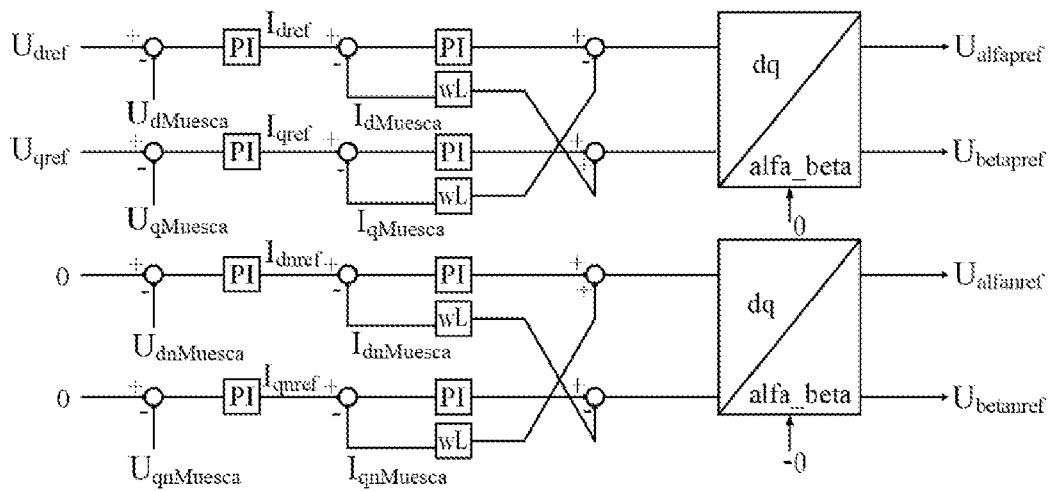


Figura 11

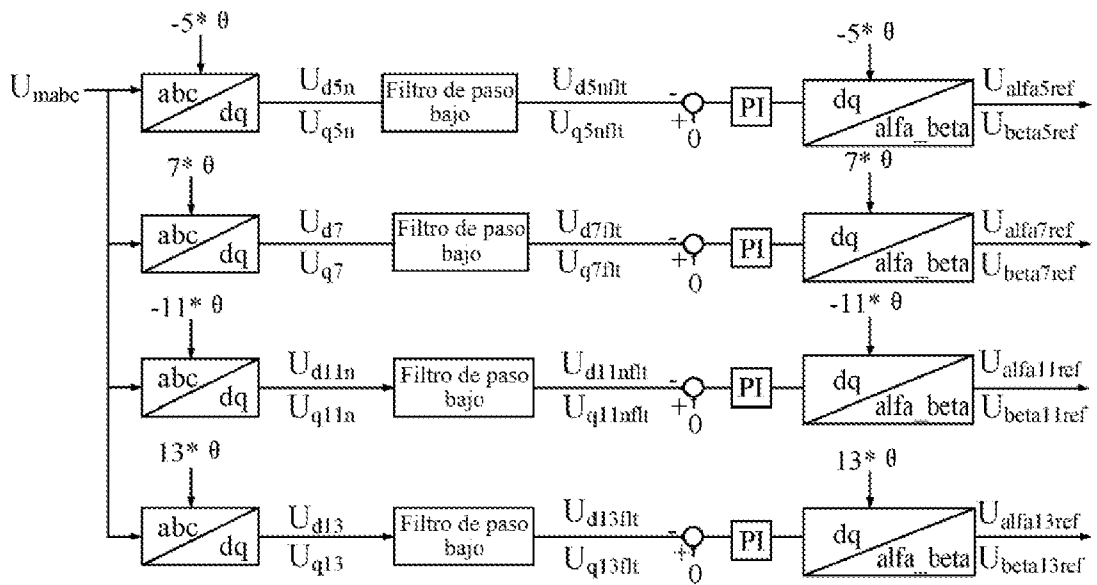


Figura 12

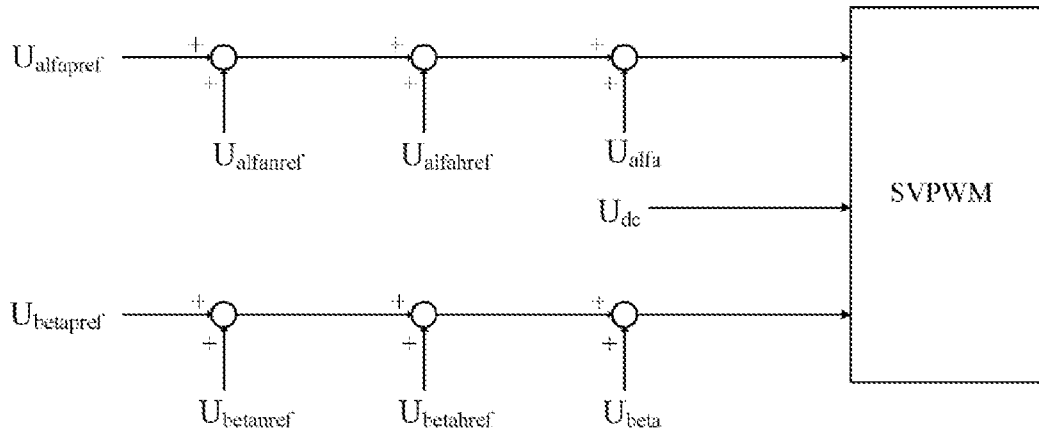


Figura 13

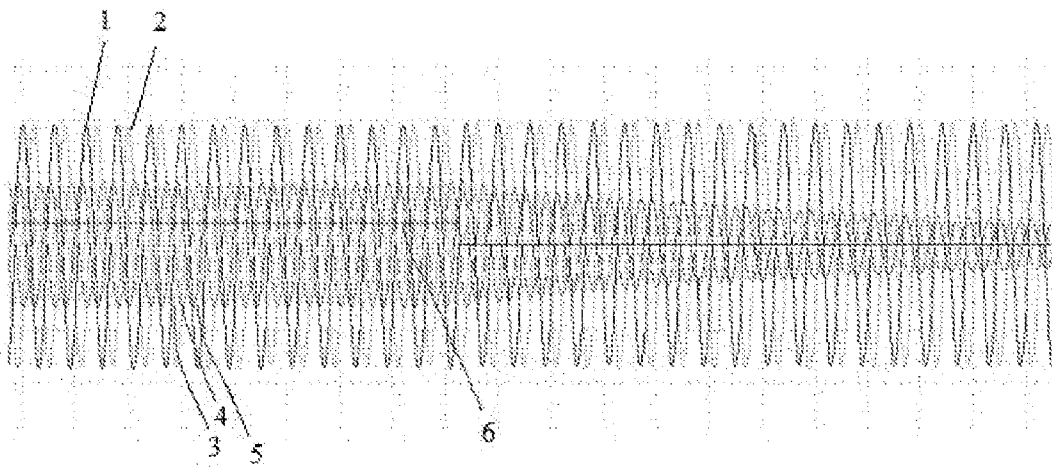


Figura 14

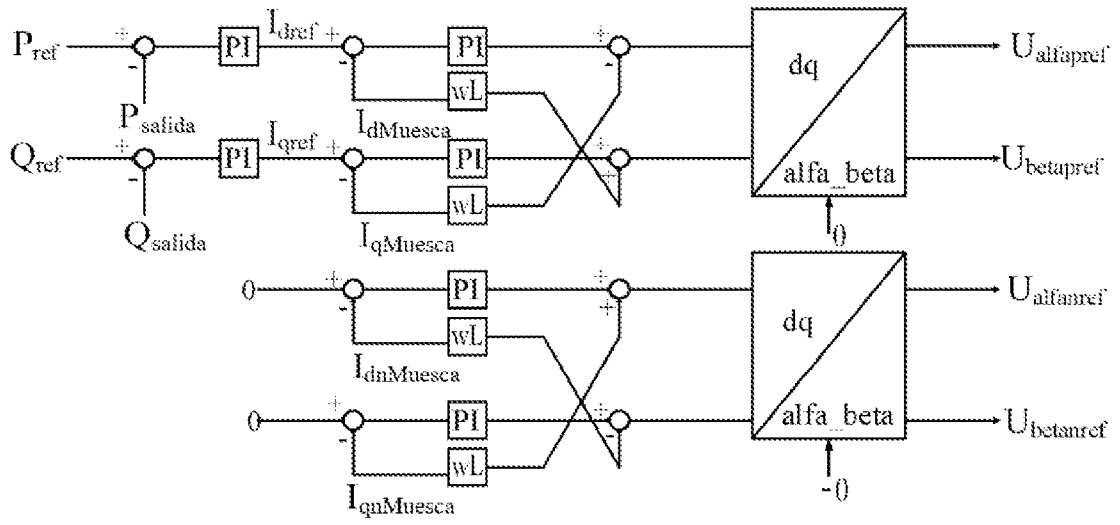


Figura 15

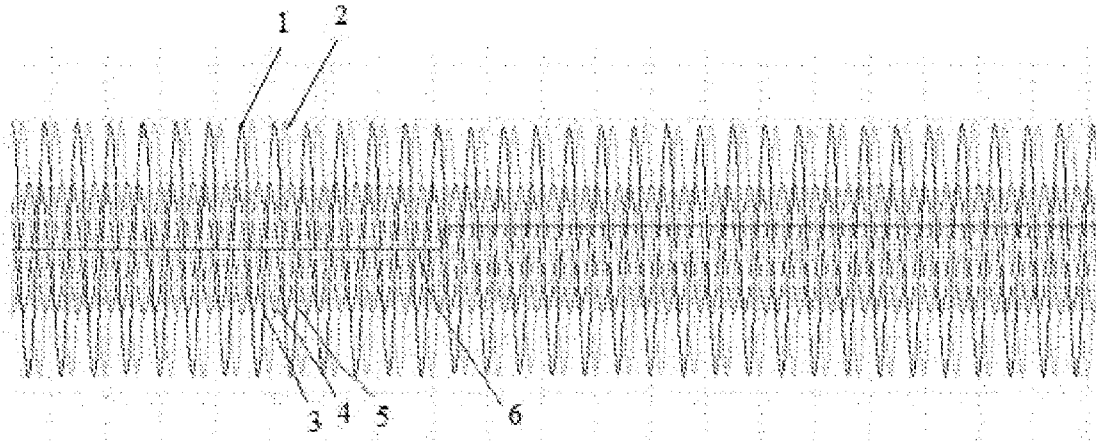


Figura 16

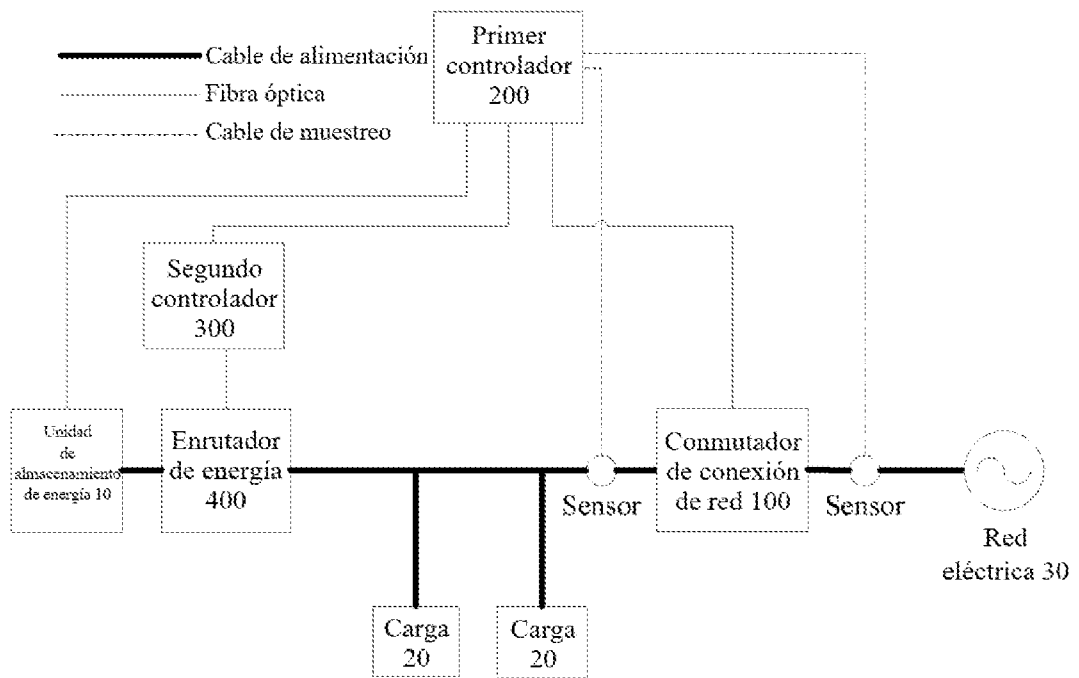


Figura 17