

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 890**

51 Int. Cl.:

H02J 1/00 (2006.01)

H02J 1/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2017 PCT/CN2017/078626**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.10.2017 WO17167206**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2017 E 17773236 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 3419136**

54 Título: **Método de control de voltaje de red de energía de corriente continua**

30 Prioridad:

30.03.2016 CN 201610190067

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

19.04.2021

73 Titular/es:

**NR ELECTRIC CO., LTD. (50.0%)
69 Suyuan Avenue, Jiangning, Nanjing
Jiangsu 211102, CN y
NR ENGINEERING CO., LTD (50.0%)**

72 Inventor/es:

**DING, JIUDONG;
LU, YU;
DONG, YUNLONG;
LI, GANG y
HU, ZHAOQING**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 819 890 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

Método de control de voltaje de red de energía de corriente continua

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere al campo de las redes de energía de corriente continua, y en particular, a un método de control de voltaje de la red de energía de corriente continua.

Técnica relacionada

10 Con el desarrollo continuo de la tecnología eléctrica y electrónica, la tecnología flexible de transmisión y distribución de energía de corriente continua es la tecnología de transmisión y distribución de energía de corriente continua de nueva generación y puede resolver diversos problemas que existen en la tecnología de transmisión y distribución de energía de corriente alterna actual. A medida que aumenta la escala de transmisión de energía de corriente continua, se hace posible una red de energía de corriente continua.

15 En una red de energía de corriente continua, el papel del voltaje de corriente continua puede ser equivalente al papel de la frecuencia en una red eléctrica de corriente alterna. La estabilidad del voltaje de corriente continua determina directamente la estabilidad de un flujo de carga de corriente continua y determina la operación segura y estable de la red de energía de corriente continua. Por lo tanto, es muy importante controlar el voltaje de corriente continua en la red de energía de corriente continua. En un sistema convencional de corriente continua flexible de dos terminales, una estación convertidora controla el voltaje de corriente continua y otra estación convertidora controla otra variable tal como la energía activa, la frecuencia de corriente alterna o el voltaje de corriente alterna. Si la estación
20 convertidora para controlar el voltaje de corriente continua falla y, en consecuencia, se pierde una capacidad de control de voltaje de corriente continua, el voltaje de corriente continua se vuelve inestable y da como resultado la interrupción del sistema de corriente continua flexible de dos terminales. Por lo tanto, el sistema tiene una fiabilidad relativamente baja. Una pluralidad de estaciones convertidoras usualmente tiene una capacidad de control de voltaje de corriente continua en la red de energía de corriente continua. De acuerdo con una cantidad de estaciones convertidoras que participan en el control del voltaje de corriente continua en un mismo momento, los métodos comunes de control de voltaje de corriente continua actuales pueden incluir un método de control de voltaje de punto único y un método de control de voltaje multipunto.

25 El método de control de voltaje de punto único usa una estación convertidora única como estación de control de voltaje de corriente continua. Solo una estación convertidora controla el voltaje de corriente continua en el mismo momento. Por lo tanto, se puede implementar un control preciso del voltaje de corriente continua. Si la estación convertidora falla o la energía excede los límites para perder una capacidad de control de voltaje de corriente continua, otra estación convertidora que tiene una capacidad de control de voltaje de corriente continua se hace cargo del correcto control de voltaje de corriente continua. Sobre la base de si existe dependencia de la comunicación, los métodos de
30 adquisición se clasifican en un método de control sin desviación basado en la comunicación y un método de control de desviación no basado en la comunicación. El método de control sin desviaciones depende de la comunicación rápida entre estaciones para implementar correctamente la transferencia del control de voltaje de corriente continua. Cuando la estación de control de voltaje de corriente continua falla y deja de operar, una estación convertidora de respaldo implementa la toma del correcto control del voltaje de corriente continua utilizando la comunicación rápida entre estaciones. Sin embargo, este método requiere una velocidad y fiabilidad muy altas de la comunicación entre
35 estaciones. Si hay un retraso relativamente largo en la comunicación, la toma de control de voltaje de corriente continua puede no implementarse a tiempo después de que falle la estación de control de voltaje de corriente continua, lo que resulta en la interrupción de todo el sistema de corriente continua. Además, cuando la escala de la red de energía de corriente continua aumenta gradualmente, la cantidad de estaciones convertidoras de respaldo sigue creciendo. En este caso, se vuelve muy complejo ajustar prioridades para el control de voltaje de corriente
40 continua, y una red de comunicaciones de alta velocidad gradualmente se vuelve más compleja. Estos defectos hacen que sea particularmente difícil promover y aplicar el método de control sin desviaciones basado en la comunicación en redes de corriente continua.

45 El control de desviación de voltaje de corriente continua es una manera de control que no requiere comunicación entre estaciones. Después de que una estación de control de voltaje de corriente continua falla y deja de operar, una estación de control de voltaje de corriente continua de respaldo puede detectar una desviación relativamente grande en un voltaje de corriente continua y cambia al modo de control de voltaje de corriente continua fija, para garantizar la estabilidad del voltaje de corriente continua. Sin embargo, una pluralidad de estaciones convertidoras de respaldo necesita una pluralidad de prioridades y, por lo tanto, se incrementa la complejidad del diseño del controlador. La
50 cantidad de estaciones convertidoras de respaldo crece a medida que aumenta gradualmente la escala de la red de energía de corriente continua. El voltaje de corriente continua en la red de energía de corriente continua está restringido a un rango de operación particular. Por lo tanto, una desviación no puede exceder el rango de operación del voltaje de corriente continua. Esto restringe una diferencia de etapa y una cantidad de etapa en el control de

desviación. Estos defectos hacen que sea particularmente difícil promover y aplicar el método de control de desviación en redes de energía de corriente continua.

5 En el método de control de voltaje multipunto, una pluralidad de estaciones convertidoras controlan el voltaje de corriente continua en una red de energía de corriente continua en un mismo momento. Un método común de control de voltaje multipunto es un método de control de voltaje de pendiente. En este método, las salidas de energía activa de una pluralidad de estaciones convertidoras de control de voltaje de pendiente están relacionadas con la impedancia en una línea de transmisión de corriente continua y las pendientes respectivas de las estaciones convertidoras de control de voltaje de pendiente. Ni el voltaje de corriente continua ni la energía activa pueden controlarse con precisión.

10 El documento WO 2014/071742 A1 divulga un método de control de coordinación de un sistema de transmisión de energía de corriente continua flexible de múltiples terminales que incluye diferentes estaciones convertidoras que implementan diferentes modos de control. Un sistema similar se divulga en el documento WO 2015/131602 A1.

Resumen de la invención

15 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método de control de voltaje de la red de energía de corriente continua, de modo que un voltaje de corriente continua se pueda controlar con precisión en un estado estable, y la desviación de voltaje de corriente continua se pueda suprimir en un estado transitorio.

20 Para lograr el objetivo anterior, la presente invención proporciona un método de control de voltaje de acuerdo con la reivindicación 1 que se refleja en las siguientes características: en un método de control de voltaje de la red de energía de corriente continua, el control de un voltaje de red de corriente continua se divide en tres procesos, a saber, regulación de voltaje natural, primera regulación de voltaje y segunda regulación de voltaje; las estaciones convertidoras en la red de energía de corriente continua se dividen en tres tipos, a saber, estaciones convertidoras de regulación de energía, estaciones convertidoras de regulación de voltaje auxiliar y estaciones convertidoras de regulación de voltaje, en función de si la estación convertidora tiene una capacidad de regulación de voltaje, las estaciones convertidoras de regulación de energía que operan en un modo de control de energía fijo, las estaciones convertidoras de regulación de voltaje que operan en un modo de control de voltaje fijo o un modo de control de voltaje auxiliar, y las estaciones convertidoras de control de voltaje auxiliar que operan en el modo de control de voltaje auxiliar; todas las estaciones convertidoras en la red de energía de corriente continua participan en la regulación de voltaje natural, las estaciones convertidoras de regulación de voltaje auxiliar y las estaciones convertidoras de regulación de voltaje participan en la primera regulación de voltaje, y las estaciones convertidoras de regulación de voltaje participan en la segunda regulación de voltaje.

35 En la regulación de voltaje natural, el almacenamiento de energía del condensador en las estaciones convertidoras en la red de energía de corriente continua se usa para soportar el cambio de carga de la red de energía de corriente continua primero, cuando la energía en la red de energía de corriente continua está desbalanceada, la desviación de voltaje de corriente continua aumenta gradualmente con el tiempo, y un proceso de regulación de voltaje natural se completa naturalmente y no necesita ninguna medida de ajuste.

40 En la primera regulación de voltaje, las estaciones convertidoras que operan en el modo de control de voltaje auxiliar se usan para participar en el ajuste del voltaje de corriente continua, para eventualmente permitir que el voltaje de corriente continua forme una desviación, y la primera regulación de voltaje se completa automáticamente dependiendo de un controlador de una estación convertidora y no necesita la intervención de un departamento de regulación externo.

45 En la segunda regulación de voltaje, las estaciones convertidoras que operan en el modo de control de voltaje de corriente continua fija o las estaciones convertidoras que operan en el modo de control de voltaje auxiliar se usan para participar en el ajuste del voltaje de corriente continua, para eventualmente implementar un control preciso del voltaje de corriente continua, y un controlador de la segunda regulación de voltaje está montado dentro de una estación convertidora o en un departamento de regulación externo.

Un método de implementación del modo de control de voltaje auxiliar es:

(1) detectar voltaje de corriente continua U_{dc} ;

(2) calcular la desviación $\Delta U = U_{dc} - U_{tasa}$ entre el voltaje de corriente continua U_{dc} y el voltaje nominal de corriente continua U_{tasa} ;

50 (3) comparar ΔU con valores de desviación de voltaje fijo $U_{ajusteH}$ y $U_{ajusteL}$ ($U_{ajusteH} > U_{ajusteL}$), donde cuando $U_{ajusteL} < \Delta U < U_{ajusteH}$, $\Delta U_{modo} = 0$, cuando $\Delta U > U_{ajusteH}$, $\Delta U_{modo} = \Delta U - U_{ajusteH}$, y cuando $\Delta U < U_{ajusteL}$, $\Delta U_{modo} = \Delta U - U_{ajusteL}$;

(4) calcular un valor de desviación de la programación de energía $\Delta P = K * \Delta U_{modo}$; y

(5) calcular una programación de energía $P_{ref} = P_{orden} - \Delta P$ de un controlador de energía de acuerdo con una programación de energía P_{orden} entregada por un controlador de capa superior y el valor de desviación de la programación de energía ΔP .

Por medio de la solución anterior, la presente invención es ventajosa en los siguientes aspectos:

- 5 (1) El voltaje de corriente continua y la energía pueden controlarse con precisión en un estado estable.
- (2) El cambio de voltaje de corriente continua se puede suprimir en un estado transitorio.
- (3) No es necesario configurar un canal de comunicaciones de alta velocidad.

Breve descripción de los dibujos

10 La FIG. 1 muestra modos de control típicos de un convertidor de red de energía de corriente continua, donde la figura (a) es un modo de control de energía fijo, la figura (b) es un modo de control de voltaje auxiliar, y la figura (c) es un modo de control de voltaje fijo;

La FIG. 2 es la Solución 1 de Implementación del control de voltaje de la red de energía de corriente continua; y

La FIG. 3 es la Solución 2 de Implementación del control de voltaje de la red de energía de corriente continua.

Descripción detallada de la invención

15 La solución técnica de la presente invención se describe a continuación en detalle con referencia a los dibujos adjuntos y realizaciones específicas.

20 En un método de control de voltaje de la red de energía de corriente continua, el control de un voltaje de red de energía de corriente continua se divide en tres procesos, a saber, regulación de voltaje natural, primera regulación de voltaje y segunda regulación de voltaje; las estaciones convertidoras en la red de energía de corriente continua se dividen en tres tipos, a saber, estaciones convertidoras de regulación de energía, estaciones convertidoras de regulación de voltaje auxiliar y estaciones convertidoras de regulación de voltaje, en función de si la estación convertidora tiene una capacidad de regulación de voltaje, las estaciones convertidoras de regulación de energía que operan en un modo de control de energía fijo, las estaciones convertidoras de regulación de voltaje que operan en un modo de control de voltaje fijo o un modo de control de voltaje auxiliar, y las estaciones convertidoras de control de voltaje auxiliar que operan en el modo de control de voltaje auxiliar; todas las estaciones convertidoras en la red de energía de corriente continua participan en la regulación de voltaje natural, las estaciones convertidoras de regulación de voltaje auxiliar y las estaciones convertidoras de regulación de voltaje participan en la primera regulación de voltaje, y las estaciones convertidoras de regulación de voltaje participan en la segunda regulación de voltaje.

30 En la regulación de voltaje natural, el almacenamiento de energía del condensador en las estaciones convertidoras en la red de energía de corriente continua se usa para soportar el cambio de carga de la red de energía de corriente continua primero, cuando la energía en la red de energía de corriente continua no está balanceada, la desviación de voltaje de corriente continua aumenta gradualmente con el tiempo, y un proceso de regulación de voltaje natural se completa naturalmente y no necesita ninguna medida de ajuste.

35 En la primera regulación de voltaje, las estaciones convertidoras que operan en el modo de control de voltaje auxiliar se usan para participar en el ajuste del voltaje de corriente continua, para eventualmente permitir que el voltaje de corriente continua forme una desviación, y la primera regulación de voltaje se completa automáticamente dependiendo de un controlador de una estación convertidora y no necesita intervención de un departamento de regulación externo.

40 En la segunda regulación de voltaje, las estaciones convertidoras que operan en el modo de control de voltaje de corriente continua fija o las estaciones convertidoras que operan en el modo de control auxiliar de voltaje se usan para participar en el ajuste del voltaje de corriente continua, para eventualmente implementar un control preciso del voltaje de corriente continua, y un controlador de la segunda regulación de voltaje está montado dentro de una estación convertidora o en un departamento de regulación externo.

45 Un método de implementación del modo de control de voltaje auxiliar es:

(1) detectar voltaje de corriente continua U_{dc} ;

(2) calcular la desviación $\Delta U = U_{dc} - U_{tasa}$ entre el voltaje de corriente continua U_{dc} y el voltaje nominal de corriente continua U_{tasa} ;

50 (3) comparar ΔU con valores de desviación de voltaje fijo $U_{ajusteH}$ y $U_{ajusteL}$ ($U_{ajusteH} > U_{ajusteL}$), donde cuando $U_{ajusteL} < \Delta U < U_{ajusteH}$, $\Delta U_{modo} = 0$, cuando $\Delta U > U_{ajusteH}$, $\Delta U_{modo} = \Delta U - U_{ajusteH}$, y cuando $\Delta U < U_{ajusteL}$, $\Delta U_{modo} = \Delta U - U_{ajusteL}$;

(4) calcular un valor de desviación de la programación de energía $\Delta P = K \cdot \Delta U_{\text{modo}}$; y

(5) calcular una programación de energía $P_{\text{ref}} = P_{\text{orden}} - \Delta P$ de un controlador de energía de acuerdo con una programación de energía P_{orden} entregada por un controlador de capa superior y el valor de desviación de la programación de energía ΔP .

5 La figura 1 muestra modos de control típicos de un convertidor de red de energía de corriente continua, donde la figura (a) es un modo de control de energía fijo, la figura (b) es un modo de control de voltaje auxiliar, y la figura (c) es un modo de control de voltaje fijo.

Solo puede haber un controlador de voltaje fijo en una red de corriente continua. El controlador puede montarse en un controlador de capa superior, tal como el despacho de energía, o puede montarse dentro de una estación convertidora. En una red de energía de corriente continua que se muestra en la figura 2, un controlador de voltaje está montado en un sistema de despacho de energía. Una estación 1 convertidora y una estación 2 convertidora son estaciones convertidoras de regulación de voltaje. Las estaciones convertidoras de regulación de voltaje operan en el modo de control de voltaje auxiliar y reciben una programación de energía entregada por el controlador de voltaje. Una estación 3 convertidora es una estación convertidora de regulación de voltaje auxiliar, opera en el modo de control de voltaje auxiliar y recibe una programación de energía de despacho de energía. Una estación 4 convertidora es una estación convertidora de regulación de energía, opera en el modo de control de energía fijo y recibe una programación de energía de despacho de energía. Cuando cambia la carga de la red de energía de corriente continua, el almacenamiento de energía del condensador de las cuatro estaciones convertidoras primero repara el desequilibrio de energía y, como resultado, el voltaje de corriente continua se desvía gradualmente. Tal proceso es un proceso de regulación de voltaje natural. Si el controlador de voltaje tiene una velocidad de ajuste relativamente lenta o un retraso de comunicación relativamente largo, cuando la desviación del voltaje de corriente continua alcanza un grado particular, la estación 1 convertidora, la estación 2 convertidora y la estación 3 convertidora operan automáticamente en el modo de control de voltaje auxiliar ajustan los valores de referencia de energía respectivos P_{ref} , para mantener el equilibrio de energía para suprimir una mayor desviación de voltaje de corriente continua. Tal proceso es un proceso de la primera regulación de voltaje. La primera regulación de voltaje no puede implementar un control preciso del voltaje de corriente continua. Después de un período de tiempo, el controlador de voltaje comienza a cambiar automáticamente las programaciones de energía de la estación 1 convertidora y la estación 2 convertidora, para implementar un control preciso del voltaje de corriente continua. Al mismo tiempo, un valor de referencia de energía $P_{\text{ref}3}$ de la estación 3 convertidora vuelve a $P_{\text{orden}3}$. Tal proceso es un proceso de la segunda regulación de voltaje. Si la velocidad de ajuste del controlador de voltaje es suficientemente rápida y el retraso de la comunicación es suficientemente corto, el proceso de la segunda regulación de voltaje ejerce un efecto antes que el proceso de la primera regulación de voltaje. El controlador de voltaje cambia $P_{\text{orden}1}$ y $P_{\text{orden}2}$ para mantener el equilibrio de energía, a fin de implementar un control preciso del voltaje de corriente continua.

35 En una red de energía de corriente continua que se muestra en la figura 3, un controlador de voltaje está montado dentro de una estación convertidora. Una estación 1 convertidora y una estación 2 convertidora son estaciones convertidoras de regulación de voltaje. La estación 1 convertidora opera en un modo de control de voltaje fijo. La estación 2 convertidora opera en un modo de control de voltaje auxiliar. La estación 2 convertidora recibe una programación de energía de un despacho de energía. Una estación 3 convertidora es una estación convertidora de regulación de voltaje auxiliar, opera en el modo de control de voltaje auxiliar y recibe una programación de energía de despacho de energía. Una estación 4 convertidora es una estación convertidora de regulación de energía, opera en un modo de control de energía fijo y recibe una programación de energía de despacho de energía. Cuando cambia la carga de la red de energía de corriente continua, el almacenamiento de energía del condensador de las cuatro estaciones convertidoras primero repara el desequilibrio de energía y, como resultado, el voltaje de corriente continua se desvía gradualmente. Tal proceso es un proceso de regulación de voltaje natural. El controlador de voltaje montado dentro de la estación convertidora tiene un retraso de comunicación relativamente corto y una velocidad de ajuste relativamente rápida. El controlador de voltaje cambia $P_{\text{orden}1}$ y $P_{\text{orden}2}$ para mantener el equilibrio de energía, a fin de implementar un control preciso del voltaje de corriente continua. Cuando la estación 1 convertidora falla y deja de operar, la energía de la red de energía de corriente continua puede dejar de estar equilibrada. El almacenamiento de energía del condensador de las cuatro estaciones convertidoras primero repara el desequilibrio de energía y, como resultado, el voltaje de corriente continua se desvía gradualmente. Tal proceso es un proceso de regulación de voltaje natural. La estación 2 convertidora se hace cargo del correcto control de voltaje por medio de la comunicación. Si un retraso de comunicación es relativamente largo, cuando la desviación de voltaje de corriente continua alcanza un grado particular, la estación 2 convertidora y la estación 3 convertidora que operan en el modo de control de voltaje auxiliar ajustan automáticamente los valores de referencia de energía respectivos P_{ref} para mantener el equilibrio de energía, para suprimir la desviación adicional del voltaje de corriente continua. Tal proceso es un proceso de la primera regulación de voltaje. La primera regulación de voltaje no puede implementar un control preciso del voltaje de corriente continua. Después de un período de tiempo, la estación 2 convertidora toma el correcto control de voltaje y conmuta al modo de control de voltaje fijo, para implementar un control preciso del voltaje de corriente continua. Al mismo tiempo, un valor de referencia de energía $P_{\text{ref}3}$ de la estación 3 convertidora vuelve a $P_{\text{orden}3}$ nuevamente. Tal proceso es un proceso de la segunda regulación de voltaje. Si el retraso de la comunicación es suficientemente corto, la estación 2 convertidora ya toma el correcto control del voltaje

antes de que el proceso de la primera regulación de voltaje ejerza un efecto, y el proceso de la segunda regulación de voltaje ya ejerza un efecto, para implementar un control preciso del voltaje de corriente continua.

Las realizaciones anteriores solo se usan para describir el concepto técnico de la presente invención y no se pueden usar para limitar el alcance de protección de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método de control de voltaje de la red de energía de corriente continua, en donde las estaciones convertidoras en la red de energía de corriente continua se dividen en tres tipos: estaciones convertidoras de regulación de energía, estaciones convertidoras de regulación de voltaje auxiliar y estaciones convertidoras de regulación de voltaje, en función de si la estación convertidora tiene una capacidad de regulación de voltaje;

las estaciones convertidoras de regulación de energía que operan en un modo de control de energía fijo, las estaciones convertidoras de regulación de voltaje auxiliar que operan en un modo de control de voltaje auxiliar y las estaciones convertidoras de regulación de voltaje que operan en un modo de control de voltaje fijo o el modo de control de voltaje auxiliar;

en donde el control de un voltaje de la red de energía de corriente continua se divide en tres procesos que son una regulación de voltaje natural en la cual se utiliza un almacenamiento de energía del condensador en las estaciones convertidoras en la red de energía de corriente continua para ajustar un voltaje de corriente continua en la red de energía de corriente continua, una primera regulación de voltaje en la cual las estaciones convertidoras que operan en el modo de control de voltaje auxiliar se usan para ajustar el voltaje de corriente continua en la red de energía de corriente continua, para permitir que el voltaje de corriente continua forme una desviación, y la primera regulación de voltaje se completa dependiendo de un controlador de una estación convertidora y una segunda regulación de voltaje en la cual las estaciones convertidoras que operan en el modo de control de voltaje fijo o las estaciones convertidoras que operan en el modo de control de voltaje auxiliar se usan para ajustar el voltaje de corriente continua en la red de energía de corriente continua, para implementar un control preciso del voltaje de corriente continua, en donde un controlador de la segunda regulación de voltaje se monta dentro de una estación convertidora o en un departamento de regulación externo; todas las estaciones convertidoras en la red de energía de corriente continua participan en la regulación de voltaje natural, las estaciones convertidoras de regulación de voltaje auxiliar y las estaciones convertidoras de regulación de voltaje participan en la primera regulación de voltaje, y las estaciones convertidoras de regulación de voltaje participan en la segunda regulación de voltaje;

en donde durante la regulación las estaciones convertidoras de regulación de voltaje se conmutan entre el modo de control de voltaje fijo y el modo de control de voltaje auxiliar; caracterizado porque un método de implementación del modo de control de voltaje auxiliar es:

(1) detectar voltaje de corriente continua U_{dc} ;

(2) calcular la desviación $\Delta U = U_{dc} - U_{tasa}$ entre el voltaje de corriente continua U_{dc} y el voltaje nominal de corriente continua U_{tasa} ;

(3) ajustar dos valores diferentes de desviación de voltaje fijo $U_{ajusteH}$ y $U_{ajusteL}$, $U_{ajusteH} > U_{ajusteL}$, y comparar ΔU con $U_{ajusteH}$ y $U_{ajusteL}$, en donde cuando $U_{ajusteL} < \Delta U < U_{ajusteH}$, $\Delta U_{modo} = 0$, cuando $\Delta U > U_{ajusteH}$, $\Delta U_{modo} = \Delta U - U_{ajusteH}$, y cuando $\Delta U < U_{ajusteL}$, $\Delta U_{modo} = \Delta U - U_{ajusteL}$;

(4) calcular un valor de desviación de la programación de energía $\Delta P = K * \Delta U_{modo}$, en donde K es un coeficiente proporcional; y

(5) calcular una programación de energía $P_{ref} = P_{orden} - \Delta P$ de un controlador de energía de acuerdo con una programación de energía P_{orden} entregada por un controlador de capa superior y el valor de desviación de la programación de energía ΔP .

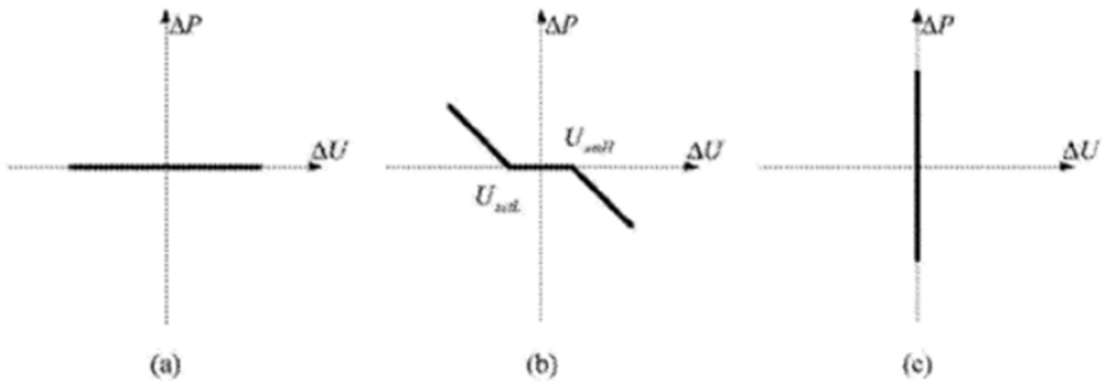


FIG.1

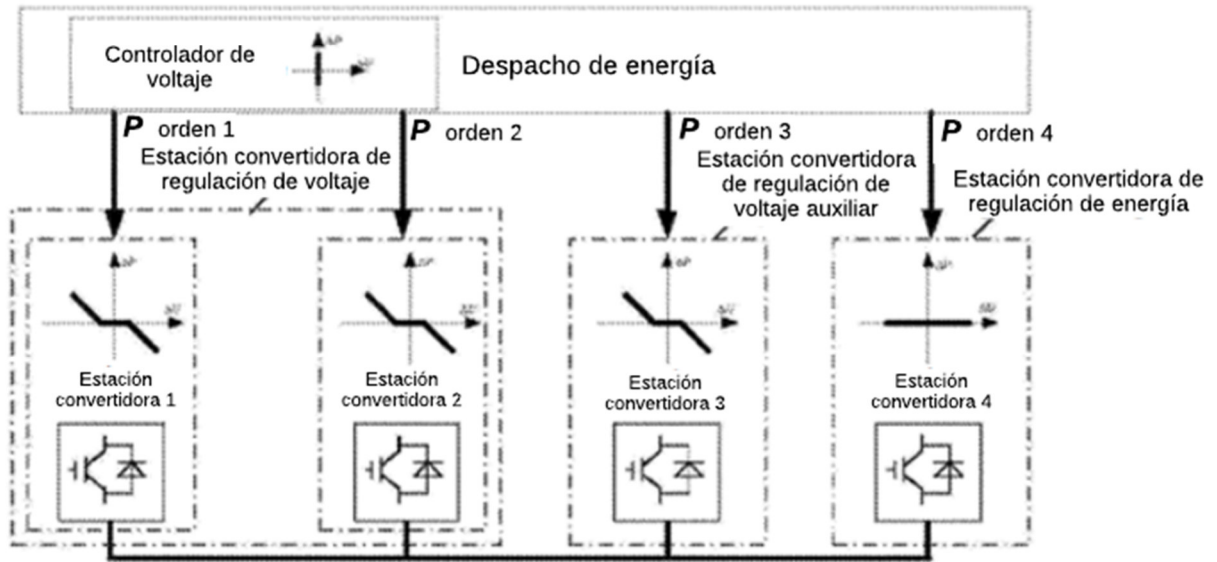


FIG.2

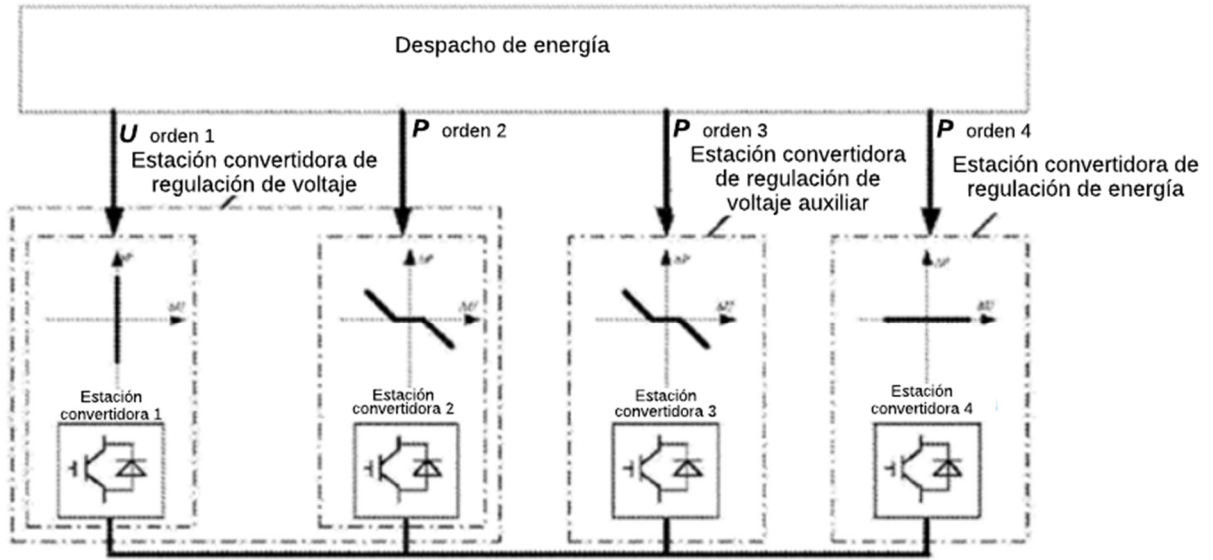


FIG.3