

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 814 228**

51 Int. Cl.:

H02M 1/32 (2007.01)

H02M 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2010** **E 10191343 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.06.2020** **EP 2328262**

54 Título: **Aparato y método para sistemas CC/CA para continuar funcionando durante eventos transitorios de la red**

30 Prioridad:

27.11.2009 CN 200910249850

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.03.2021

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

YUAN, XIAOMING;
TAN, ZHUOHUI y
WENG, HAIQING

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 814 228 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

Aparato y método para sistemas CC/CA para continuar funcionando durante eventos transitorios de la red

La materia escrita en la presente memoria se refiere en general a los inversores solares (también denominados en la presente memoria sistema CC/CA o sistema convertidor de CC/CA) y más particularmente, pero no exclusivamente, a un aparato y método para que los inversores solares continúen funcionando durante eventos transitorios de la red.

Muchos países ahora o pronto requerirán que los paneles fotovoltaicos (FV) utilizados como instalaciones de generación eléctrica permanezcan conectados con la red eléctrica cuando la red falla. Permanecer conectado durante una falla (también conocido como evento transitorio, como protección por bajo voltaje (LVRT) o protección por voltaje cero (ZVRT)) puede ser un desafío desde una perspectiva de ingeniería.

Los sistemas de CC/CA convencionales, que convierten la CC de la matriz a CA para la red, están sujetos a daños si una matriz permanece conectada a la red durante un LVRT o ZVRT debido a una sobretensión en un enlace de CC del sistema de CC/CA. Un convertidor del lado FV bombeará energía al enlace de CC, mientras que el lado de la red tendrá energía inversa de la red debido al evento transitorio grande.

El documento US 2007/133241 A1 describe un circuito de suministro de energía, y particularmente circuitos para suministrar energía a un suministro de red, como la red doméstica, desde un dispositivo fotovoltaico. El documento US 2002/085397 A1 describe una sección de determinación de degradación y una sección de supresión de salida proporcionada en un inversor. El documento EP 0 756 372 A1 describe un aparato de control de un inversor para convertir una energía eléctrica de CC en una energía eléctrica de CA mediante el uso de un dispositivo de conmutación.

En consecuencia, se necesita un nuevo sistema y método para que una matriz FV permanezca conectada a una red eléctrica durante un evento transitorio sin sufrir daños.

Diversas realizaciones de la invención permiten que una matriz FV permanezca conectada a una red eléctrica durante un evento transitorio sin sufrir daños. La reivindicación 1 define un sistema convertidor; la reivindicación independiente 10 define un método para prevenir la sobretensión en un convertidor de CC a CA. Además, se proporciona un sistema convertidor que comprende: un convertidor de CC a CA que convierte CC de una matriz fotovoltaica a CA para una red; un dispositivo de seguimiento de punto de máxima potencia acoplado a la matriz; y un control del lado de la matriz, acoplado al convertidor de CC a CA y al dispositivo, que previene la sobretensión en el enlace de CC del convertidor de CC a CA mediante el uso de los datos de voltaje y corriente de la matriz del dispositivo y datos de voltaje del enlace de CC durante un evento transitorio de la red mediante el ajuste de un punto de potencia de operación de la matriz para aumentar el voltaje de la matriz.

Además, se proporciona un método para prevenir la sobretensión en un enlace de CC de la matriz fotovoltaica durante un evento transitorio de red, que comprende: recibir datos de voltaje del enlace de CC; recibir datos de voltaje y corriente de la matriz; y evitar la sobretensión en el enlace de CC mediante el uso de datos de voltaje del enlace de CC y datos de voltaje de la matriz durante un evento transitorio de la red al ajustar un punto de potencia de funcionamiento de la matriz mediante el uso de un comando del lado de la matriz para aumentar el voltaje de la matriz.

Un sistema de convertidor FV y un método para prevenir sobretensión en un enlace de CC se describen con referencia a las siguientes figuras, en las que los números de referencia similares se refieren a partes similares en las diversas vistas a menos que se especifique lo contrario, y en las que:

la figura 1 es un diagrama que ilustra un sistema convertidor;

la figura 2 es un diagrama que ilustra un sistema convertidor fotovoltaico. La figura 3 es un diagrama que ilustra un sistema convertidor fotovoltaico. La figura 4 es un diagrama que ilustra un sistema convertidor fotovoltaico. 5 es un diagrama que ilustra un sistema convertidor fotovoltaico. La figura 6 es un diagrama que ilustra un freno de CC. La figura 7 es un diagrama que ilustra un interruptor de freno de CC. La figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método para prevenir la sobretensión en un enlace de CC durante un evento transitorio de la red.

Se proporciona un sistema y un método para que una matriz FV permanezca conectada a una red eléctrica durante una falla mediante el uso de un regulador de sobretensión de CC para usar un convertidor del lado FV para ayudar a prevenir la sobretensión en un enlace de CC durante una falla de la red al cambiar la corriente, voltaje o comando de demanda de potencia de un convertidor del lado FV dinámicamente. Una realización usa el convertidor del lado FV para controlar el voltaje de CC durante la falla de la red, y usa el convertidor del lado de la red para seguir los comandos de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) pero dentro del límite de corriente nominal. Cuando una matriz FV no tiene un diodo conectado en serie, el regulador de sobretensión de CC se puede ajustar para suministrar parte de la energía a la matriz FV para evitar una sobretensión de CC en el enlace de CC. Se puede agregar una unidad de frenado al enlace de CC/lado FV/lado de la red de CA para evitar una sobretensión de CC.

La figura 1 es un diagrama que ilustra un sistema CC/CA. El sistema de la figura 1 incluye un Sistema convertidor 100 acoplado eléctricamente a una matriz FV 110 y una red eléctrica 120. El aparato 100 incluye un convertidor de CC a

CA 130, dispositivo MPPT 140, Control Vdc 150 y Detector de información de red 160.

El convertidor de CC a CA 130 recibe electricidad de CC de la matriz FV 110 y la convierte en corriente alterna para cargarla a la red 120. El MPPT 140 rastrea el punto de máxima potencia de la matriz 110 a través del voltaje y la retroalimentación de corriente de la matriz 110 y genera una corriente o voltaje de referencia del lado FV para el control Vdc 150. El MPPT 140 se puede implementar como un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), software y/u otra tecnología. El control Vdc 150 recibe información de la red (frecuencia y/o fase) del detector 160 y luego controla el convertidor de CC a CA 130 del sistema convertidor de CC/CA 100 en consecuencia para evitar sobretensión durante los eventos transitorios de la red.

Durante el funcionamiento, en contraste con un sistema convencional, el control de voltaje de CC proviene tanto del lado de la red como del lado FV. En consecuencia, durante un evento transitorio de la red 120, el control Vdc 150 previene la sobretensión al controlar adecuadamente la energía en el convertidor de CC a CA 130 del sistema convertidor 100 y el sistema 100 puede permanecer conectado a la red 120. El funcionamiento del sistema 100 se describirá en más detalles en conjunto con las otras figuras a continuación.

La figura 2 es un diagrama que ilustra un sistema convertidor del lado FV. El sistema se muestra como de una sola fase para facilitar la ilustración, pero también puede ser trifásico. El sistema mantiene el voltaje de CC aproximadamente a un nivel constante en el Convertidor de CC a CA 130 al ajustar la potencia del lado FV hacia abajo cuando la potencia del lado de la red disminuye. Esto se debe a que, durante una falla de la red, un convertidor del lado de la red (por ejemplo, el convertidor de línea 220 que se analiza a continuación) puede no ser capaz de cargar energía a la red 120 y, en este caso, la energía de entrada del lado FV al convertidor de CC a CA 130 necesita bajarse para equilibrar el flujo de energía desde la matriz FV 110 al convertidor de CC a CA 130 y a la red 120. De lo contrario, el condensador de CC 215 se cargará y se producirá una sobretensión.

La matriz FV 110 está acoplada a la red 120 a través de un filtro de CC 205 para evitar la ondulación de la corriente de CC, un convertidor de refuerzo 210, un condensador de CC 215, un convertidor de línea 220, un inductor de línea 225 y un transformador 230, en serie. El convertidor de refuerzo 210, el condensador de CC 215 y el convertidor de línea 220 forman el convertidor de CC a CA 130 que convierte la corriente CC de la matriz fotovoltaica 110 en corriente CA a la red 120. Detrás del inductor de línea 225, un filtro de distorsión 275 puede reducir cualquier distorsión (por ejemplo, cancelar armónicos de alta frecuencia) en la corriente antes de ser transmitida a la red 120 por el transformador 230.

El sistema de la figura 2 también incluye un MPPT 140 y un regulador de sobretensión de CC 245, los cuales están acoplados a un sumador que alimenta un comando de corriente a un regulador de corriente FV 235, que a su vez está acoplado a un modulador 240, que está conectado al convertidor de refuerzo 210. El MPPT 140 recibe retroalimentación de voltaje y corriente de la matriz FV 110. El regulador de corriente FV 235 también recibe la retroalimentación de corriente de la matriz 110. En el lado de la red, un detector de información de red 160 detecta datos de fase y/o frecuencia de red y alimenta lo mismo para un regulador de corriente 265, que también recibe retroalimentación de corriente después de convertir la corriente del convertidor de CC a CA 130. El regulador de corriente 265 también recibe un comando de corriente de un regulador de voltaje de CC 255 y un regulador VAR opcional 260. Retroalimentación de voltaje del condensador de CC 215 se alimenta a un sumador, que también va al regulador de voltaje de CC 255 y al regulador de sobretensión de CC 245. El regulador de voltaje de CC 255 y el regulador de sobretensión de CC 245 forman el control Vdc 150 (figura 1) en esta realización.

Durante el funcionamiento, el MPPT 140 ajusta el voltaje y la corriente de la matriz 110 para lograr la máxima potencia disponible al ordenar el regulador de corriente FV 235 en consecuencia. Además, para evitar la sobretensión durante un evento transitorio, el regulador de sobretensión de CC 245 utiliza el regulador del lado FV 235 para evitar la sobretensión de CC y proteger el sistema 100. El regulador 245 recibe la entrada de la diferencia entre el límite de Vdc (voltaje máximo) y Vdc de retroalimentación (voltaje a través del condensador de CC 215). El regulador de sobretensión de CC 245 disminuirá el comando de corriente del regulador del lado FV 235 cuando el voltaje del bus de CC del convertidor de CC a CA 130 esté por encima de cierto umbral al sumar una señal de compensación de corriente a la señal original del MPPT 140. Si el generador fotovoltaico 110 no permite la energía inversa, al agregar un limitador (con un límite inferior igual a 0) en el comando de corriente del lado FV (I_{pv_Cmd}), el convertidor de refuerzo del lado FV 210 dejará de bombear energía al convertidor de CC a CA 130 mediante lo cual se mantiene el voltaje a través del condensador de CC 215 constante o al menos dentro de su intervalo de funcionamiento normal. Es decir, el limitador restringe la referencia del regulador de corriente 235 a cero. Si la matriz FV 110 permite la energía inversa, este regulador 245 establecerá el comando de corriente del regulador 235 del lado FV en negativo para que la matriz FV 110 también se use para ayudar a prevenir la sobretensión de CC.

Además, el regulador de corriente del lado de la red 265 regula la corriente de modo que la corriente del convertidor de CC a CA 130 coincida con la frecuencia y/o fase detectada por el detector de información de la red 160 antes de ser alimentada al transformador 230 y luego a la red 120. El regulador VAR opcional 260 regula la potencia reactiva, si es necesario.

La figura 3 es un diagrama que ilustra un sistema convertidor del lado FV. El sistema descrito en la figura 3 es sustancialmente similar al sistema de la figura 2, excepto que un bloque de detección de falla de red 310 alimenta

datos de falla de red a un regulador de voltaje de CC 320, sumador y calculador de comando de corriente del lado de la red 330 en lugar del regulador de sobretensión de CC 245 y el regulador de voltaje de CC 255. El control Vdc 150 incluye el regulador de voltaje de CC 320. El sistema aumenta el voltaje del lado FV mediante un comando de corriente cuando la energía del lado de la red (y por lo tanto el voltaje) disminuye debido a un evento transitorio.

- 5 Durante el funcionamiento normal, el MPPT 140 genera un comando de corriente de referencia de corriente del lado FV (I_{pv_ref}), que se alimenta al calculador de comando de corriente 330 para calcular el comando de corriente activa del lado de la red (I_{xCmd}) de acuerdo con el voltaje de la matriz FV 110 y el voltaje de la red 120; y, a su vez, se alimenta al regulador de corriente del lado de la red 265 para regular la energía activa en la red 120. La diferencia entre el comando Vdc y la retroalimentación se alimenta a un regulador de voltaje de CC 320. La salida del regulador de voltaje de CC 320 se alimenta a su vez al regulador de corriente del lado FV 235 para ajustar la corriente de la matriz FV 110 y eventualmente regular la potencia de la matriz FV 110 al convertidor de CC a CA 130 y mantener el voltaje del bus de CC (voltaje a través del condensador de CC 215) en un cierto nivel.

- 10 El bloque de detección de falla de la red 310 recibe retroalimentación de voltaje de la red 120 y notifica al regulador 320 y el calculador 330 de cualquier evento transitorio. Durante un evento transitorio, el voltaje del condensador de CC 215 sube y el regulador de voltaje de CC 320 reduce su salida mediante lo cual provoca que el regulador de corriente FV 235 limite la corriente desde la matriz FV 110 al convertidor de refuerzo 210 (es decir, potencia reducida o incluso cero desde la matriz FV 110 al convertidor de CC a CA 130). El calculador de comando de corriente 330 limita la salida de corriente del convertidor de línea 220 basándose en la señal del MPPT 140 para garantizar que la salida de corriente del convertidor de línea 220 no exceda las capacidades del sistema.

- 15 La figura 4 es un diagrama que ilustra un sistema convertidor del lado FV. El sistema de la figura 4 es similar al sistema de la figura 2, excepto que se incluye un regulador de voltaje FV 410 que recibe retroalimentación de voltaje de la matriz FV 110 y un voltaje de referencia del MPPT 140 en lugar de alimentar directamente un comando de corriente al regulador 235. El regulador de voltaje FV 410, junto con el regulador de sobretensión de CC 245, a través de un sumador, genera un comando de corriente para el regulador de corriente FV 235, que ajusta la corriente en el convertidor de refuerzo 210. Como en el sistema de la figura 2, para evitar una sobretensión de CC, el punto de potencia de operación se reduce, pero se controla mediante el regulador de voltaje FV 410 que emite un comando de corriente al calculador de límite de corriente 330 en lugar de directamente por el regulador de corriente FV 235. El control Vdc 150, incluye los reguladores 255 y 245.

- 20 La figura 5 es un diagrama que ilustra un sistema convertidor del lado FV. El sistema de la figura 5 es similar al sistema de la figura 3, excepto que un regulador de voltaje FV 410, como en la figura 4, utiliza un comando de voltios desde el MPPT 140 para disminuir el punto de potencia de operación para evitar una sobretensión de CC durante un evento transitorio. El control Vdc 150 en la realización de la figura 5 comprende el regulador de voltaje de CC 320.

- 25 La figura 6 es un diagrama que ilustra una unidad de frenado de CC. Un detector de sobretensión de CC 610 controla el voltaje del enlace de CC. Si el voltaje del condensador de CC 215 excede un umbral establecido por debajo de su clasificación de voltaje, el detector 610 enviará una señal de encendido para cerrar el interruptor en el circuito del interruptor; mientras el voltaje del enlace de CC está dentro del rango de funcionamiento normal, el interruptor en el circuito del interruptor se apaga. Se pueden agregar componentes adicionales al sistema de la figura 6, pero no se muestran con fines de claridad.

- 30 La figura 7 es un diagrama que ilustra una unidad de frenado de CC. El sistema de la figura 7 es similar a la figura 6, excepto que no incluye un convertidor de refuerzo 210. Se pueden agregar componentes adicionales al sistema de la figura 7, pero no se muestran con fines de claridad.

- 35 La figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método 800 de prevención de sobretensión en un convertidor de CC a CA durante un evento transitorio de la red. El método 800 incluye recibir (810) datos de voltaje del bus de CC en el convertidor de CC a CA 130; recibir (820) datos de voltaje de la matriz FV 110; y ajustar (830) el punto de potencia de operación de la matriz 110 mediante el uso de los datos de voltaje recibidos para evitar sobretensión en el convertidor de CC a CA 130. El ajuste (830) utiliza un comando de demanda de corriente, voltaje o potencia del lado FV de un convertidor del lado FV. El ajuste (830) se puede realizar de acuerdo con cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente. En una realización, si (840) el voltaje del bus de CC en el convertidor de CC a CA 130 todavía alcanza un umbral por debajo de su clasificación de voltaje, el detector de sobretensión 610 activará (850) un dispositivo de disipación de energía, p. ej., una unidad de frenado, en el convertidor de CC a CA 130 para evitar sobretensiones.

Esta descripción escrita utiliza ejemplos para describir la invención, cuyo alcance está definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema convertidor (100) para acoplar eléctricamente una matriz fotovoltaica (110) y una red eléctrica (120), en donde el sistema convertidor (100) comprende:
 - un convertidor de CC a CA (130) dispuesto para convertir CC de una matriz fotovoltaica a CA para una red;
 - 5 un dispositivo de seguimiento de punto de máxima potencia (140) acoplado a la matriz; y
 - un controlador del lado de la matriz, acoplado al convertidor de CC a CA (130) y al dispositivo, dispuesto para evitar la sobretensión en un bus de CC del convertidor de CC a CA mediante el uso de datos de voltaje y corriente de la matriz del dispositivo y datos de voltaje del convertidor de CC a CA durante un evento transitorio de la red al ajustar el punto de potencia de funcionamiento de la matriz para aumentar el voltaje de la matriz; en donde
 - 10 el controlador incluye un regulador de voltaje de CC (255); y
 - el convertidor de CC a CA (130) incluye un convertidor de refuerzo (210) y un convertidor del lado de la red dispuesto para regular la energía activa en una red de acuerdo con la potencia máxima de una matriz fotovoltaica (110);
 - 15 y el sistema comprende, además, un convertidor del lado de la matriz dispuesto para regular el flujo de energía desde la matriz para mantener el voltaje del bus de CC del convertidor de CC a CA.
2. El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde el controlador incluye un regulador de corriente fotovoltaica (235) dispuesto para ajustar la corriente en el convertidor de CC a CA (130) basado en un comando de corriente del dispositivo y un regulador de sobretensión de CC (245) dispuesto para recibir datos de voltaje del bus de CC del convertidor de CC a CA.
- 20 3. El sistema (100) de la reivindicación 2, en donde el regulador de sobretensión (245) está configurado para restringir la referencia del regulador de corriente fotovoltaica (235) a cero si la matriz no permite la energía inversa cuando el voltaje del bus de CC del convertidor de CC a CA (130) excede su capacidad de voltaje.
4. El sistema (100) de la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en donde el regulador de sobretensión (245) está configurado para configurar el regulador de corriente fotovoltaica (235) para emitir un comando de corriente negativa si la matriz permite la potencia inversa.
- 25 5. El sistema (100) de cualquier reivindicación precedente, en donde el convertidor del lado de la red es un convertidor de línea (220), el sistema (100) comprende, además, un calculador de límite de corriente, acoplado al dispositivo, dispuesto para limitar la salida de corriente del convertidor de línea (220)
6. El sistema (100) de la reivindicación 2, la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en donde el regulador de voltaje (255) está dispuesto para ajustar la corriente en el convertidor de CC a CA (130) basándose en un comando de voltaje del dispositivo y el regulador de sobretensión de CC (245) está dispuesto para recibir retroalimentación del voltaje del bus de CC del convertidor de CC a CA.
- 30 7. El sistema (100) de cualquier reivindicación precedente, en donde el dispositivo está configurado para emitir un comando de voltaje para disminuir el punto de potencia de operación de la matriz.
8. El sistema (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 6 o 7, en donde el convertidor del lado de la red es un convertidor de línea (220), y en donde el convertidor de CC a CA (130) comprende un condensador de CC (215) y el convertidor de línea (220) acoplado en serie y en donde el sistema comprende, además, un detector de sobretensión dispuesto para activar un dispositivo de disipación de potencia (850) si el voltaje del condensador de CC (215) excede un umbral por debajo de la clasificación de voltaje del bus de CC del convertidor de CC a CA (130).
- 40 9. El sistema (100) de la reivindicación 8, en donde los dispositivos de disipación de potencia (850) incluyen una unidad de frenado.
10. Un método (800) para prevenir la sobretensión en un convertidor de CC a CA (130) conectado a una matriz fotovoltaica (110) durante un evento transitorio de red, que comprende:
 - recibir datos de voltaje (810) del convertidor de CC a CA;
 - 45 recibir datos de voltaje y corriente de la matriz;
 - prevenir la sobretensión en el convertidor de CC a CA mediante un controlador del lado de la matriz que utiliza datos de voltaje del bus de CC del convertidor de CC a CA y datos de voltaje y corriente de la matriz durante un evento transitorio de la red al ajustar el punto de potencia de funcionamiento de la matriz mediante el uso de un comando del lado de la matriz para aumentar el voltaje de la matriz; incluso
 - 50 regular el voltaje de CC en el controlador por medio de un regulador de voltaje de CC;

regular la energía activa en una red de acuerdo con la potencia máxima de la matriz fotovoltaica (110) mediante un convertidor de refuerzo y un convertidor en el lado de la red en el convertidor de CC a CA; y

regular el flujo de energía de la matriz para mantener el voltaje del bus de CC del convertidor de CC a CA mediante un convertidor lateral de la matriz.

- 5 11. El método (800) de la reivindicación 10, en donde la prevención incluye el uso de corriente negativa en el convertidor de CC a CA (130) si la matriz (110) permite la potencia inversa.
12. El método (800) de la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en donde el convertidor del lado de la red es un convertidor de línea (220), en donde el método (800) comprende, además, limitar la salida de corriente del convertidor de línea (220).
- 10 13. El método (800) de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que comprende, además, activar un dispositivo de disipación de potencia (850) en el convertidor de CC a CA (130) si el voltaje en este excede un umbral por debajo de una clasificación de voltaje del bus CC del convertidor de CC a CA (130)
14. El método (800) de la reivindicación 13, en donde el dispositivo de disipación de potencia (850) incluye una unidad de frenado.

15

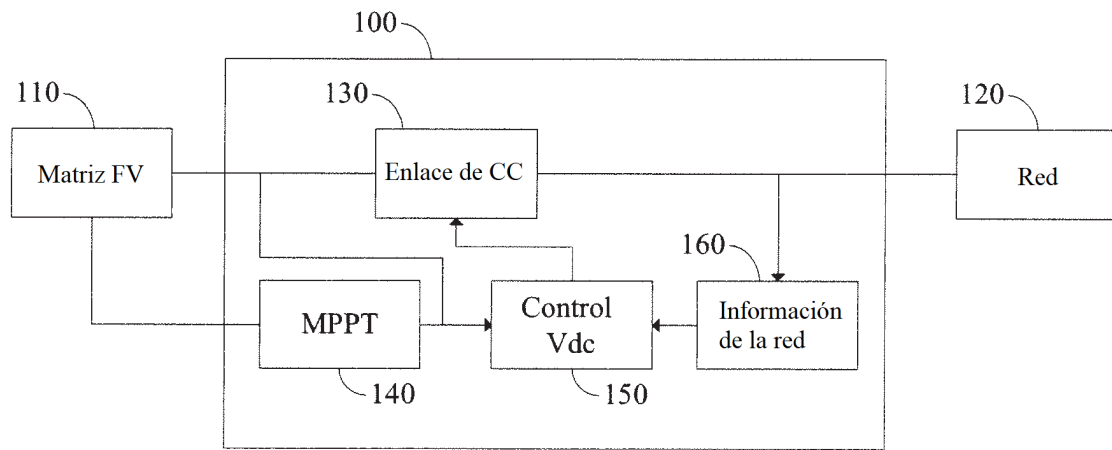


FIG. 1

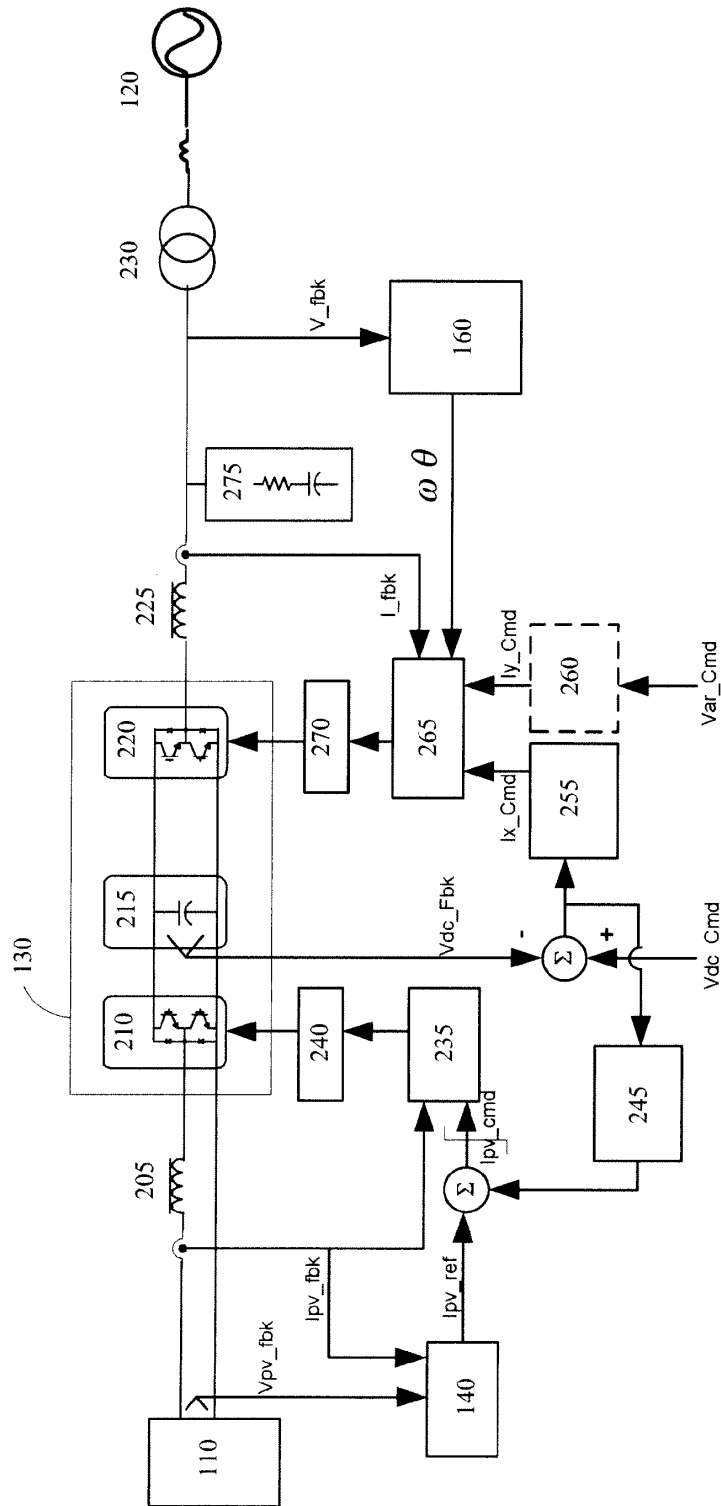


FIG. 2

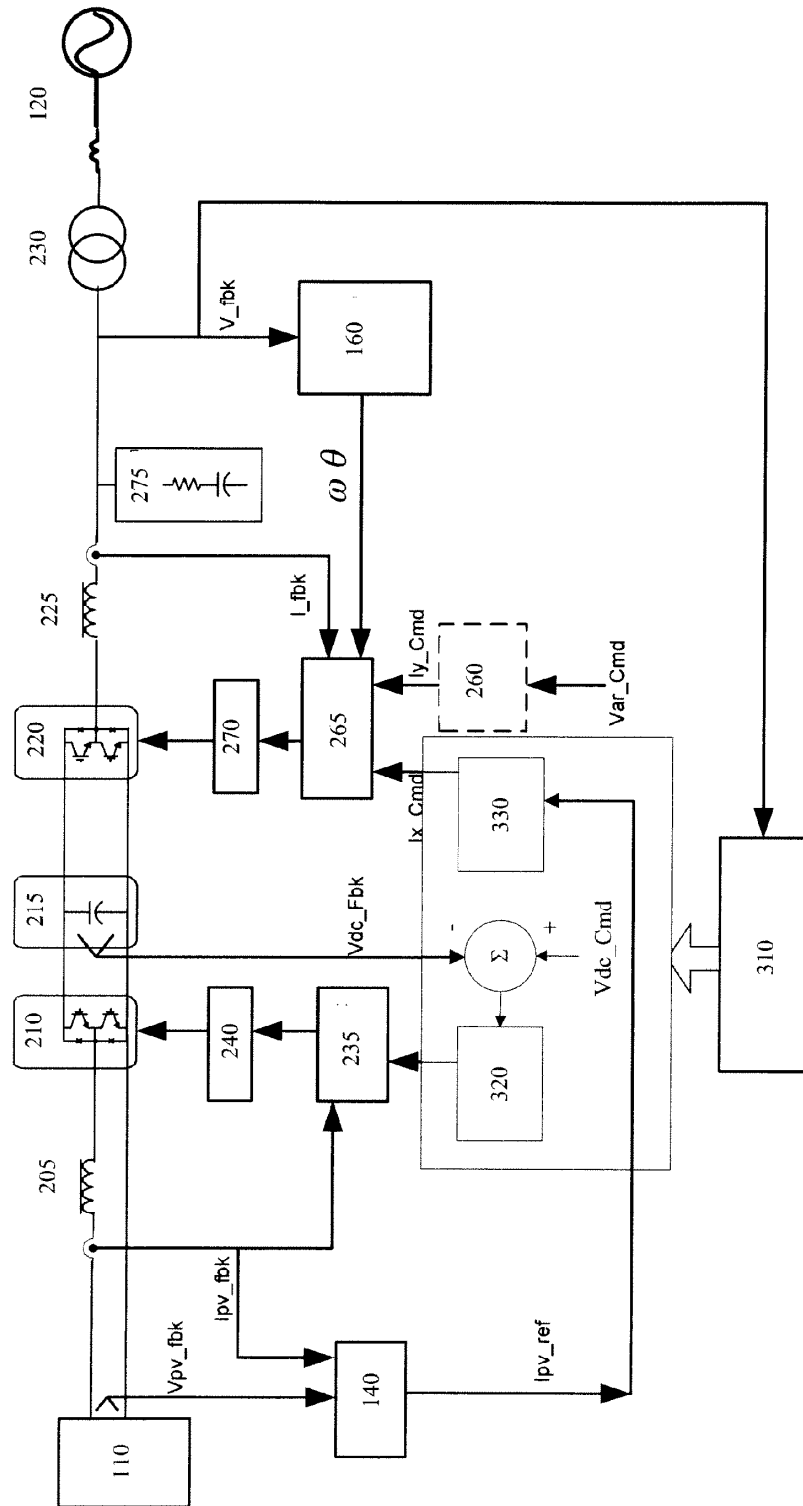


FIG. 3

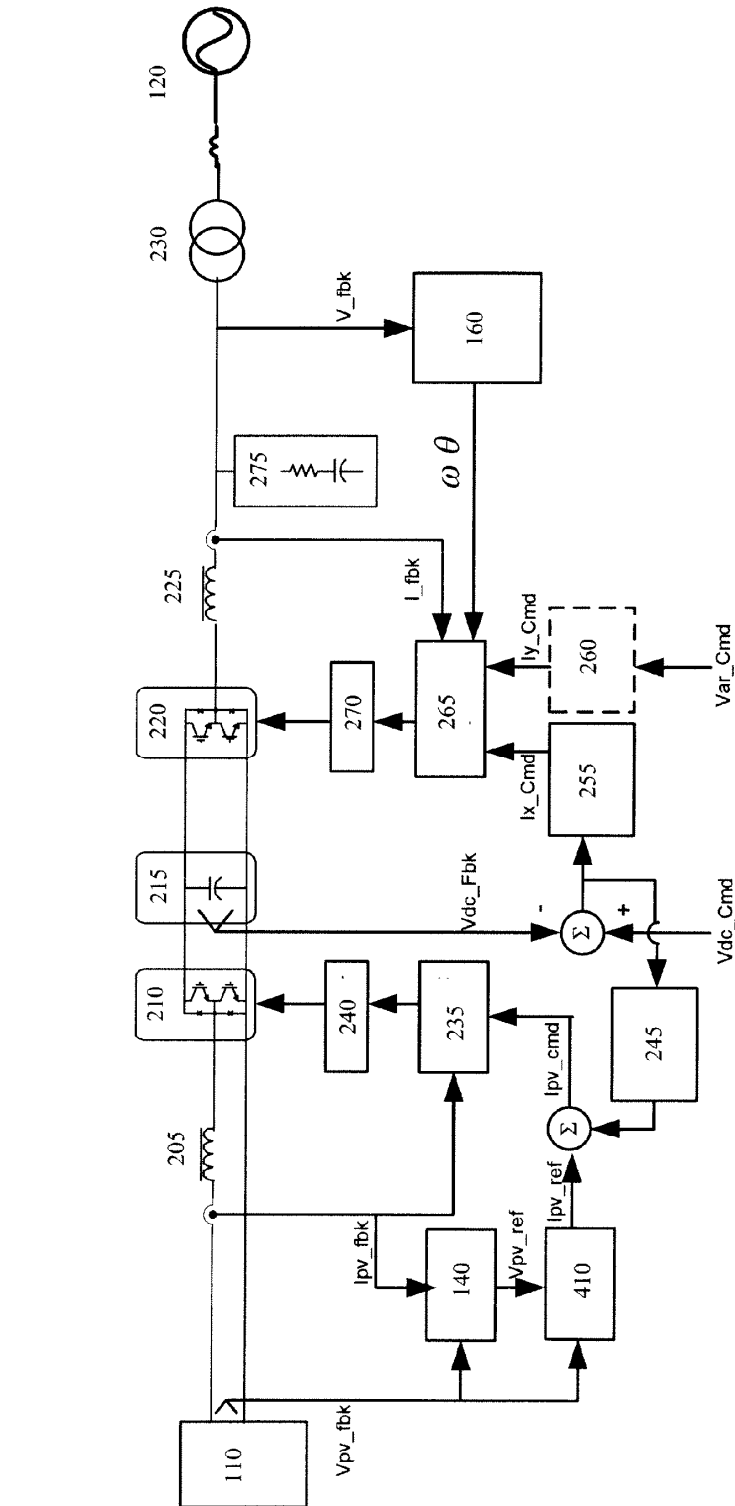


FIG. 4

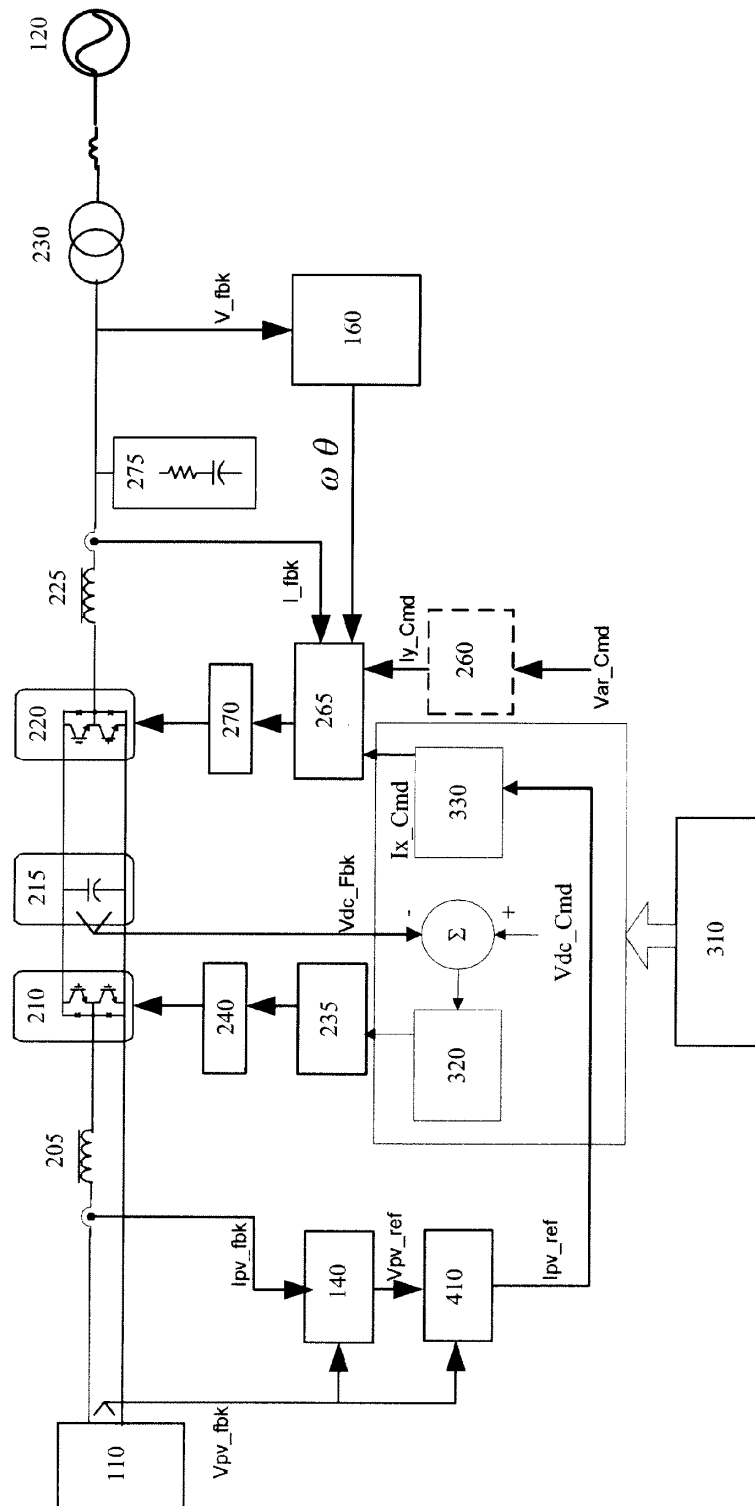


FIG. 5

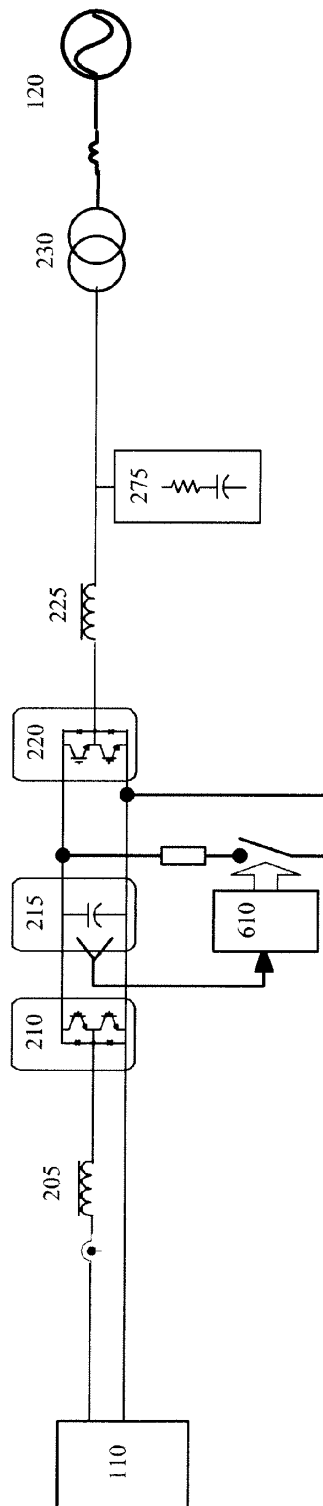


FIG. 6

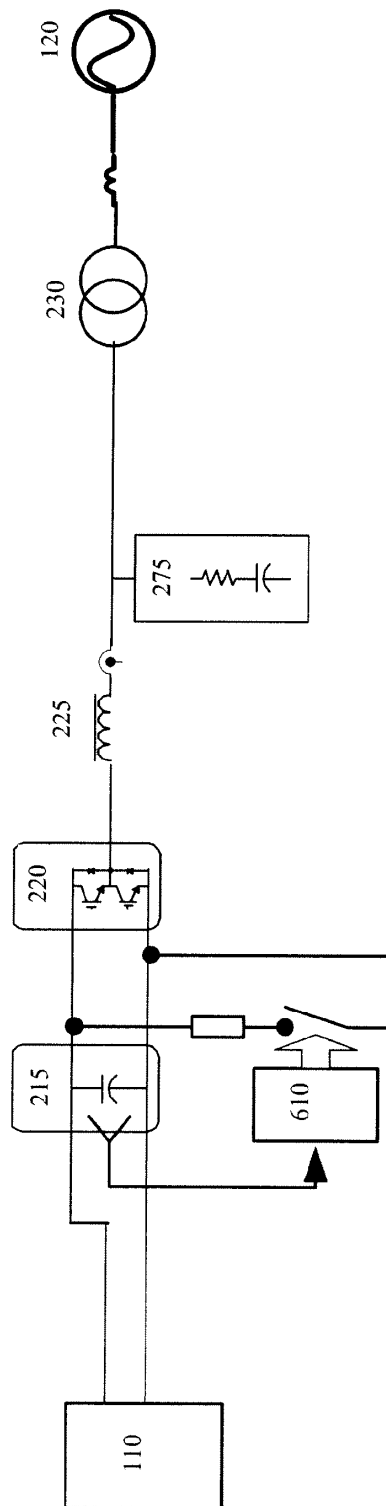


FIG. 7

800

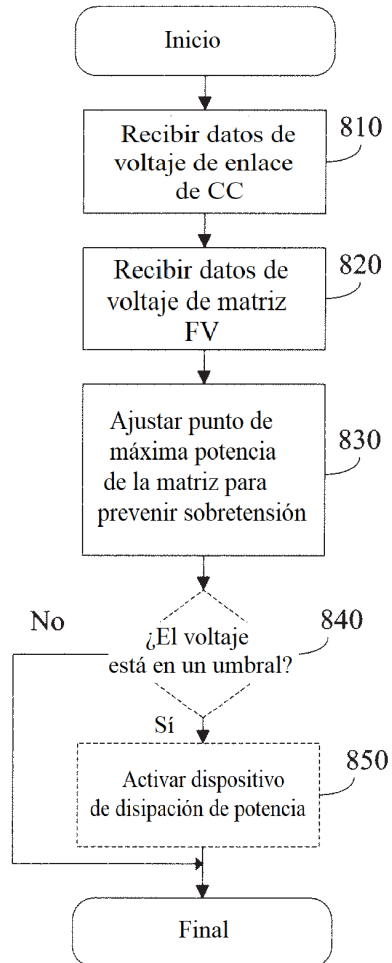


FIG. 8