

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 811 625**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2011** **E 11193787 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020** **EP 2469680**

54 Título: **Sistema y método de conversión de energía**

30 Prioridad:

22.12.2010 CN 201010613304

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

12.03.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**O'BRIEN, KATHLEEN ANN;
TAN, ZHUOHUI;
WU, XINHUI;
GONG, MAOZHONG y
WU, XUEQIN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 811 625 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 y método de conversión de energía

5 ANTECEDENTES

La invención está relacionada generalmente con sistemas y métodos de conversión de energía para convertir energía de corriente continua en un bus de CC en energía de corriente alterna para alimentar un sistema eléctrico.

10 La energía solar es una fuente de energía renovable importante que ha atraído mucha atención en los años recientes. Sin embargo, la energía solar sigue siendo cara en comparación con otras fuentes de electricidad. Así, se usan dispositivos tales como circuitos de seguimiento de punto de máxima energía (MPPT) para extraer la máxima cantidad de energía de sistemas de generación de energía solar.

15 Un sistema de generación de energía solar típico incluye una fuente de energía solar, un bus de CC para recibir energía de corriente continua de la fuente de energía solar, y un convertidor de lado de línea para convertir la energía de corriente continua en el bus de CC en energía de corriente alterna para alimentar un servicio público o red eléctrica. El sistema de generación de energía solar también incluye un sistema de control de conversión de energía para controlar el funcionamiento de la conversión de energía. Uno de los objetivos de control más importantes del sistema de control de conversión de energía es mantener la tensión de CC (V_{cc}) del bus de CC en cierto nivel. Una estrategia de control de conversión para controlar la tensión de CC es controlar el circuito MPPT según una señal de realimentación de tensión de CC medida ($V_{cc_realimentación}$). Cuando la señal de realimentación de tensión de CC es demasiado alta, la fuente de energía solar puede ser regulada para tener como salida menos energía. Sin embargo, cuando la señal de realimentación de tensión de CC es demasiado baja, si la fuente de energía solar está trabajando a aproximadamente la salida de máxima energía, es difícil extraer más energía para aumentar la tensión de CC. Por consiguiente, muchos sistemas de generación de energía solar funcionan ligeramente por debajo de la salida de máxima energía (dando como resultado producción de energía menos rentable) o uso de almacenamiento adicional de energía para mantener la tensión de CC (dando como resultado coste de equipamiento adicional).

30 En la técnica existe la necesidad de proporcionar un método y un sistema mejorados para mantener la tensión de CC, que difieran de métodos o sistemas convencionales y aborden uno o más de los problemas tratados anteriormente.

35 HOSSEINI S H ET AL: "Multi-input DC boost converter for grid connected hybrid PV/FC/battery power system", ELECTRIC POWER AND ENERGY CONFERENCE (EPEC), 2010 IEEE, IEEE, PISCATAWAY, NJ, EE. UU., 25 de agosto de 2010, páginas 1-6, XP031884707, DOI: 10.1109/EPEC.2010.5697177, ISBN: 978-1-4244-8186-6 describe un convertidor de energía CC de varias entradas para un sistema de energía híbrido PV/FC/batería conectado a la red eléctrica.

BREVE DESCRIPCIÓN

40 Según la invención un sistema de energía incluye la materia de asunto de la reivindicación 1. Según la invención un método para convertir energía en CC en un bus de CC en energía en CA incluye la materia de asunto de la reivindicación 8.

DIBUJOS

45 Estos y otros rasgos, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor cuando se lea la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos, en los que caracteres semejantes representan partes semejantes por todos los dibujos, en donde:

50 La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de energía según una realización de la invención. La figura 2 ilustra una curva tensión-corriente para una fuente de energía solar. La figura 3 ilustra una curva tensión-energía para una fuente de energía solar. La figura 4 ilustra un diagrama de bloques de control para un sistema de control de conversión de energía del sistema de energía de la figura 1 según una realización. La figura 5 ilustra un diagrama de bloques de control de un regulador de energía para generar una señal de frecuencia interna según una realización. La figura 6 ilustra un diagrama de bloques de control de un detector para generar una señal de error de tensión de CC según una realización. La figura 7 ilustra un diagrama de bloques de control para un sistema de control de conversión de energía según otra realización. La figura 8 ilustra un diagrama de bloques de control para un sistema de control de conversión de energía. La figura 9 ilustra un diagrama de bloques de control para un sistema de control de conversión de energía. La figura 10 ilustra un diagrama de bloques de control para un sistema de control de conversión de energía según todavía otra realización. La figura 11 ilustra un sistema de energía según un ejemplo de doble estadio que no se incluye en el alcance de las reivindicaciones independientes. La figura 12 ilustra varios bloques de sistema de control para el sistema de energía de la figura 11.

La figura 13 ilustra varios bloques de sistema de control para el sistema de energía de la figura 11.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

5 Realizaciones de la invención están relacionadas con un sistema de energía para convertir energía de corriente continua ("CC") en un bus de CC a energía de corriente alterna ("CA") con una salida de tensión regulada y para alimentar la energía en CA a un sistema eléctrico que puede incluir un servicio público de alimentación o una red eléctrica, por ejemplo. Un sistema de control de conversión de energía se usa para controlar la conversión de energía y para mantener la tensión de bus de CC ("tensión de CC") en cierto nivel.

10 Haciendo referencia a la figura 1, un sistema de energía ejemplar 10 incluye una fuente de energía 12 para entregar energía en CC 14 a un bus de CC 16, un módulo de conversión de energía 18 para convertir la energía en CC 14 a una energía en CA 20 con una salida de tensión regulada y alimentar la salida de tensión regulada a un sistema eléctrico 22, y un sistema de control de conversión de energía 24 ("sistema de control 24") para controlar operaciones del módulo de conversión de energía 18 y para mantener una tensión de CC (V_{cc}) en el bus de CC 16 en cierto valor o dentro de cierto intervalo de valores. En la realización ilustrada, el sistema de energía 10 comprende un sistema de energía trifásica que genera energía en CA trifásica 20.

20 En una realización, la fuente de energía 12 puede comprender una fuente de energía solar tal como un panel fotovoltaico (FV) o un módulo de batería tal como una celda de carburante para entregar energía en CC para alimentar directa o indirectamente la energía en CC 14 al bus de CC 16. En otras realizaciones, la fuente de energía 12 puede comprender otro tipo de generador de energía tal como un aerogenerador, una turbina de energía hidrocínética marina, una turbina de gas, o una turbina de vapor de agua para generar energía en CA y un convertidor CA-CC (tal como se representa por el convertidor de lado de fuente 72 de la figura 11) para convertir la energía en CA en la energía en CC 14.

25 En la figura 1, la fuente de energía 12 comprende una fuente de energía solar que comprende un panel FV o una serie de paneles FV. El módulo de energía 12 funciona para trabajar sustancialmente en un límite de energía o punto de máxima energía (MPP) donde los valores de corriente y tensión de la fuente de energía 12 dan como resultado una salida de máxima energía. En otras realizaciones tales como en donde la fuente de energía 12 comprende otro tipo de fuente de energía tal como una batería de celdas de carburante, la otra fuente de energía también puede trabajar en un límite de energía. Haciendo referencia a las figuras 2 y 3, una curva corriente-tensión (curva V-I) 28 de la figura 2 ilustra la característica tensión-corriente de la fuente de energía 12 en ciertas condiciones de funcionamiento, y una curva energía-tensión (curva P-V) 30 de la figura 3 ilustra la correspondiente característica de energía de la fuente de energía 12 en las mismas condiciones. La tensión en la curva V-I es casi cero en una corriente de cortocircuito (I_{corto}) cuando los terminales de salida de los paneles FV están en corto juntos. Conforme aumenta la tensión de salida, el valor de corriente de la curva V-I 28 permanece en un nivel sustancialmente constante hasta que alcanza un punto rodilla (I_m , V_m) en el que desciende rápidamente hacia corriente cero en una salida de tensión de circuito abierto ($V_{abierto}$).

40 Haciendo referencia a la figura 3, en ciertas realizaciones, la curva P-V 30 es la corriente un número de veces la tensión en cada punto a lo largo de la curva V-I 28. La curva P-V 30 tiene una máxima energía (P_{mpp}) correspondiente al punto rodilla de la curva V-I en la figura 2, que se conoce como el MPP. El MPP tiende a cambiar basándose en cambios en las condiciones de funcionamiento tales como nivel de iluminación, temperatura, y edad de los paneles FV. En la realización ilustrada de la figura 1, el sistema de energía 10 incluye un circuito de seguimiento de punto de máxima energía (MPPT) 32 para hacer seguimiento del MPP y asegurar que la fuente de energía 12 trabaja sustancialmente en el MPP.

50 En la figura 1, el módulo de conversión de energía 18 comprende un convertidor de lado de línea o un convertidor de energía CC-CA 34 que recibe energía en CC 14 desde la fuente de energía 12, y convierte la energía en CC 14 a la energía en CA 20. En la realización ilustrada, el convertidor de lado de línea 34 funciona como fuente de tensión para el sistema eléctrico 22. En otras palabras, el controlador de lado de línea 36 controla la fase y la amplitud de la tensión de salida del convertidor de lado de línea 34. En ciertas realizaciones, el convertidor de lado de línea 34 comprende una pluralidad de interruptores semiconductores (no se muestran) tales como Tiristores Conmutados por Puerta Integrada (IGCT) y/o Transistores Bipolares de Puerta Aislada (IGBT). El sistema de control 24 comprende un controlador de lado de línea 36 que envía señales de control 38 para controlar acciones de encendido o apagado de los interruptores semiconductores para generar la salida de tensión regulada.

60 Continuando con referencia a la figura 1, el controlador de lado de línea 36 recibe una señal de realimentación de tensión de CC ($V_{cc_realimentación}$) que es una tensión de CC medida en el bus de CC 16, una señal de orden de tensión de CC (V_{cc_orden}), una señal de orden de energía (P_{orden}), una señal de realimentación de energía ($P_{realimentación}$), la señal de máxima energía (P_{mpp}), y una señal de amplitud de tensión (V_{amp}) para generar las señales de control 38 para el convertidor de lado de línea 34. En una realización, el controlador de lado de línea 36 recibe una señal de tensión trifásica medida (V_a , V_b , V_c) de la salida de tensión regulada para calcular la señal de amplitud de tensión.

65 Haciendo referencia a la figura 4, el controlador de lado de línea 36 según una realización comprende un regulador de

energía 42, un integrador 44, un detector 46, un regulador de tensión 48, un integrador 50, un modulador 39 y dos elementos de suma 43 y 45 que se usan colectivamente para generar señales de control PWM 38 para el convertidor de lado de línea 34.

5 En la realización ilustrada de la figura 4, el controlador de lado de línea 36 recibe la señal de orden de energía (P_{orden}) y la señal de realimentación de energía ($P_{realimentación}$) y genera una señal de desequilibrio (o diferencia) de energía 40. En la realización ilustrada, la señal de orden de energía es la señal de máxima energía (P_{mpp}) generada por el circuito MPPT 32. En otra realización, la señal de orden de energía es una orden de energía planificada desde un controlador supervisor, p. ej. una señal de orden desde un sistema operativo de distribución (DSO) o un sistema operativo de transmisión (TSO). En una realización, el controlador de lado de línea 36 tiene un control de energía de bucle cerrado y usa una señal de energía medida desde la energía en CA 20 como señal de realimentación de energía ($P_{realimentación}$). En otra realización, como se ilustra con la línea de puntos, el controlador de lado de línea 36 usa una estrategia de control de energía de bucle abierto y usa una señal de energía medida desde la energía en CC 14 como señal de realimentación de energía ($P_{realimentación}$). En otra realización, la señal de realimentación de energía ($P_{realimentación}$) puede comprender una señal combinada que incluye ambas de la señal de energía medida desde la energía en CC 14 y la señal de energía medida desde la energía en CA 20. En una realización, la señal combinada comprende un valor promedio de las señales de energía medidas desde la energía en CC 14 y la energía en CA 20. En una realización, la señal de desequilibrio de energía 40 es una diferencia entre las señales de orden de energía y de realimentación (P_{orden} , $P_{realimentación}$) obtenida por el elemento de suma 43. Un regulador de energía 42 usa la señal de desequilibrio de energía 40 para generar una señal de frecuencia interna (ω). En ciertas realizaciones, la señal de frecuencia interna (ω) es diferente de la frecuencia del sistema eléctrico 22. Se genera una señal de ángulo de fase (θ) al integrar la señal de frecuencia interna (ω) usando un integrador 44.

25 Una realización ejemplar del regulador de energía 42 para generar la señal de frecuencia interna (ω) se ilustra en la figura 5. En esta realización, el regulador de energía 42 comprende un regulador PI 60 y un bucle colgante 62. El regulador PI 60 usa la señal de desequilibrio de energía 40 para generar la señal de frecuencia interna (ω). El bucle colgante 62 comprende un comparador 64 para comparar la señal de frecuencia interna (ω) con una señal base de frecuencia (ω_{ref}) y usa una diferencia de las mismas para limitar la señal de desequilibrio de energía 40.

30 Haciendo referencia de nuevo a la figura 4, el controlador de lado de línea 36 comprende además un detector 46 para recibir la señal de orden de tensión de CC (V_{cc_orden}) y la señal de realimentación de tensión de CC ($V_{cc_realimentación}$) para generar la señal de diferencia de tensión de CC 37. En una realización, la señal de diferencia de tensión de CC 37 comprende la diferencia entre la orden de tensión de CC y las señales de realimentación (V_{cc_orden} , $V_{cc_realimentación}$). En la realización ilustrada, un regulador de tensión 48 genera una señal de corrección de frecuencia ($\Delta\omega$) usando la señal de diferencia de tensión de CC 37 que refleja el error de tensión de CC. En una realización, el regulador de tensión 48 comprende un regulador PI, por ejemplo. Un integrador 50 integra la señal de corrección de frecuencia ($\Delta\theta$) para generar una señal de corrección de ángulo de fase ($\Delta\theta$). En la realización ilustrada, la señal de ángulo de fase (θ) es ajustada por la señal de corrección de ángulo de fase ($\Delta\theta$) en el elemento de suma 45 para obtener una señal de control de ángulo de fase (θ_c).

40 En ciertas realizaciones, el modulador 39 recibe la señal de control de ángulo de fase y la señal de amplitud de tensión y usa estas señales para generar señales de control PWM 38. En una realización ejemplar, el modulador 39 usa el ángulo de fase de tensión y señales de amplitud para generar una señal bifásica, y entonces convierte la señal bifásica en generar señales de orden de tensión trifásica para uso por parte del convertidor de lado de línea 34.

45 En funcionamiento, cuando la señal de realimentación de tensión de CC medida ($V_{cc_realimentación}$) es demasiado alta, la señal de corrección de ángulo de fase (θ_c) es positiva, y se aumenta la señal de control de ángulo de fase (θ_c). El convertidor de lado de línea 34 es por consiguiente regulado para tener como salida más energía al sistema eléctrico 22 para disminuir la tensión de CC. Cuando la señal de realimentación de tensión de CC medida es demasiado baja, la señal de corrección de ángulo de fase ($\Delta\theta$) es negativa, y se disminuye la señal de control de ángulo de fase (θ_c). El convertidor de lado de línea 34 es por consiguiente regulado para tener como salida menos energía al sistema eléctrico 22 para aumentar la tensión de CC.

55 Otra realización para generar la señal de diferencia de tensión de CC 37 por medio del detector 46 se ilustra en la figura 6. En esta realización, el detector 46 comprende un limitador 52, y la señal de orden de tensión de CC (V_{cc_orden}) establece un límite superior de tensión de CC ($V_{lim-sup}$) y un límite inferior de tensión de CC ($V_{lim-inf}$) para el limitador 52. Los límites superior e inferior de tensión de CC ($V_{lim-sup}$, $V_{lim-inf}$) definen un intervalo de funcionamiento seguro de la tensión de CC. Cuando la señal de realimentación de tensión de CC medida está entre el intervalo de funcionamiento seguro, la señal de diferencia de tensión 37 es cero. En otras palabras, pequeñas fluctuaciones de la tensión de CC dentro del intervalo de funcionamiento seguro no se usarán para alterar la señal de control de ángulo de fase. Cuando la señal de realimentación de tensión de CC medida ($V_{cc_realimentación}$) está más allá del intervalo, la señal de diferencia de tensión 37 es no cero y se usa para ajustar la señal de control de ángulo de fase.

65 En la realización ilustrada de la figura 6, si la señal de realimentación de tensión de CC ($V_{cc_realimentación}$) está entre los límites superior e inferior de tensión, una salida 54 del limitador 52 es la señal de realimentación de tensión de CC

($V_{cc_realimentación}$). Si la señal de realimentación de tensión de CC ($V_{cc_realimentación}$) está más allá de los límites superior e inferior de tensión ($V_{lim-sup}$, $V_{lim-inf}$), la salida 54 del limitador 52 es uno de los límites superior o inferior (el que esté más cerca de la señal de realimentación de tensión de CC ($V_{cc_realimentación}$)). La salida 54 de la limitador 52 es deducida por la señal de realimentación de tensión de CC ($V_{cc_realimentación}$) en un deductor 55. En la realización ilustrada, el detector 46 comprende además una unidad lógica 56 para recibir un resultado del deductor 55. Si la señal de realimentación de tensión de CC ($V_{cc_realimentación}$) está entre los límites de tensión superior e inferior, el resultado del deductor 55 es cero, y la unidad lógica 56 no envía una señal de diferencia de tensión de CC para alterar la señal de control de ángulo de fase (θ_c). Si la señal de realimentación de tensión de CC ($V_{cc_realimentación}$) está más allá de los límites superior e inferior de tensión, el resultado del deductor 55 es una diferencia de tensión de CC entre la señal de realimentación de tensión de CC y uno de los límites superior e inferior que está más cerca de la señal de realimentación de tensión de CC ($V_{cc_realimentación}$), y la unidad lógica 56 envía esta señal de error de tensión de CC como señal de diferencia de tensión de CC 37 para ajustar la señal de control de ángulo de fase (θ_c).

Las figuras 7, 8 y 9 ilustran diferentes ejemplos de controladores de lado de línea 736, 836, 936 para cambiar indirectamente la señal de ángulo de fase (θ) antes de su cálculo inicial. La figura 7 es similar a la de la figura 4 excepto que la señal de corrección de frecuencia ($\Delta\omega$) generada por el regulador de tensión de CC 48 no es enviada a un integrador separado sino en cambio se usa para ajustar la señal de frecuencia interna (ω) para obtener una señal de control de frecuencia interna (ω_c). El integrador 44 usa la señal de control de frecuencia interna (ω_c) para generar una señal de control de fase que se envía directamente al modulador 39. En la figura 8, la señal de diferencia de tensión 37 generada por el detector 46 es usada para generar una señal de regulación de energía (P_{reg}) por un regulador 66, y la señal de regulación de energía (P_{reg}) se usa para ajustar la señal de desequilibrio de energía 40. Así la frecuencia desde el regulador de energía 42 ya incluye ajustes requeridos por el sistema de regulación de energía. En una realización, el regulador 66 genera la señal de regulación de energía usando un regulador PI. En la realización de la figura 9, en la que no se requiere controlador MPPT 32 (figura 1), el sistema de control 24 comprende un regulador 68 para generar la señal de orden de energía (P_{orden}) usando la señal de diferencia de tensión de CC 37 al regular la diferencia de tensión de CC a cero.

En todavía otra realización que se ilustra en la figura 10, el controlador de lado de línea 136 comprende además un circuito PLL 58 para detectar tensiones trifásicas (V_a , V_b , V_c) de la salida de tensión regulada y generar una señal de referencia de frecuencia (ω_{pll}) y una señal de ángulo de fase de referencia (θ_{pll}) del convertidor de lado de línea 34. El sistema de control 24 usa las señales de referencia de frecuencia y de ángulo de fase (ω_{pll} , θ_{pll}) para limitar las señales de frecuencia interna y de ángulo de fase (ω , θ). En la realización ilustrada, la frecuencia interna (ω) generada por el regulador PI 60 se resta de la señal de referencia de frecuencia (ω_{pll} , θ_{pll}) en el elemento de suma 63, y una diferencia de frecuencia (ω_r) del mismo se envía al integrador 44. El integrador 44 comprende un limitador con valores de diferencia superior e inferior. Si la diferencia de frecuencia (ω_r) está entre los valores de diferencia superior e inferior, el integrador 44 genera una señal de ángulo de fase (θ) según la diferencia de frecuencia (ω_r). Si la diferencia de frecuencia (ω_r) está más allá de los valores de diferencia superior o inferior, el integrador 44 genera una señal de ángulo de fase (θ) según uno de los valores de diferencia superior o inferior que está más cerca de la diferencia de frecuencia. En la realización ilustrada, la señal de referencia de ángulo de fase (θ_{pll}) se añade a la señal de ángulo de fase del integrador 44 en el elemento de suma 65. Por consiguiente, las señales de referencia de frecuencia y de ángulo de fase (ω_{pll} , θ_{pll}) del circuito PLL 58 se usan para limitar la variación de las señales de frecuencia interna y de ángulo de fase (ω , θ) por motivos de protección pero no por motivos de funcionamiento normal.

Haciendo referencia a la figura 11, un sistema de energía 70 según otro ejemplo comprende además un convertidor de lado de fuente 72 para convertir una energía eléctrica desde la fuente de energía 12 en la energía en CC 14. En una realización, el convertidor de lado de fuente 72 comprende un convertidor de energía CC-CC para convertir una energía en CC desde la fuente de energía 12 a energía en CC 14. En otro ejemplo el convertidor de lado de fuente 72 comprende un convertidor de energía CA-CC para convertir una energía en CA desde la fuente de energía 12 a la energía en CC 14. En ciertos ejemplos, el convertidor de lado de fuente 72 comprende una pluralidad de interruptores semiconductores (no se muestran) tales como Tiristores Conmutados por Puerta Integrada (IGCT) y/o Transistores Bipolares de Puerta Aislada (IGBT). Un sistema de control de conversión de energía 74, en este ejemplo comprende un controlador de lado fuente 76 para generar señales de control 78 para el convertidor de lado de fuente 72 y un controlador de tensión de CC 82 acoplado eléctricamente a ambos de los controladores de lado de fuente y de lado de línea 76, 36.

El controlador de tensión de CC 82 ilustrado puede usar una diferencia entre la orden de tensión de CC y señales de realimentación (V_{cc_orden} , $V_{cc_realimentación}$) para generar una señal de regulación de tensión de CC de lado de fuente y un lado de línea 84, 86, respectivamente para los controladores de lado de fuente y de lado de línea 76, 36.

Haciendo referencia a la figura 12, el controlador de tensión de CC 82 comprende un elemento de suma 95 y un limitador 97. El elemento de suma 95 recibe las señales de orden de tensión de CC y de realimentación (V_{cc_orden} , $V_{cc_realimentación}$) y calcula la señal de diferencia de tensión de CC 98 que es una diferencia entre las señales de tensión de CC y de orden. El limitador 97 comprende un límite de diferencia de tensión de CC (V_{cc_lim}) y recibe la señal de diferencia de tensión de CC 98. En ciertas realizaciones, el límite de diferencia de tensión de CC comprende un valor determinado o un intervalo de tensión determinado. En una realización, si un valor absoluto de la señal de diferencia

de tensión es menor que el límite de diferencia de tensión de CC (V_{cc_lim}) o está dentro del intervalo del límite, una salida de la limitador 97 es nada o cero; y si el valor absoluto de la señal de diferencia de tensión 98 es mayor que el límite de diferencia de tensión de CC (V_{cc_lim}) o más allá del intervalo del límite, una salida del limitador 97 es no cero y es proporcional a ese valor absoluto.

5 En la realización ilustrada, el controlador de lado de línea 36 (figura 11) recibe la salida del limitador 97 como señal de regulación de tensión de CC de lado de línea 86. Por consiguiente, el controlador de lado de línea 36 controla la tensión de CC al cambiar directa o indirectamente la señal de control de ángulo de fase (θ_c , figuras 4 y 7-10) como se ha tratado anteriormente, cuando la señal de diferencia de tensión 98 es mayor que el límite de diferencia de tensión de CC o está más allá del intervalo del límite. En otra realización, una salida del limitador 97 es cero si la señal de diferencia de tensión 98 es negativa, y es no cero si la señal de diferencia de tensión 98 es positiva. Por consiguiente, cuando hay una disminución en la tensión de CC, el controlador de lado de línea 36 disminuye directa o indirectamente la señal de control de ángulo de fase (θ_c) para controlar el convertidor de lado de línea 34 para que tenga como salida menos energía.

15 En la figura 12, el controlador de lado fuente 76 recibe la señal de diferencia de tensión de CC 98 como señal de regulación de tensión de CC de lado de fuente 84, y así el controlador de lado fuente 76 puede ser usado para gobernar el control de tensión de CC según la variación o diferencia de tensión de CC. En la realización ilustrada, el controlador de lado fuente 76 comprende un regulador de corriente de lado de fuente 88, un modulador 90 y un regulador de tensión de CC de lado de fuente 92. En esta realización, el regulador de corriente 88 recibe una señal de realimentación 96 de la salida de energía eléctrica de la fuente de energía 12, y la señal de referencia de CC del regulador de tensión de CC 92 para generar señales de control de corriente 99. El modulador 90 usa las señales de control de corriente 99 para generar las señales de control 78 para regular el convertidor de lado de fuente 72 para generar una salida de corriente deseada.

20 25 En la figura 13, el convertidor de lado de línea 36 recibe la señal de diferencia de tensión de CC 98 como señal de regulación de tensión de CC de lado de línea 86, y así el controlador de lado de línea 36 gobierna el control de tensión de CC según la variación o diferencia de tensión de CC. En esta realización, el controlador de fuente 76 recibe la salida del limitador 97 como la señal de regulación de tensión de CC de lado de fuente 84. En esta realización, el regulador de corriente 88 recibe una señal de realimentación 96 de la salida de energía eléctrica de la fuente de energía 12, y una diferencia entre una señal de orden 94 del circuito MPPT 32 y señal de referencia de CC del regulador de tensión de CC 92 para generar señales de control de corriente 99. Por consiguiente, el controlador de lado fuente 76 controla la tensión de CC, únicamente cuando la señal de diferencia de tensión 98 es mayor que el límite de diferencia de tensión de CC o está más allá del intervalo del límite.

30

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de energía que comprende:

5 una fuente de energía (12) que comprende una fuente de energía solar;
 un bus de CC (16) para recibir energía en CC (14) desde la fuente de energía;
 un convertidor de lado de línea (34) acoplado eléctricamente al bus de CC para convertir la energía en CC
 desde el bus de CC a energía en CA con una salida de tensión regulada (20) para alimentar un sistema eléctrico
 (22); y un sistema de control de conversión de energía (24) que comprende un controlador de lado de línea
 10 (36) para controlar el funcionamiento del convertidor de lado de línea;
 en donde el sistema de control de conversión de energía se configura para:

obtener una señal de desequilibrio de energía (40) según una señal de orden de energía (P_{orden}) y una
 señal de realimentación de energía ($P_{realimentación}$),
 15 en donde la señal de orden de energía comprende la máxima energía desde un circuito de seguimiento
 de punto de máxima energía conectado a una fuente de energía;
 usar la señal de desequilibrio de energía (40) para generar una señal de frecuencia interna (ω);
 integrar la señal de frecuencia interna (ω) para generar una señal de ángulo de fase (θ);
 obtener una señal de diferencia de tensión de CC (37) según una señal de orden de tensión de CC
 20 (V_{cc_orden}) y una señal de realimentación de tensión de CC ($V_{cc_realimentación}$); y
 usar la señal de diferencia de tensión de CC (37) para ajustar directa o indirectamente la señal de ángulo
 de fase (θ);
 en donde la señal de realimentación de energía comprende:

25 una señal de energía medida representativa de la energía en CA desde el convertidor de lado de
 línea;
 una señal de energía medida de la energía en CC en el bus de CC; o
 una combinación de los mismos.

30 2. El sistema de energía de la reivindicación 1, en donde la fuente de energía comprende un límite de energía.

3. El sistema de la reivindicación 1 o 2, en donde el controlador de lado de línea comprende un regulador para recibir
 la señal de diferencia de tensión de CC para generar la señal de orden de energía.

35 4. El sistema de la reivindicación 1 o 2, en donde el controlador de lado de línea comprende un regulador de energía
 para recibir una señal de desequilibrio de energía que representa una diferencia de las señales de orden de energía
 y de realimentación y generar una señal de frecuencia interna según la señal de desequilibrio de energía, y en donde
 el controlador de lado de línea comprende además un integrador para generar una señal de ángulo de fase al integrar
 la señal de frecuencia interna.

40 5. El sistema de la reivindicación 4, en donde el controlador de lado de línea comprende un regulador de tensión para
 generar una señal de corrección de frecuencia basada en la señal de diferencia de tensión de CC, y en donde el
 controlador de lado de línea se configura para usar la señal de corrección de frecuencia para ajustar la señal de
 frecuencia interna por adelantado de la señal de frecuencia interna que es integrado por el integrador.

45 6. El sistema de la reivindicación 4, en donde el controlador de lado de línea comprende un regulador de tensión para
 generar una señal de corrección de frecuencia basada en la señal de diferencia de tensión de CC, y un segundo
 integrador para generar una señal de corrección de ángulo de fase usando la señal de corrección de frecuencia, y en
 donde el controlador de lado de línea se configura para usar la señal de corrección de ángulo de fase para ajustar la
 50 señal de ángulo de fase.

7. El sistema de la reivindicación 4, en donde el sistema de energía comprende además un circuito PLL para generar
 una señal de referencia de frecuencia y una señal de ángulo de fase de referencia, y en donde las señales de referencia
 de frecuencia y de ángulo de fase se usan para limitar la señal de frecuencia interna y la señal de ángulo de fase.

55 8. Un método para convertir energía en CC en un bus de CC (16) en energía en CA, el método comprende:

obtener una señal de desequilibrio de energía (40) según una señal de orden de energía (P_{orden}) y una señal
 de realimentación de energía ($P_{realimentación}$), en donde la señal de orden de energía comprende la máxima
 60 energía desde un circuito de seguimiento de punto de máxima energía conectado a una fuente de energía;
 usar la señal de desequilibrio de energía (40) para generar una señal de frecuencia interna (ω);
 integrar la señal de frecuencia interna (ω) para generar una señal de ángulo de fase (θ);
 obtener una señal de diferencia de tensión de CC (37) según una señal de orden de tensión de CC (V_{cc_orden}) y
 una señal de realimentación de tensión de CC ($V_{cc_realimentación}$); y
 65 usar la señal de diferencia de tensión de CC (37) para ajustar directa o indirectamente la señal de ángulo de

fase (θ); en donde
la señal de realimentación de energía comprende:

- 5 una señal de energía medida representativa de la energía en CA desde el convertidor de lado de línea;
 una señal de energía medida de la energía en CC en el bus de CC; o
 una combinación de los mismos.

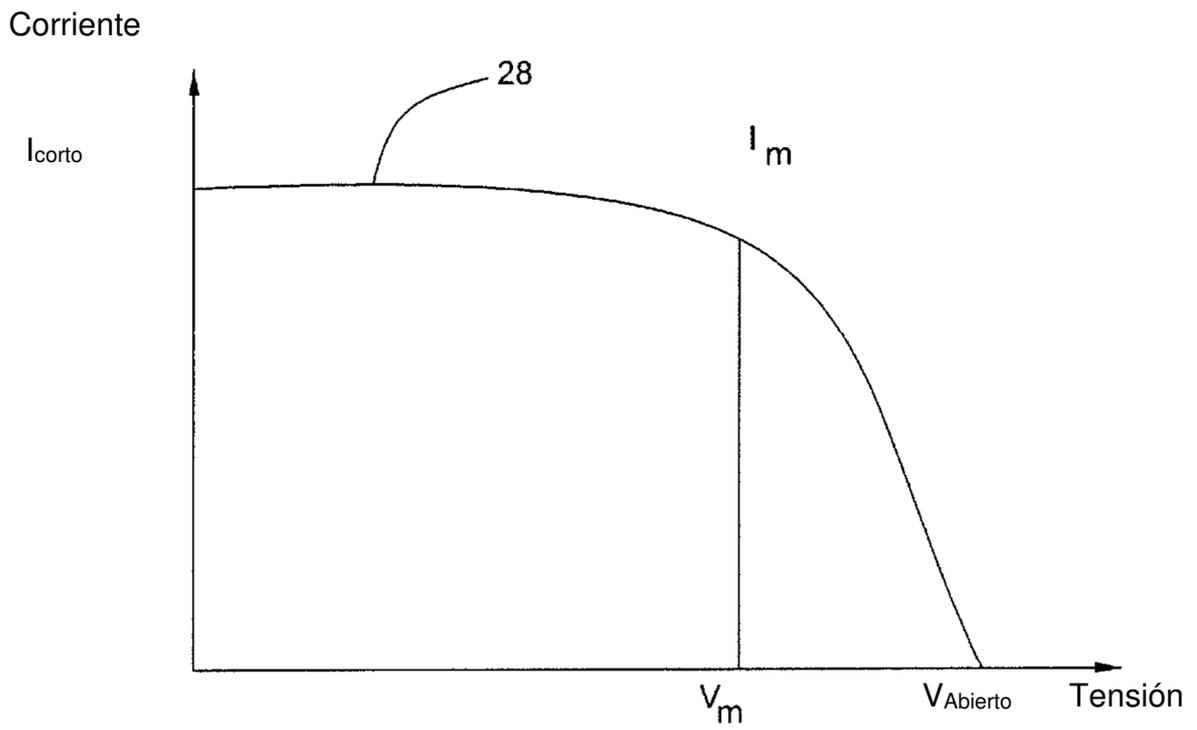


FIG. 2

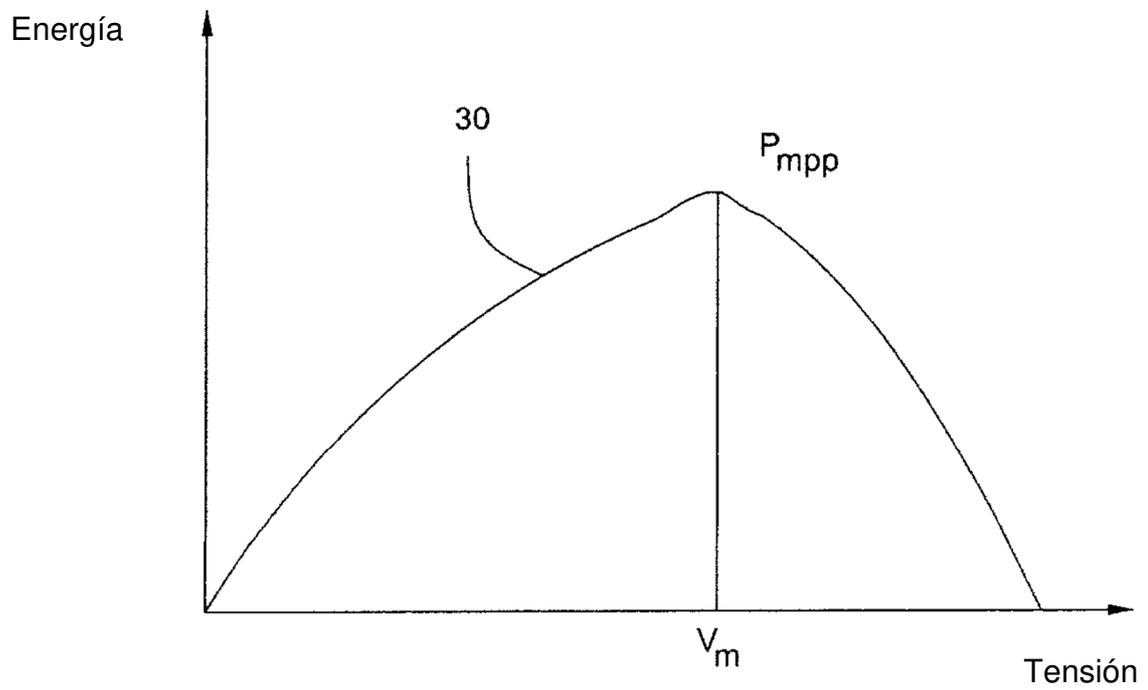


FIG. 3

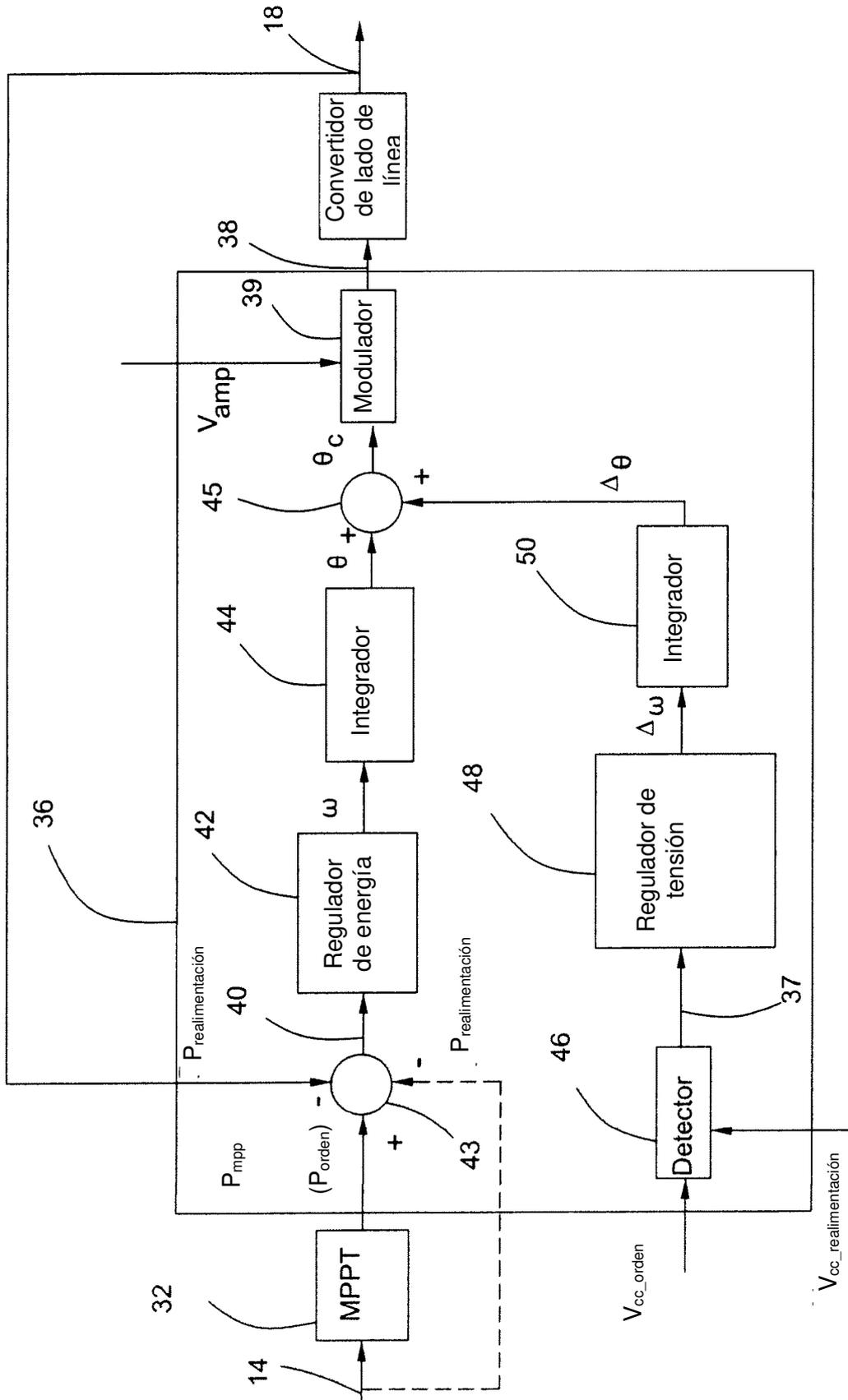


FIG. 4

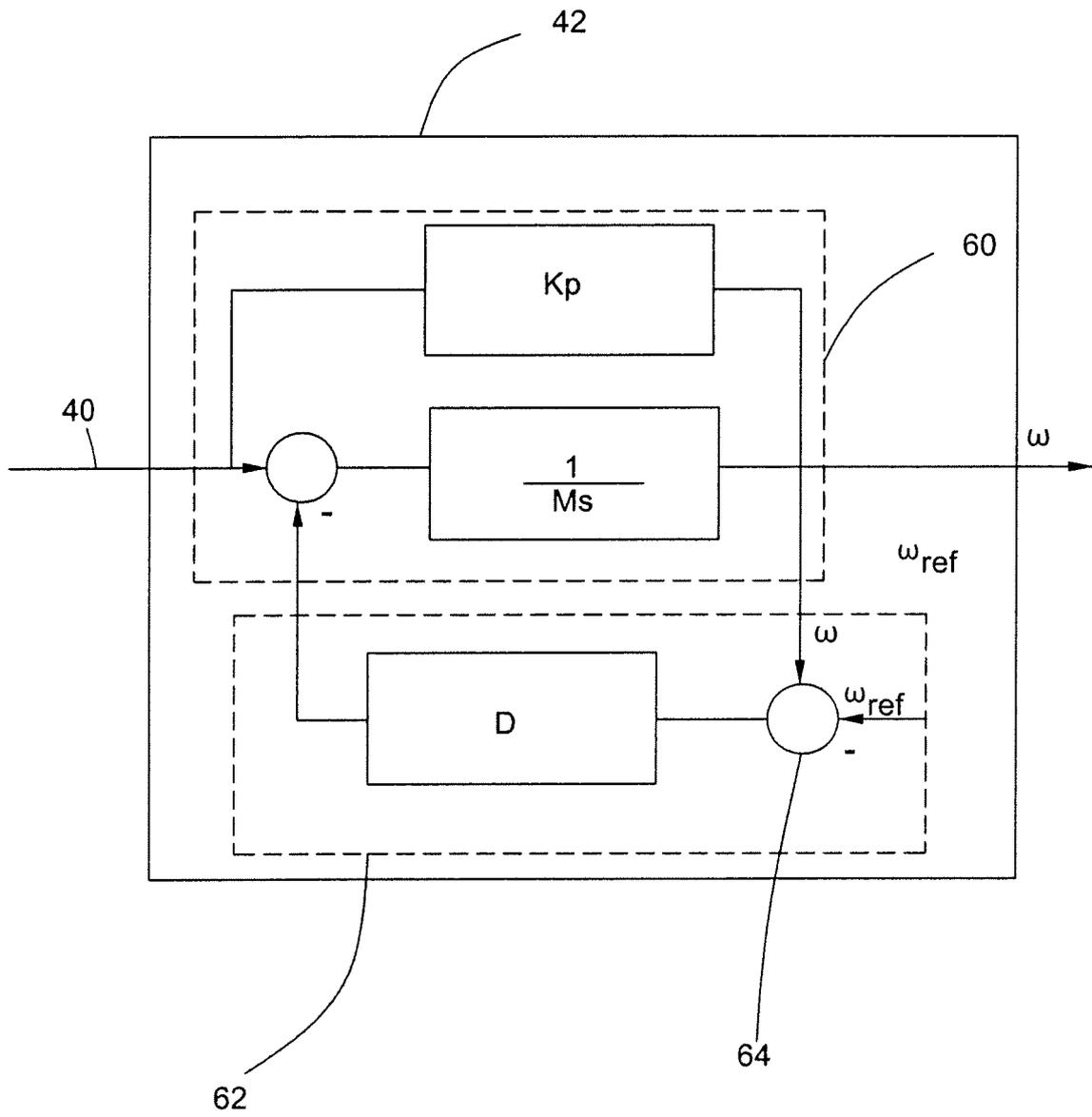


FIG. 5

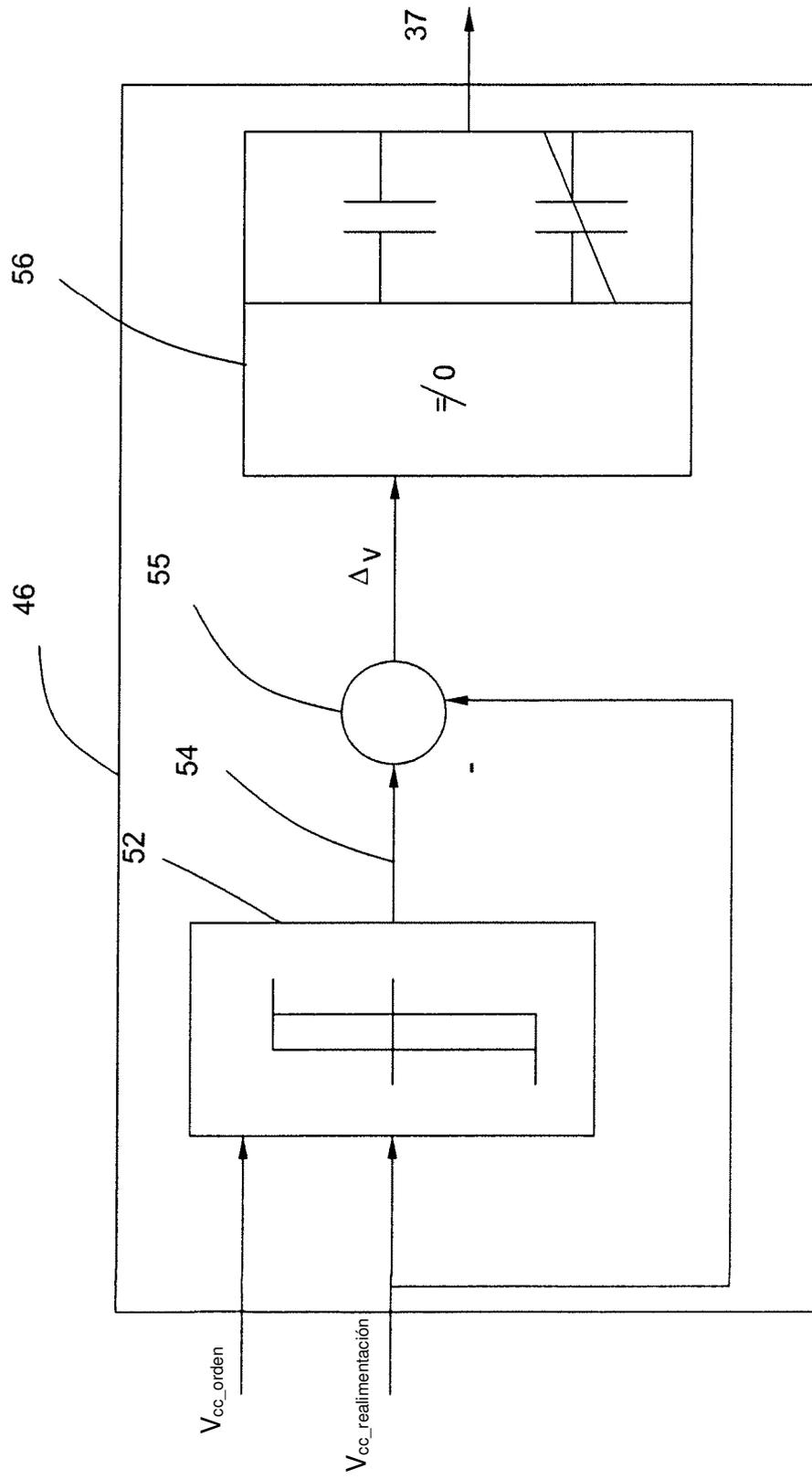


FIG. 6

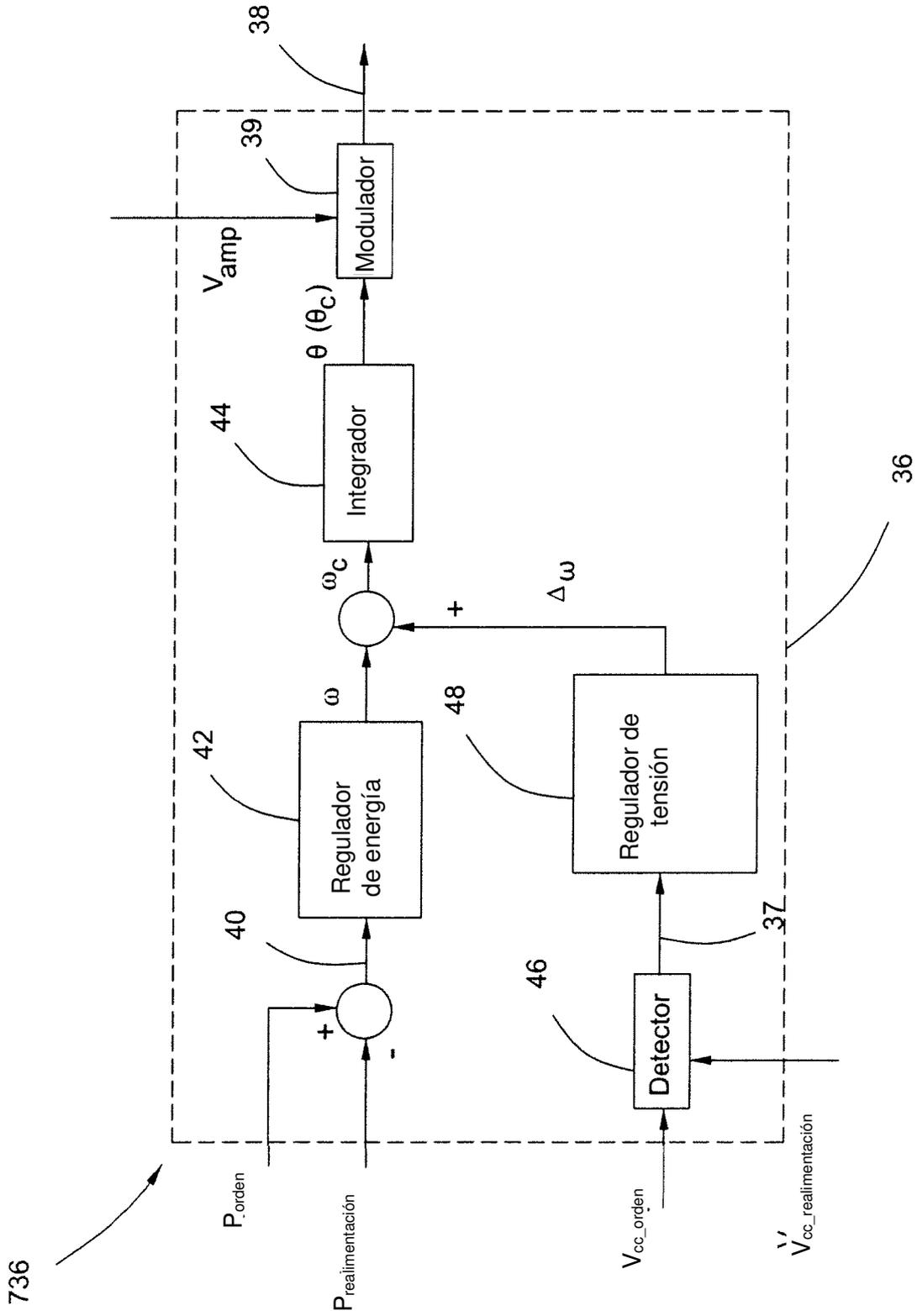


FIG. 7

736

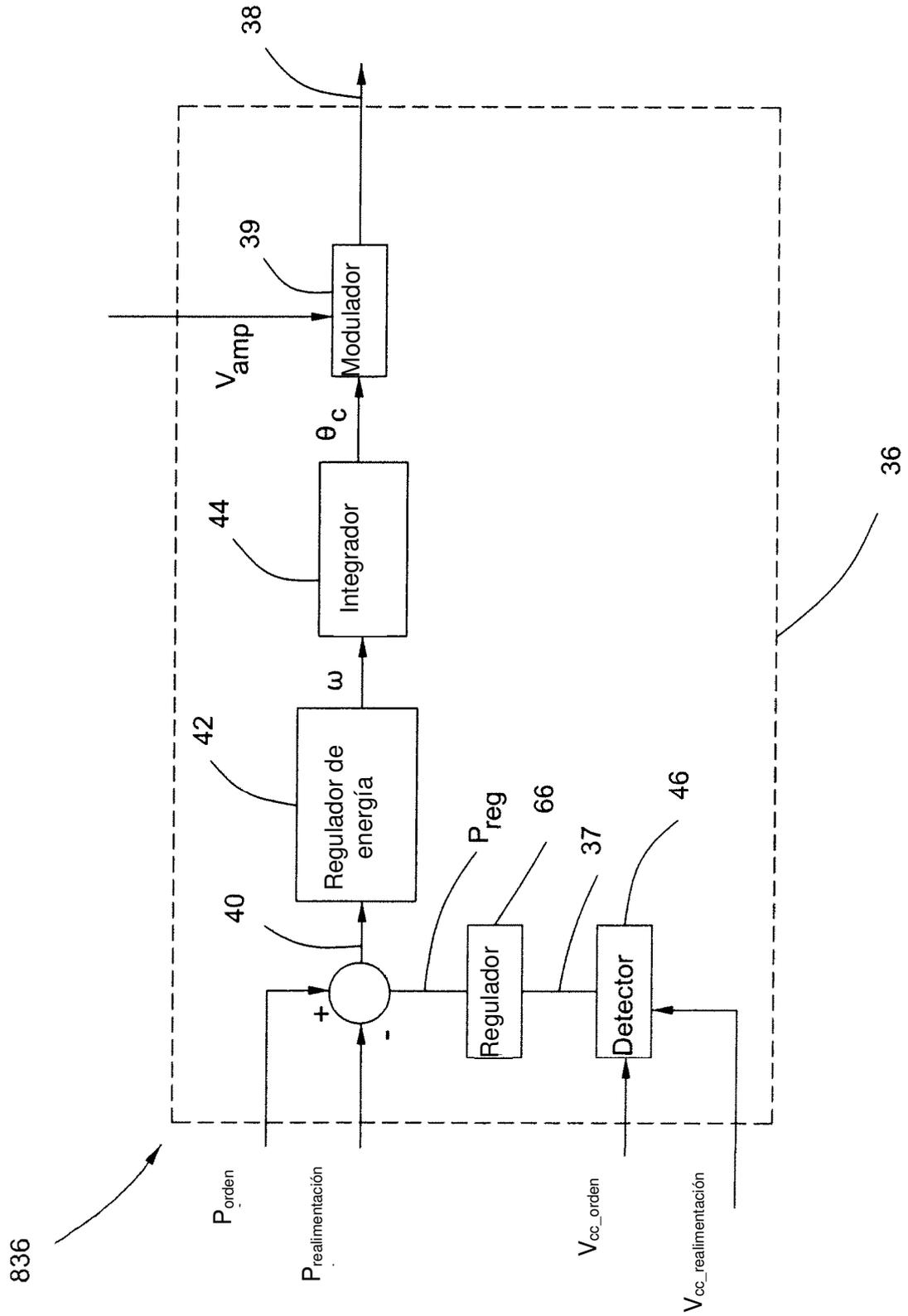


FIG. 8

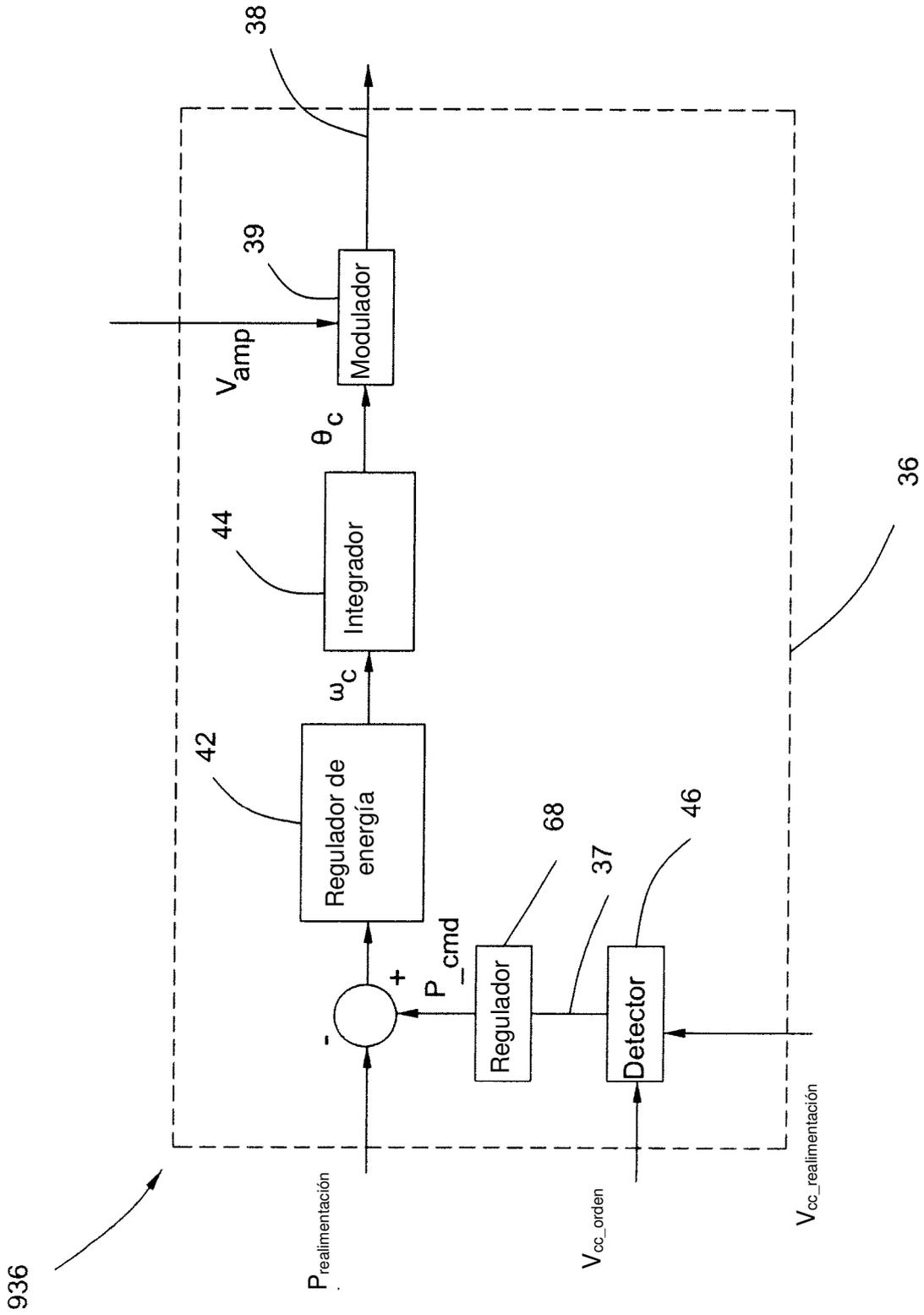


FIG. 9

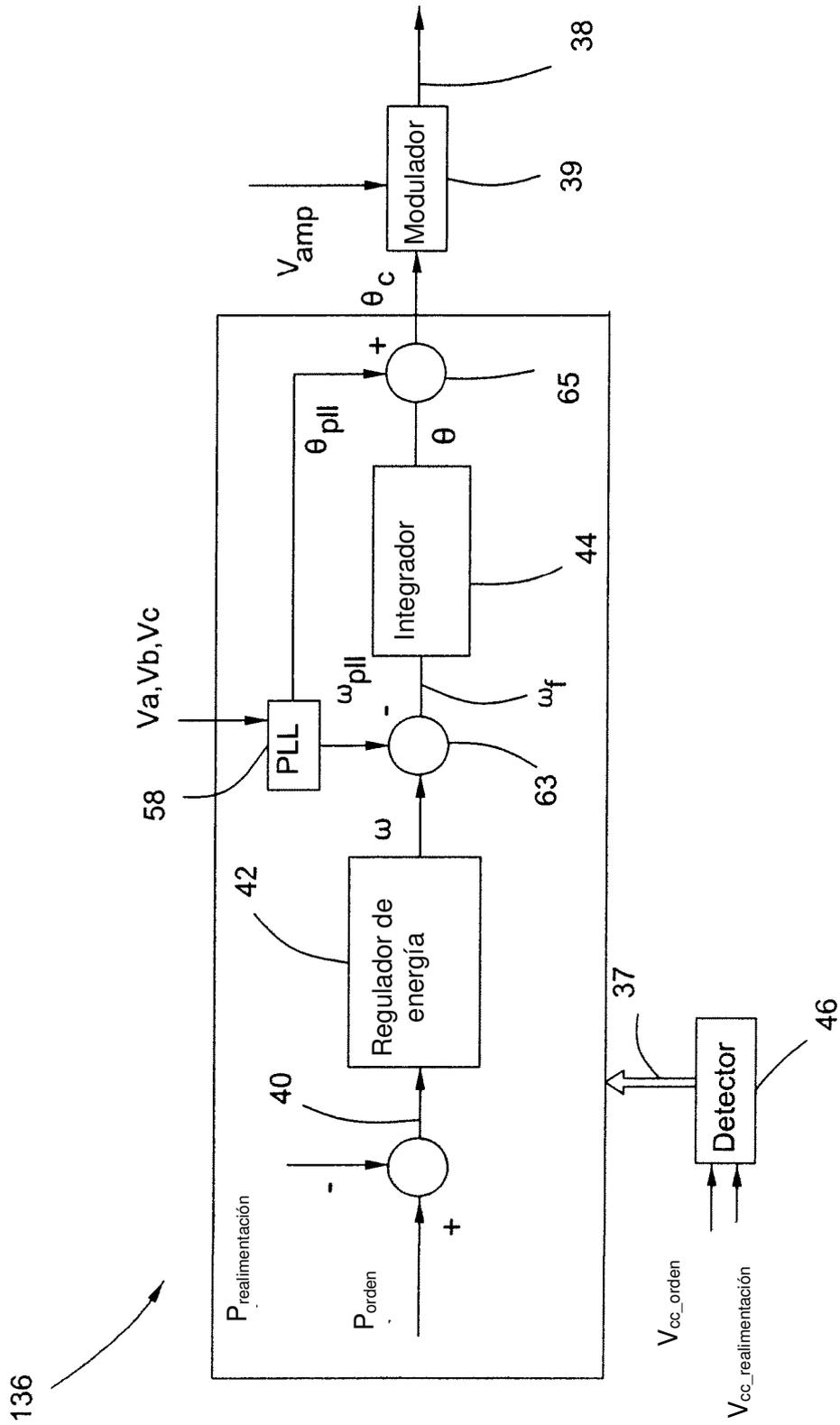


FIG. 10

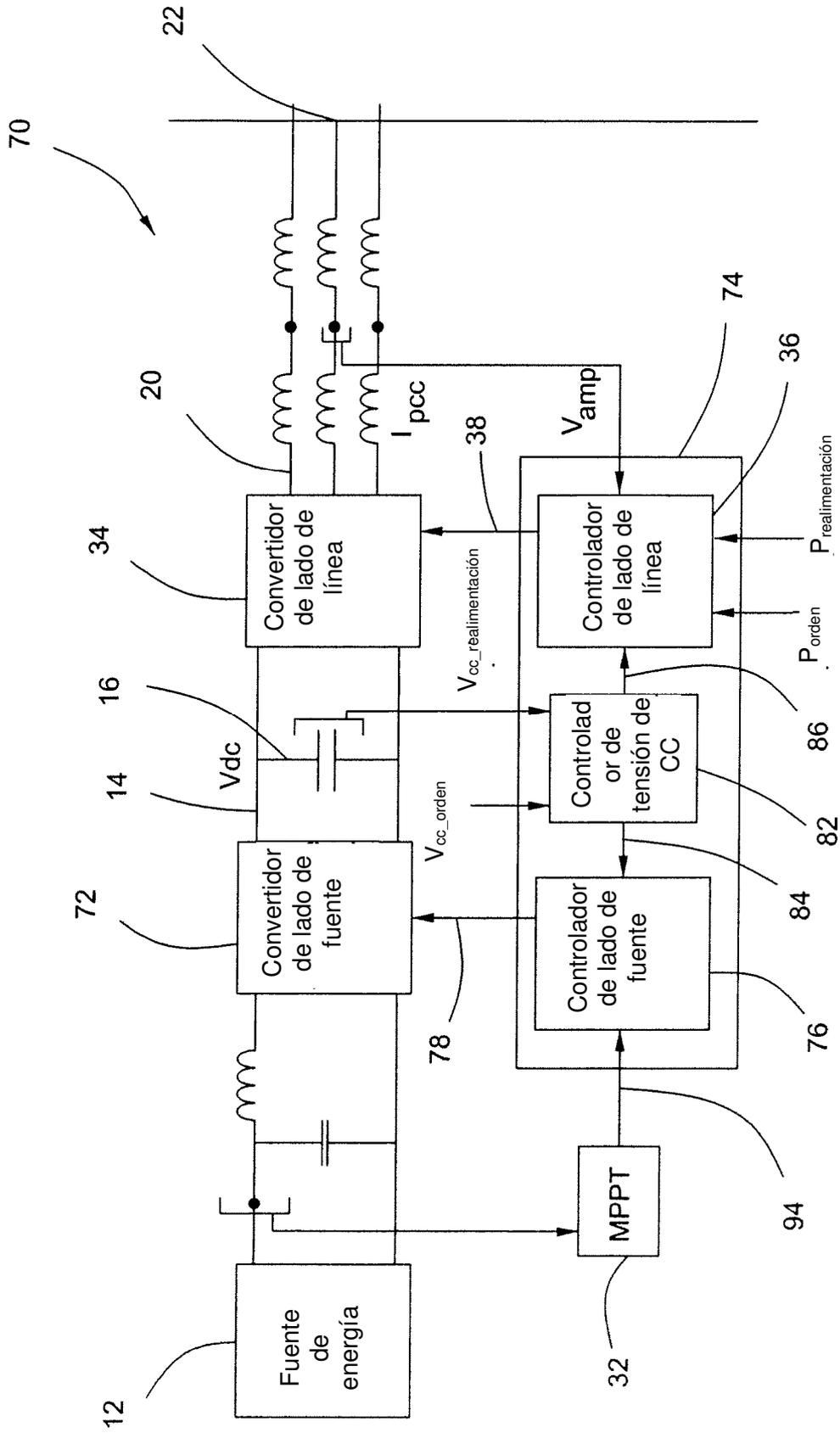


FIG. 11

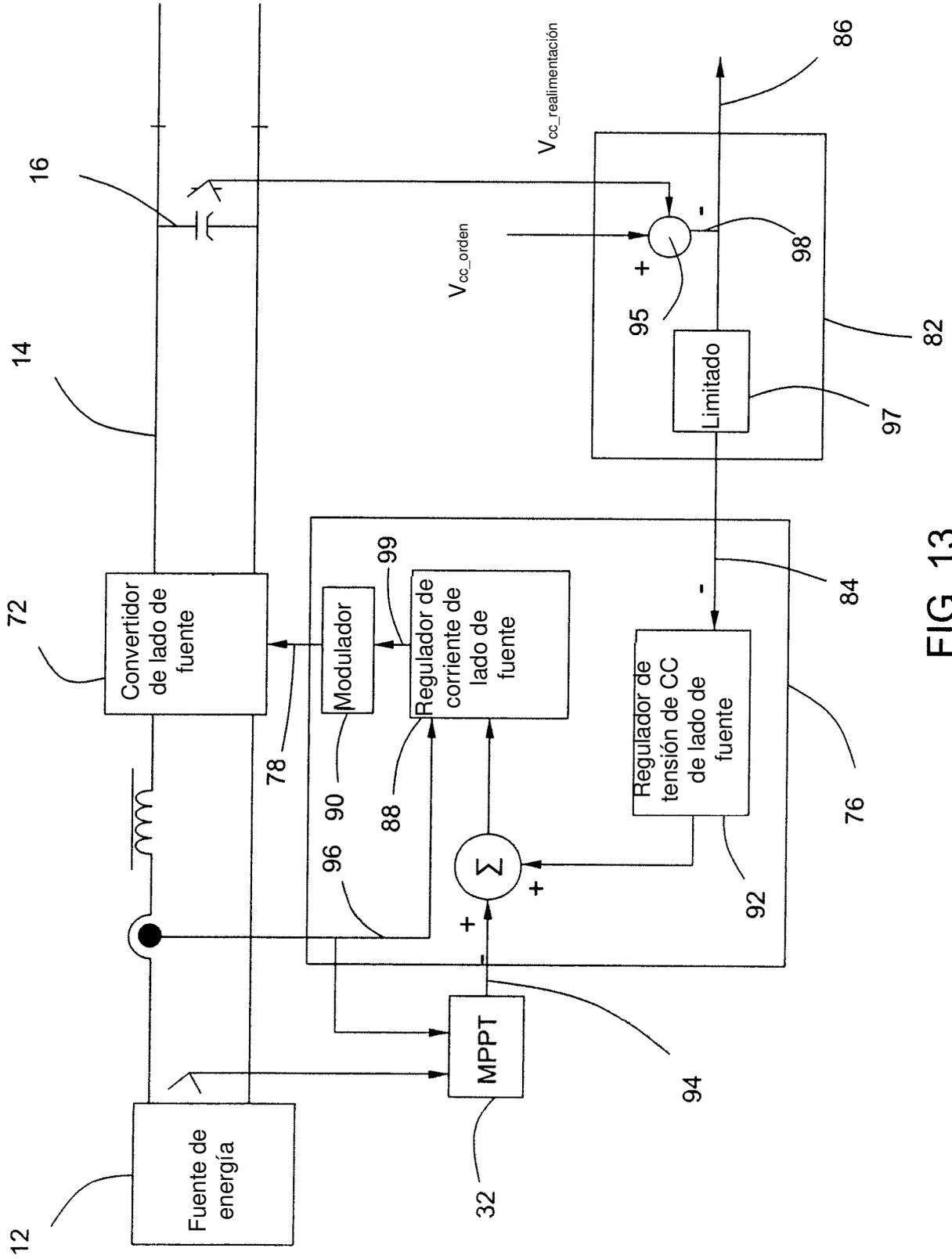


FIG. 13