

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 522**

51 Int. Cl.:

G01R 19/25 (2006.01)

G01R 21/127 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2007** **E 07104481 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017** **EP 1841037**

54 Título: **Sistema, procedimiento y artículo de fabricación para determinar valores de parámetros asociados con una red eléctrica**

30 Prioridad:

29.03.2006 US 392107

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

14.02.2018

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 RIVER ROAD
SCHENECTADY, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

DELMERICO, ROBERT

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 654 522 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, procedimiento y artículo de fabricación para determinar valores de parámetros asociados con una red eléctrica

5 Un parque eólico utiliza una pluralidad de turbinas eólicas para generar energía eléctrica. El parque eólico generalmente está acoplado eléctricamente en un punto de interconexión a una red eléctrica.

10 Un sistema de control se utiliza para controlar la salida eléctrica de un parque eólico para satisfacer los requisitos de utilidad en el punto de interconexión con una red eléctrica de una compañía de servicios públicos. Se conoce un ejemplo a partir del documento GB 2 330 256. Sin embargo, un problema bien conocido asociado con el sistema de control convencional es que el sistema de control no puede determinar los valores de los parámetros de la red eléctrica que no pueden medirse directamente, como un valor de resistencia de la red, un valor de reactancia de la red y un valor de tensión de la red asumiendo un tamaño de bus infinito

Los inventores del presente documento han reconocido una necesidad de un sistema de control mejorado y un procedimiento para que pueda determinar valores de parámetros asociados con una red eléctrica.

15 Diversos aspectos y realizaciones de la presente invención, como se define por las reivindicaciones adjuntas, se proporcionan de este modo.

Otros sistemas y/o procedimientos de acuerdo con las formas de realización se convertirá en o son evidentes para un experto en la técnica tras la revisión de los siguientes dibujos y descripción detallada. Se pretende que todos los sistemas y procedimientos adicionales de este tipo estén dentro del alcance de la presente invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

20 A continuación, se describirán varios aspectos y realizaciones de la presente invención en relación con los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de generación de energía eléctrica que tiene un parque eólico y una red eléctrica de acuerdo con una realización ejemplar;

25 Las figuras 2-4 son diagramas de flujo de un procedimiento para controlar el parque eólico de la figura 1 de acuerdo con otra realización ejemplar;

Las figuras 5-6 son diagramas de flujo de un procedimiento para controlar el parque eólico de la figura 1 de acuerdo con otra realización ejemplar;

La figura 7 es un esquema de una respuesta de señal ejemplar de un nivel de tensión de salida medida (V_{poi}) y un nivel de tensión de salida (V_r) deseado del parque eólico;

30 La figura 8 es un esquema de una respuesta de señal ejemplar de un comando de potencia neta deseado (Q_c) utilizado para controlar el parque eólico;

Las figuras 9 y 10 son esquemas de respuestas de señales ejemplares correspondientes a los valores de potencia primero y segundo (θ_1), (θ_2) utilizados para controlar el parque eólico;

35 La figura 11 es un diagrama de flujo de un procedimiento para determinar los parámetros asociados con una red eléctrica;

La figura 12 es un esquema que ilustra valores estimados de reactancia de red y valores de resistencia de red; y

La figura 13 es un esquema que ilustra los valores de tensión de red estimados.

40 Con referencia a la figura 1, se ilustra un sistema 10 de generación de energía eléctrica para generar potencia eléctrica. El sistema 10 de generación de energía eléctrica incluye un parque 11 eólico acoplado eléctricamente a una red 12 eléctrica. La red 12 eléctrica se utiliza para transferir energía eléctrica desde el parque 11 eólico a cargas eléctricas. En formas de realización ejemplares alternativas, el sistema 10 de generación de energía eléctrica puede incluir al menos una de las microturbinas, matrices de células solares y generadores eléctricos convencionales, para reemplazar el parque 11 eólico.

45 El parque 11 eólico se proporciona para generar energía eléctrica utilizando la energía eólica. El parque 11 eólico incluye turbinas 14, 15, 16 eólicas, un sistema 18 colector, un transformador 20, controladores 24, 26, 28 de turbina eólica, un dispositivo 30 de medición y un controlador 32 principal. Debe observarse que un número de turbinas eólicas que se utilizan en el parque 11 eólico puede variar. Por ejemplo, la cantidad de aerogeneradores en el parque 11 eólico puede ser superior a tres aerogeneradores o inferior o igual a tres aerogeneradores.

50 Las turbinas 14, 15, 16 eólicas se proporcionan para generar tensiones y corrientes utilizando energía eólica. Las turbinas 14, 15, 16 eólicas están controladas operativamente utilizando los controladores 24, 26, 28 de turbina

eólica, respectivamente, que se comunican con las turbinas 14, 15, 16 eólicas, respectivamente.

Los controladores 24, 26, 28 de turbina eólica están configurados para generar señales de mando que controlan el funcionamiento de las turbinas 14, 15, 16 eólicas, respectivamente. Además, los controladores 24, 26, 28 de turbina eólica se proporcionan para medir los parámetros operacionales asociados con las turbinas 14, 15, 16 eólicas, respectivamente. Los controladores 24, 26, 28 de turbina eólica se comunican operativamente con el controlador 32 principal.

El sistema 18 colector está acoplado eléctricamente a las turbinas 14, 15, 16 eólicas y de las rutas de tensiones y corrientes de cada una de las turbinas al transformador 20 de potencia. El transformador 20 de potencia recibe las tensiones y las corrientes de las turbinas 14, 15, 16 eólicas y emite una tensión y una corriente que tienen características deseadas sobre la red 12 eléctrica. Por ejemplo, el transformador 20 de potencia puede emitir una tensión que tiene una amplitud deseada y una corriente que tiene una amplitud deseada sobre la red 12 eléctrica.

El dispositivo 30 de medición está acoplado eléctricamente a un punto 19 de interconexión entre el transformador 20 y la red 12 eléctrica. El dispositivo 30 de medición está configurado para medir los parámetros eléctricos asociados con la red eléctrica. El dispositivo 30 de medición está configurado para medir un nivel de tensión (V_{poi}) en el punto 19 de interconexión, un nivel de potencia real (P_n) en el punto 19 de interconexión y un nivel de potencia reactiva (Q_n) en el punto 19 de interconexión. Debe observarse que el dispositivo 30 de medición puede medir parámetros en cualquier lado del transformador 20.

El controlador 32 principal se proporciona para controlar el funcionamiento de las turbinas 14, 15, 16 eólicas sobre la base de valores de los parámetros medidos o estimados en el punto 19 de interconexión asociada, ya sea con el parque 11 eólico o la red 12 eléctrica. El controlador 32 principal está configurado para generar mensajes de comando que son recibidos por los controladores 24, 26, 28 de turbina eólica para controlar el funcionamiento de las turbinas 14, 15, 16 eólicas, respectivamente. El controlador 32 principal incluye una unidad de procesamiento central (CPU) 40, una memoria de solo lectura (ROM) 42, una memoria volátil tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM) 44 y una interfaz 46 de entrada/salida (E/S). La CPU 40 se comunica operativamente con la ROM 42, la RAM 44 y la interfaz 46 de E/S. Los medios legibles por ordenador que incluyen ROM 42 y RAM 44 pueden implementarse utilizando cualquiera de una serie de dispositivos de memoria conocidos tales como PROM, EPROM, EEPROMS, memoria flash o cualquier otro dispositivo de memoria eléctrica, magnético, óptico o de combinación capaz de almacenar datos, algunos de los cuales representan instrucciones ejecutables usadas por la CPU 40. Además, la interfaz 46 de E/S se comunica operativamente con los controladores 24, 26, 28 de turbina eólica.

Con referencia a las figuras 2-4, ahora se explicará un procedimiento para controlar el funcionamiento del parque 11 eólico. El procedimiento puede implementarse utilizando algoritmos de software almacenados en un medio de almacenamiento informático y ejecutados por el controlador 32 principal y los controladores 24, 26 y 28 de turbina eólica. Debe observarse que, en realizaciones ejemplares alternativas, el procedimiento anterior también podría implementarse para controlar una o más microturbinas, matrices de células solares y generadores eléctricos de combustibles fósiles, en lugar del parque 11 eólico.

En la etapa 60, el dispositivo 30 de medición transmite una primera señal indicativa de una tensión de salida del parque 11 eólico al controlador 32 principal.

En la etapa 62, el controlador 32 principal recibe la primera señal y determina un nivel de tensión de salida medida (V_{poi}) del parque 11 eólico en base a la primera señal.

En la etapa 63, el controlador 32 principal calcula un nivel de tensión de salida de destino (V_r) utilizando la siguiente ecuación:

$$V_r = \int \left(-\frac{1}{T_r} \cdot V_r + \frac{1}{T_r} V_c \right) dt ,$$

En el que

(T_r) corresponde a una constante de tiempo predeterminada establecida por un operador;

(V_r) corresponde a una tensión de salida objetivo del parque 11 eólico; y

(V_c) corresponde al valor de tensión de salida de régimen permanente deseado del parque 11 eólico.

Hay que señalar que, en una realización ejemplar alternativa, en lugar de la utilización de la ecuación anterior para calcular (V_r), la siguiente ecuación puede utilizarse para calcular (V_r): V_r = V_c.

En la etapa 64, cada controlador de la turbina eólica en el parque 11 eólico transmite una segunda señal al controlador 32 principal que indica si una turbina eólica respectiva está operativa o no operativa. Por ejemplo, los controladores 24, 26, 28 de turbina eólica transmiten segundas señales al controlador 32 principal que indican si las turbinas 14, 15, 16 eólicas respectivamente están en operativas o no operativas. Una turbina eólica está operativa

cuando la turbina eólica genera energía eléctrica (por ejemplo, potencia real o reactiva) que se transmite a través del transformador 22 a la red 12 eléctrica.

En la etapa 66, el controlador 32 principal recibe cada una de las segundas señales y determina un número de turbinas eólicas operacionales en el parque 11 eólico basado en las segundas señales.

- 5 En la etapa 68, el controlador 32 principal calcula un valor de error de tensión (V_{error}) utilizando la siguiente ecuación: $V_{error} = V_r - V_{poi}$, donde (V_r) corresponde a un nivel de tensión de salida deseado del parque 11 eólico.

En la etapa 70, el controlador 32 principal calcula un valor de ganancia integral (K_{iv}) utilizando la siguiente ecuación:

$$K_{iv} = \frac{V_{poi}}{(X_{red} \cdot T_{wv})}$$

donde (X_{red}) corresponde a una impedancia conocida o estimada de la red 12 eléctrica; y (T_{wv}) corresponde a una respuesta de tiempo deseada al parque 11 eólico.

- 10 En la etapa 72, el controlador 32 principal calcula un primer valor de potencia (Q_1) utilizando la siguiente ecuación: $Q_1 = \int (K_{iv} \cdot V_{error}) dt$, cuando un comando de potencia neta deseado (Q_c) está en un rango entre un valor límite superior (Q_{max}) y un valor límite inferior (Q_{min}). Alternativamente, el controlador 32 principal calcula la primera potencia (Q_1) utilizando la siguiente ecuación: $Q_1 = \int (0) dt$ cuando (Q_c) no está en el rango entre el valor límite superior (Q_{max}) y el valor límite inferior (Q_{min}).

- 15 En la etapa 74, el controlador 32 principal calcula un valor de ganancia proporcional (K_{pv}) utilizando la siguiente ecuación: $K_{pv} = \frac{X_{wtg} / N + X_{colector} + X_{red}}{K_{qi} / N} K_{iv}$ donde (X_{wtg}) corresponde a una impedancia interna de una turbina eólica;

(N) corresponde a una serie de turbinas eólicas operativas;

($X_{colector}$) corresponde a una impedancia del sistema colector 18 del parque 11 eólico;

- 20 (X_{red}) corresponde a una impedancia de la red 12 eléctrica;

(K_{qi}) es un valor de ganancia utilizado por un controlador de turbina eólica.

En la etapa 76, el controlador 32 principal calcula un segundo valor de potencia (Q_2) utilizando la siguiente ecuación:

$Q_2 = \int \left(-\frac{1}{T_v} Q_2 + \frac{K_{pv}}{T_v} V_{error} \right) dt$, donde (T_v) corresponde a una constante de tiempo predeterminada que típicamente es más pequeña que el intervalo de tiempo de respuesta de tensión de bucle cerrado deseado.

- 25 En la etapa 78, el controlador 32 principal genera un orden de potencia reactiva total deseada (Q_{total}) para el parque eólico utilizando la siguiente ecuación: $Q_{total} = Q_1 + Q_2$.

En la etapa 80, el controlador 32 principal genera el comando de potencia neta deseada (Q_c) para cada turbina

eólica 11 en el parque 11 eólico utilizando la siguiente ecuación: $Q_c = \frac{Q_{total}}{N}$ cuando Q_c está en un rango entre el valor límite superior (Q_{max}) y el valor límite inferior (Q_{min}).

- 30 En la etapa 82, el controlador 32 principal transmite la orden de potencia reactiva neta deseada (Q_c) a cada controlador de la turbina eólica del parque 11 eólico para inducir el parque 11 eólico para generar una tensión de salida que se aproxima al nivel de tensión de salida deseada (V_c) en el punto 19 de interconexión. Después de la etapa 82, el procedimiento vuelve a la etapa 60. Con referencia a las figuras 5-6, ahora se explicará otro procedimiento para controlar el funcionamiento del parque 11 eólico. El procedimiento puede implementarse utilizando algoritmos de software almacenados en un medio de almacenamiento informático y ejecutados por el controlador 32 principal y los controladores 24, 26 y 28 de turbina eólica. Debe observarse que, en ejemplos comparativos alternativos, el siguiente procedimiento también podría implementarse para controlar una o más microturbinas, matrices de células solares y generadores eléctricos de combustibles fósiles, en lugar del parque 11 eólico.

- 40 En la etapa 90, el dispositivo 30 de medición transmite una primera señal indicativa de una tensión de salida de un parque 11 eólico al controlador 32 principal.

En la etapa 92, el controlador 32 principal recibe la primera señal y determina un nivel de tensión de salida medida (V_{poi}) del parque 11 eólico en base a la primera señal.

En la etapa 94, el controlador 32 principal calcula un nivel de tensión de salida de destino (V_r) utilizando la siguiente ecuación:

$$V_r = \int \left(-\frac{1}{T_r} \cdot V_r + \frac{1}{T_r} V_c \right) dt ;$$

donde

- 5 (Tr) corresponde a una constante de tiempo predeterminada establecida por un operador;
- (Vr) corresponde a una tensión de salida objetivo del parque 11 eólico; y
- (Vc) corresponde al valor de tensión de salida de régimen permanente deseado del parque 11 eólico.

Hay que señalar que, en una realización ejemplar alternativa, en lugar de la utilización de la ecuación anterior para calcular (V_r), la siguiente ecuación puede utilizarse para calcular (V_r): $V_r = V_c$

- 10 En la etapa 96, el controlador 32 principal calcula un valor de error de tensión (V_{error}) utilizando la siguiente ecuación: $V_{error} = V_{poi} - V_r$

En la etapa 98, el controlador 32 principal calcula un primer valor de potencia θ_1 utilizando la siguiente ecuación: $\theta_1 = \int (-y_1 \cdot V_{error} \cdot V_r) dt$ cuando el comando potencia neta deseada (Q_c) está en el rango entre el valor límite superior (Q_{max}) y el valor límite inferior (Q_{min}). Alternativamente, el controlador 32 principal calcula la primera potencia (Q_1) utilizando la siguiente ecuación: $Q_1 = \int (0) dt$, cuando (Q_c) no está en el rango entre el valor límite superior (Q_{max}) y el valor límite inferior (Q_{min}), donde (y_1) corresponde a un valor de ganancia establecido por el operador para obtener el comportamiento de respuesta de bucle cerrado deseado; y (V_r) corresponde a un nivel de tensión de salida objetivo del parque 11 eólico.

- 20 En la etapa 98, el controlador 32 principal calcula un segundo valor de potencia θ_2 utilizando la siguiente ecuación: $\theta_2 = \int (-y_2 \cdot V_{error} \cdot V_{poi} - \rho \cdot \theta_2) dt$, donde

(y_2) corresponde a un valor de ganancia establecido por el operador para obtener el comportamiento de respuesta de bucle cerrado deseado; y

- 25 ρ corresponde a un valor constante establecido por el operador para obtener el comportamiento de respuesta de bucle cerrado deseado.

En la etapa 102, el controlador 32 principal genera el comando de potencia reactiva neta deseada (Q_c) para cada turbina eólica en el parque 11 eólico utilizando la siguiente ecuación: $Q_c = \theta_2 \cdot V_{poi} + \theta_1 \cdot V_r$, donde (Q_c) está en el rango entre el valor límite superior (Q_{max}) y el valor límite inferior (Q_{min}).

- 30 En la etapa 104, el controlador 32 principal transmite la orden de potencia neta deseada (Q_c) a cada controlador de la turbina eólica del parque 11 eólico para inducir el parque 11 eólico para generar una tensión de salida que se aproxima al nivel de tensión de salida deseado (V_c). Después de la etapa 104, el procedimiento vuelve a la etapa 90.

- 35 Haciendo referencia a las figuras 7-10, las respuestas de señal ejemplar 116, 118 corresponden a un primer valor de potencia θ_1 y un segundo valor de potencia θ_2 como una función del tiempo. El primer valor de potencia θ_1 y el segundo valor de potencia θ_2 se utilizan para calcular un comando de potencia neta deseada (Q_c). La respuesta de señal ejemplar 114 corresponde a la orden de potencia neta (Q_c) para inducir el nivel de tensión de salida medido (V_{poi}) en el punto 19 de interconexión para aproximar el nivel de tensión de salida objetivo (V_r). Como se muestra, la respuesta de señal ejemplar 112 corresponde al nivel de tensión de salida (V_{poi}) que se aproxima mucho a la respuesta de señal ejemplar 110.

- 40 Ahora se explicará una breve explicación de las ecuaciones matemáticas para estimar valores de los parámetros asociados con la red 12 eléctrica. Una pluralidad de mediciones en el punto 19 de interconexión se utilizan para estimar valores de parámetros asociados con la red 12 eléctrica. Por ejemplo, un conjunto de valores de medición de datos "n" de un nivel de potencia real (P_n), un nivel de potencia reactiva (Q_n) y un nivel de tensión de red (V_n) también denominado (V_{poi}) obtenidos en el punto 19 de interconexión, se usa para determinar los valores de los parámetros para el modelo simplificado de la red 12 eléctrica. El modelo simplificado de la red 12 eléctrica está definida por una tensión de fasor ($V_g \cdot e^{j\theta}$) indicativa de una tensión de secuencia positiva de un bus infinito en la red 19 eléctrica y una impedancia ($Z_g = r + j x$) donde "r" corresponde a un valor de resistencia asociado a la red 19 eléctrica y "x" corresponde a un valor de reactancia asociado a la red 19 eléctrica. La relación entre estos dos términos puede establecerse matemáticamente utilizando la siguiente ecuación:
- 45

$$P_n + jQ_n = \frac{V_n^2 - V_n \cdot V_g e^{-j\theta}}{r - jx}$$

Mediante la separación de los términos reales y complejas de la ecuación anterior y luego eliminando θ , se obtiene la siguiente ecuación:

$$V_n^4 - 2 \cdot r \cdot P_n \cdot V_n^2 - 2 \cdot x \cdot Q_n \cdot V_n^2 + (r^2 + x^2) \cdot (P_n^2 + Q_n^2) - V_n^2 \cdot V_g^2 = 0$$

5 La ecuación anterior se representa en forma de matriz como:

$$V_n^4 = \begin{bmatrix} 2 \cdot P_n \cdot V_n^2 - r \cdot (P_n^2 + Q_n^2) & 2 \cdot Q_n \cdot V_n^2 - x \cdot (P_n^2 + Q_n^2) & V_n^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ x \\ V_g^2 \end{bmatrix}$$

A continuación, las tres matrices Y_n , H_n , y U se definen como se muestra a continuación:

$$Y_n = V_n^4 \quad H_n = \begin{bmatrix} 2 \cdot P_n \cdot V_n^2 - r \cdot (P_n^2 + Q_n^2) & 2 \cdot Q_n \cdot V_n^2 - x \cdot (P_n^2 + Q_n^2) & V_n^2 \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} r \\ x \\ V_g^2 \end{bmatrix}$$

10 A continuación, se utiliza una técnica de estimación de mínimos cuadrados conocida por los expertos en la materia para determinar los valores de parámetros desconocidos (r , x y V_g). Por ejemplo, se puede utilizar una ecuación de modo por lotes para determinar los valores de parámetros desconocidos (r , x y V_g), como se muestra a continuación:

$$U_k = \left[\sum_{n=1}^k H_n^T \cdot H_n \right]^{-1} \sum_{n=1}^k H_n^T \cdot Y_n$$

15 Hay que señalar que, dado que r y x también aparecen en el término H_n , se requiere una solución iterativa. En general, se requiere una pequeña inyección de señal de perturbación aleatoria para la convergencia de la solución para los valores de los parámetros (r , x y V_g). Debe observarse además que pueden utilizarse otras técnicas matemáticas tales como las técnicas de estimación recursiva y el filtrado de Kalman para lograr un seguimiento óptimo de los parámetros en presencia de ruido.

20 Con referencia a las figuras 12 y 13, un gráfico 40 ilustra la convergencia del valor de la reactancia (x) asociado con la red 12 eléctrica, calculando iterativamente (U_k). Además, un gráfico 141 ilustra la convergencia de la resistencia (r) de la red 12 eléctrica, calculando iterativamente (U_k). Finalmente, el gráfico 142 ilustra la convergencia del nivel de tensión (V_g), calculando iterativamente (U_k).

25 Con referencia a la figura 11, se explicará un procedimiento para determinar los valores de los parámetros asociados con la red 12 eléctrica que utiliza el controlador 32 principal y el dispositivo 30 de medición. El procedimiento puede implementarse utilizando algoritmos de software almacenados en un medio de almacenamiento informático ejecutado por el controlador 32 principal.

En la etapa 130, el dispositivo 30 de medición transmite una primera pluralidad de señales indicativas de los niveles de potencia reales (P_n) en el punto 19 de interconexión del parque 11 eólico a la red 12 eléctrica, al controlador 32 principal.

30 En la etapa 132, el dispositivo 30 de medición transmite una segunda pluralidad de señales indicativas de los niveles de potencia reactiva (Q_n) en el punto 19 de interconexión, al controlador 32 principal.

En la etapa 134, el dispositivo 30 de medición transmite una tercera pluralidad de señales indicativas de los niveles de tensión (V_n) en el punto 19 de interconexión, al controlador 32 principal.

35 En la etapa 136, el controlador 32 principal recibe la primera, segunda, y tercera pluralidad de señales y determina una pluralidad de valores de potencia real (P_n), una pluralidad de valores de potencia reactiva (Q_n), y una pluralidad de niveles de tensión (V_n), respectivamente, desde allí.

40 En la etapa 138, el controlador 32 principal estima al menos un parámetro asociado con la red 12 eléctrica la utilización de la pluralidad de valores de potencia real (P_n), la pluralidad de valores de potencia reactiva (Q_n), y la pluralidad de valores de tensión (V_n), y una técnica de estimación matemática. Por ejemplo, los valores de parámetro (r , x y V_g) se pueden determinar utilizando la pluralidad de valores de potencia real (P_n), la pluralidad de valores de potencia reactiva (Q_n) y la pluralidad de valores de tensión (V_n) y las ecuaciones matemáticas descritas

arriba.

5 El sistema de la invención, el procedimiento y artículo de fabricación de diversas formas de realización para controlar el funcionamiento de un parque eólico proporcionar una ventaja sustancial sobre otro sistema y procedimientos. En particular, el sistema, el procedimiento y el artículo de fabricación proporcionan un efecto técnico de estimación de valores de parámetros asociados con una red eléctrica que utiliza valores medidos en un punto de interconexión entre un parque eólico y una red eléctrica.

10 Los procedimientos descritos anteriormente pueden realizarse en forma de código de programa informático que contiene instrucciones incorporados en medios tangibles, tales como disquetes flexibles, CD-ROM, discos duros, o cualquier otro medio de almacenamiento legible por ordenador, en el que, cuando el ordenador el código del programa se carga y ejecuta en una computadora, la computadora se convierte en un aparato para practicar la invención.

15 Aunque la invención se ha descrito con referencia a una realización ejemplar, se entenderá por los expertos en la técnica que pueden realizarse varios cambios y equivalentes pueden ser sustituidos por elementos de los mismos sin apartarse del alcance de la divulgación. Además, se pueden hacer muchas modificaciones a las enseñanzas de la invención para adaptarse a una situación particular sin apartarse del alcance de la misma. Por lo tanto, se pretende que la invención no se limite a la realización particular divulgada para llevar a cabo la invención, pero que la divulgación incluirá todas las realizaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, el uso de los términos primero, segundo, etc. no denota ningún orden de importancia, sino que el término primero, segundo, etc. se usa para distinguir un elemento del otro.

20 **Lista de partes**

- Sistema de generación de energía eléctrica 10
- Parque eólico 11
- Red eléctrica 12
- 25 Turbinas eólicas 14, 15 y 16.
- Sistema colector 18
- Punto de interconexión 19
- Transformador 20
- Controladores de turbina eólica 24, 26, 28
- Dispositivo de medición 30
- 30 Controlador principal 32
- Unidad de procesamiento central (CPU) 40
- Memoria de solo lectura (ROM) 42
- Memoria volátil tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM) 44
- 35 Interfaz de entrada/salida (E/S) 46

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para determinar valores de parámetros asociados con una red (12) eléctrica, teniendo la red (12) eléctrica un punto (19) de interconexión donde la red eléctrica está acoplada eléctricamente a una fuente (10) de energía, comprendiendo el procedimiento:

5 medir la potencia real en el punto (19) de interconexión de la red (12) eléctrica para obtener una pluralidad de valores de potencia real (Pn);
 medir la potencia reactiva en el punto de interconexión de la red (12) eléctrica para obtener una pluralidad de valores de potencia reactiva (Qn);
 10 medir una tensión en el punto (19) de interconexión de la red eléctrica para obtener una pluralidad de valores de tensión (Vn); **caracterizado porque** el procedimiento comprende, además:

 estimar valores de parámetros de la red (12) eléctrica utilizando la pluralidad de valores de potencia real (Pn), la pluralidad de valores de potencia reactiva (Qn), y la pluralidad de valores de tensión (Vn), y una técnica de estimación matemática; y
 15 controlar un parque (11) eólico que comprende una pluralidad de turbinas (14,15,16) eólicas para generar energía eléctrica a la red (12) eléctrica en base a los valores de los parámetros, y en el que los valores de los parámetros de la red (12) eléctrica comprenden un valor de resistencia de línea eléctrica (r), un valor de reactancia de línea eléctrica (x) y una tensión de fasor (V_g) y se determinan a partir de la siguiente ecuación:

$$P_n + jQ_n = \frac{V_n^2 - V_n \cdot V_g e^{-j\theta}}{r - jx}$$

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la técnica de estimación matemática comprende una técnica de estimación de mínimos cuadrados.

3. Un sistema para determinar valores de parámetros de una red (12) eléctrica, teniendo la red eléctrica un punto (19) de interconexión donde la red eléctrica está acoplada eléctricamente a una fuente (10) de energía, comprendiendo el sistema:

25 un dispositivo (30) de medición configurado para medir potencia real en el punto (19) de interconexión de la red (12) eléctrica para obtener una pluralidad de valores de potencia reales (Pn), el dispositivo de medición estando configurado adicionalmente para medir potencia reactiva en el punto de interconexión de la red eléctrica para obtener una pluralidad de valores de potencia reactiva (Qn), estando el dispositivo de medición configurado además para medir una tensión en el punto de interconexión de la red eléctrica para obtener una pluralidad de valores de tensión (Vn); y

30 **caracterizado por**

 un controlador (32) que se comunica operativamente con el dispositivo (30) de medición, estando el controlador configurado para estimar valores de parámetros de la red (12) eléctrica utilizando la pluralidad de valores de potencia real (Pn), la pluralidad de valores de potencia reactiva (Qn) y la pluralidad de valores de tensión (Vn), y una técnica de estimación matemática, estando dicho controlador (32) configurado además para controlar un parque (11) eólico que comprende una pluralidad de turbinas (14,15,16) eólicas para generar energía eléctrica a la red (12) eléctrica basada en los valores de los parámetros, y donde los valores de los parámetros de la red (12) eléctrica comprenden un valor de resistencia de línea eléctrica (r), un valor de reactancia de línea eléctrica (x) y un tensión de fasor (V_g) y se determinan a partir de la siguiente ecuación:

$$P_n + jQ_n = \frac{V_n^2 - V_n \cdot V_g e^{-j\theta}}{r - jx}$$

4. El sistema de la reivindicación 3, en el que la técnica de estimación matemática comprende una técnica de estimación de mínimos cuadrados.

5. Un artículo de fabricación, que comprende:

45 un medio de almacenamiento informático que tiene un programa informático codificado para determinar los valores de parámetros de una red (12) eléctrica, teniendo la red eléctrica un punto (19) de interconexión donde la red eléctrica está acoplada eléctricamente a una fuente de alimentación, comprendiendo el medio de almacenamiento informático:

 un código para medir la potencia real en el punto (19) de interconexión de la red (12) eléctrica para obtener una pluralidad de valores de potencia real (Pn);

50 un código para medir la potencia reactiva en el punto (19) de interconexión de la red (12) eléctrica para

obtener una pluralidad de valores de potencia reactiva (Qn);
 un código para medir una tensión en el punto (19) de interconexión de la red (12) eléctrica para obtener una pluralidad de valores de tensión (Vn); **caracterizado por:**

- 5 un código para estimar valores de parámetros de la red (12) eléctrica utilizando la pluralidad de valores de potencia real (Pn), la pluralidad de valores de potencia reactiva (Qn), y la pluralidad de valores de tensión (Vn), y una técnica de estimación matemática; y
- 10 un código para controlar un parque (11) eólico que comprende una pluralidad de turbinas (14,15,16) eólicas para generar energía eléctrica a la red (12) eléctrica en base a los valores de parámetro at, y en el que los valores de los parámetros de la red eléctrica (12) comprenden un valor de resistencia de línea eléctrica (r), un valor de reactancia de línea eléctrica (x) y una tensión de fasor (Vg) y se determinan a partir de la siguiente ecuación:

$$P_n + jQ_n = \frac{V_n^2 - V_n \cdot V_g e^{-j\theta}}{r - jx}$$

6. El artículo de fabricación de la reivindicación 5, en el que la técnica de estimación matemática comprende una técnica de estimación de mínimos cuadrados.
- 15

FIG. 1

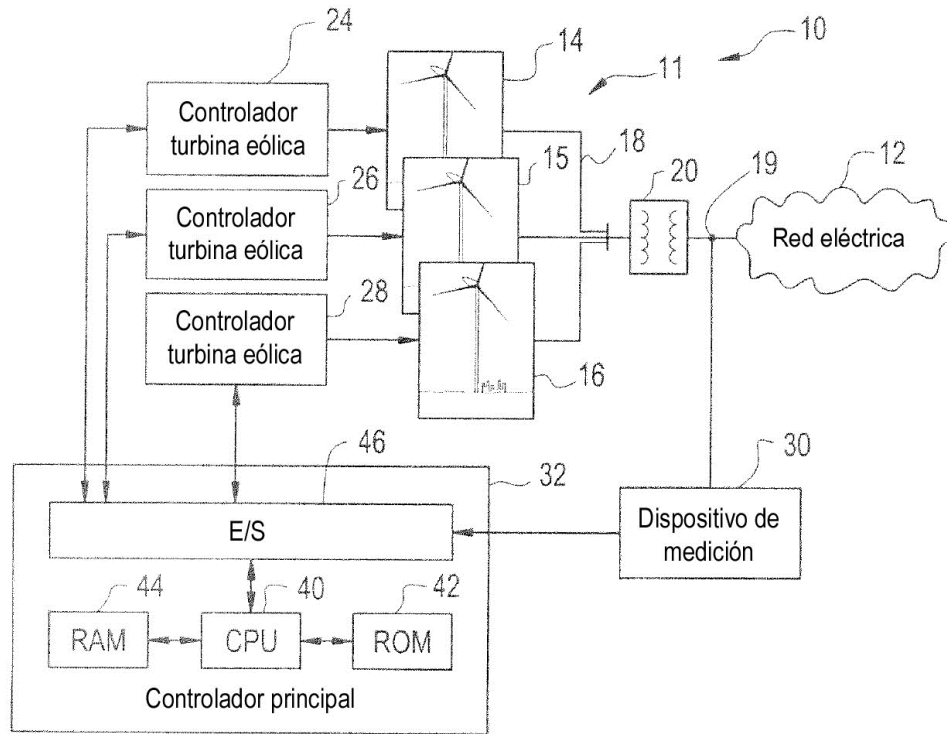


FIG. 2

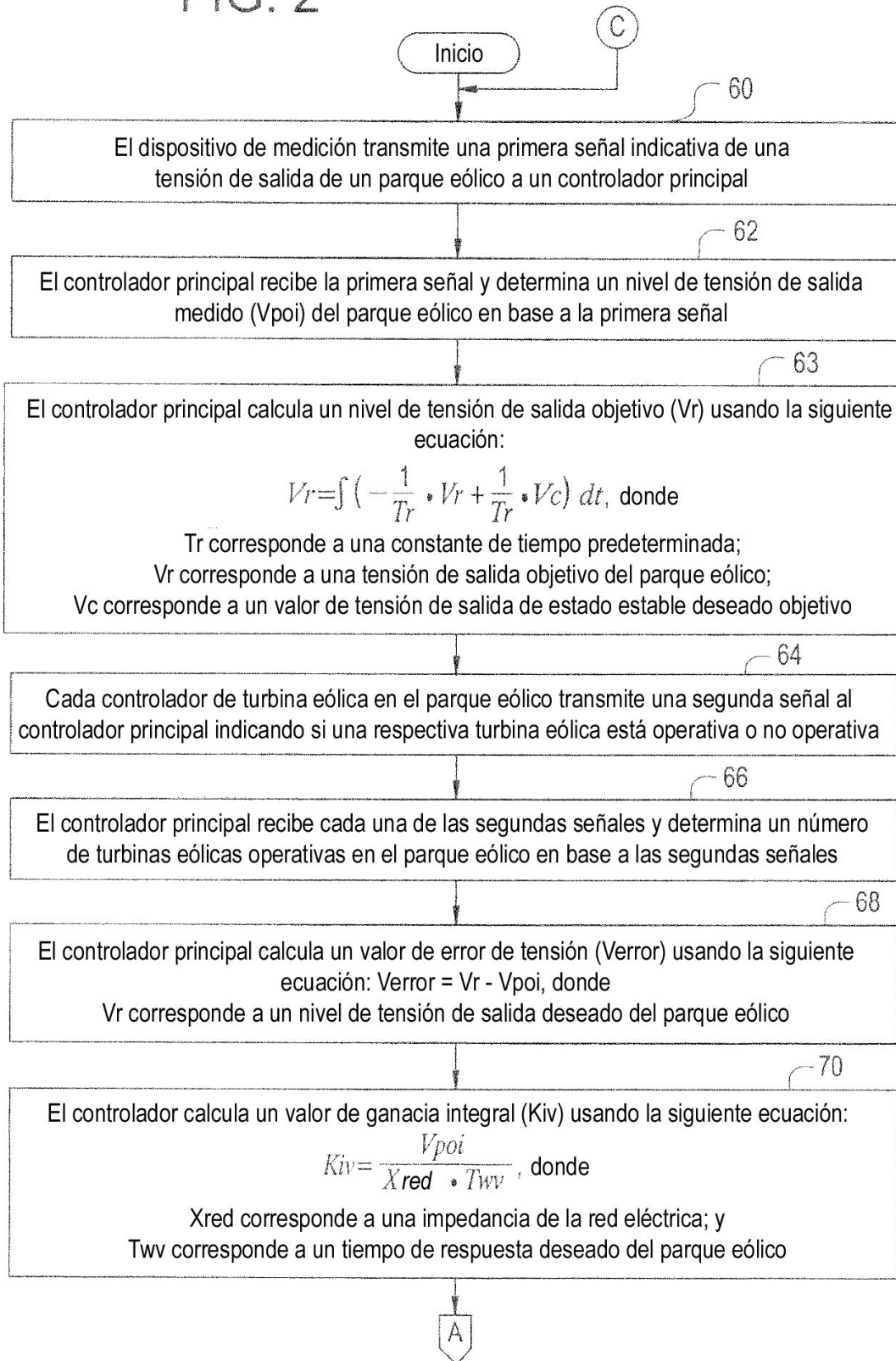


FIG. 3

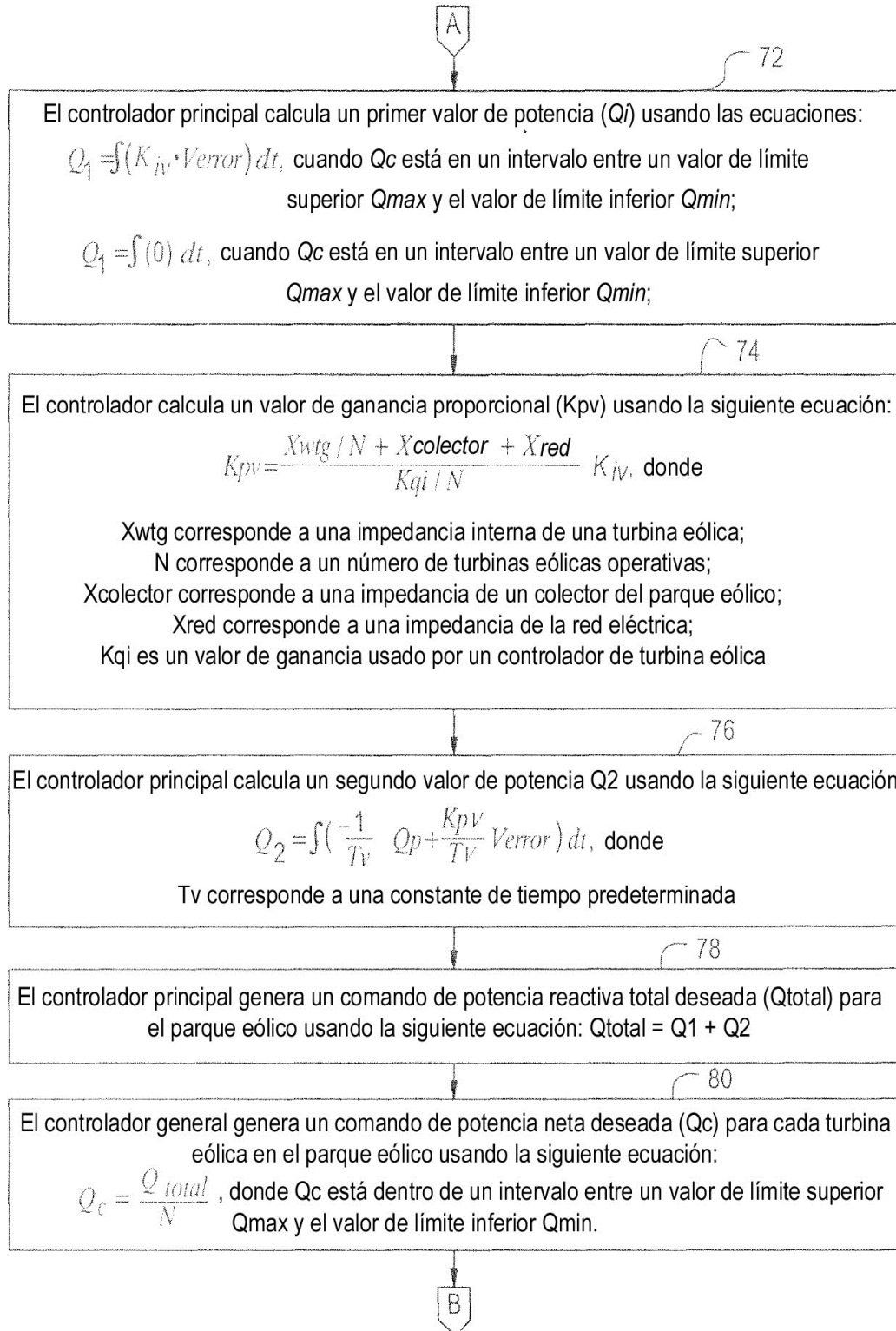


FIG. 4

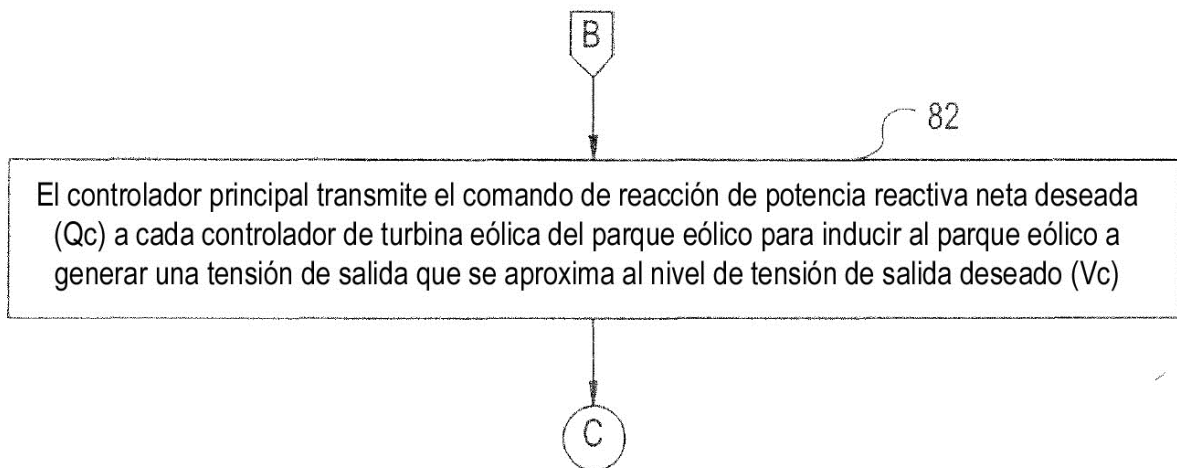


FIG. 5

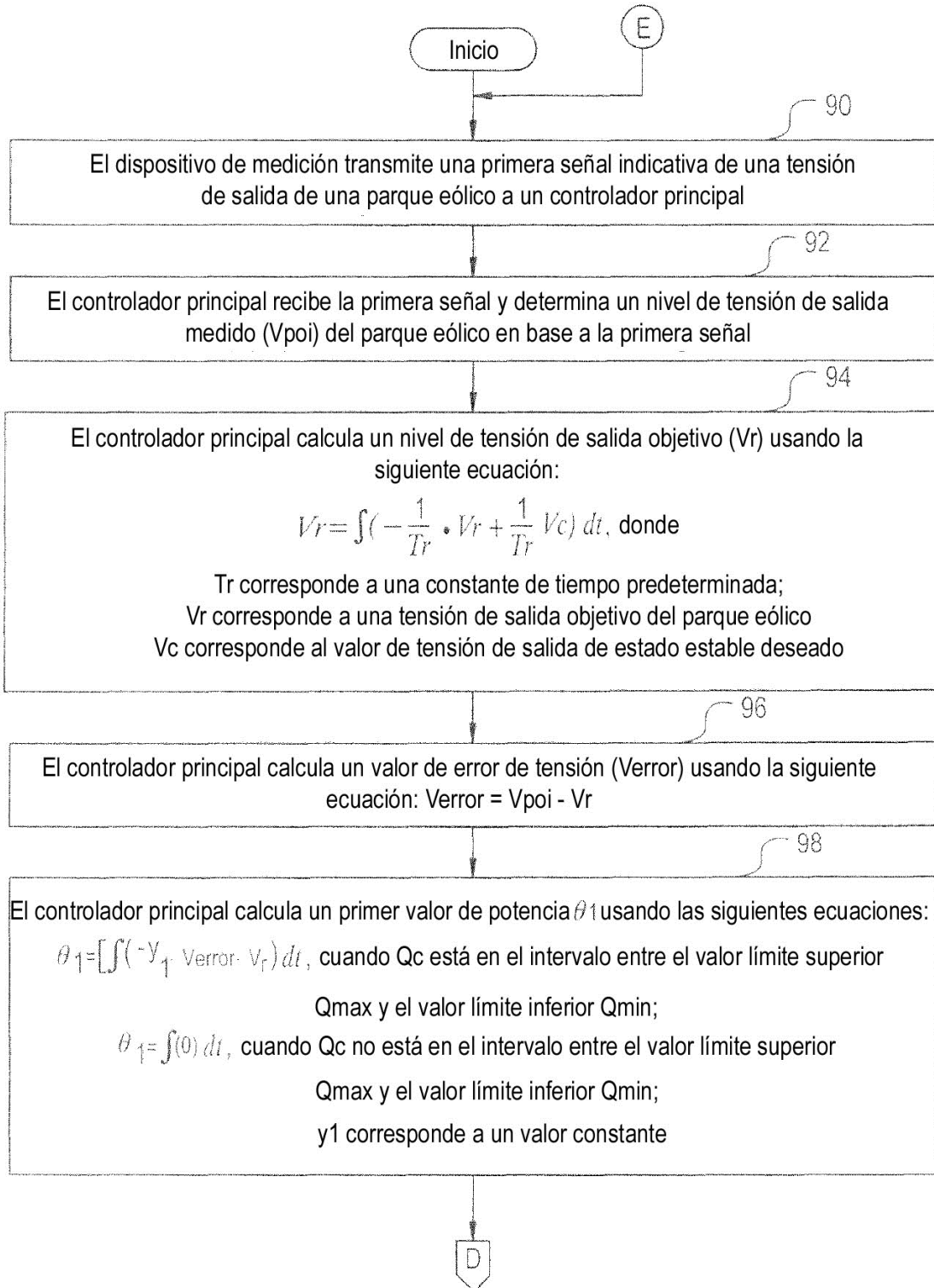


FIG. 6

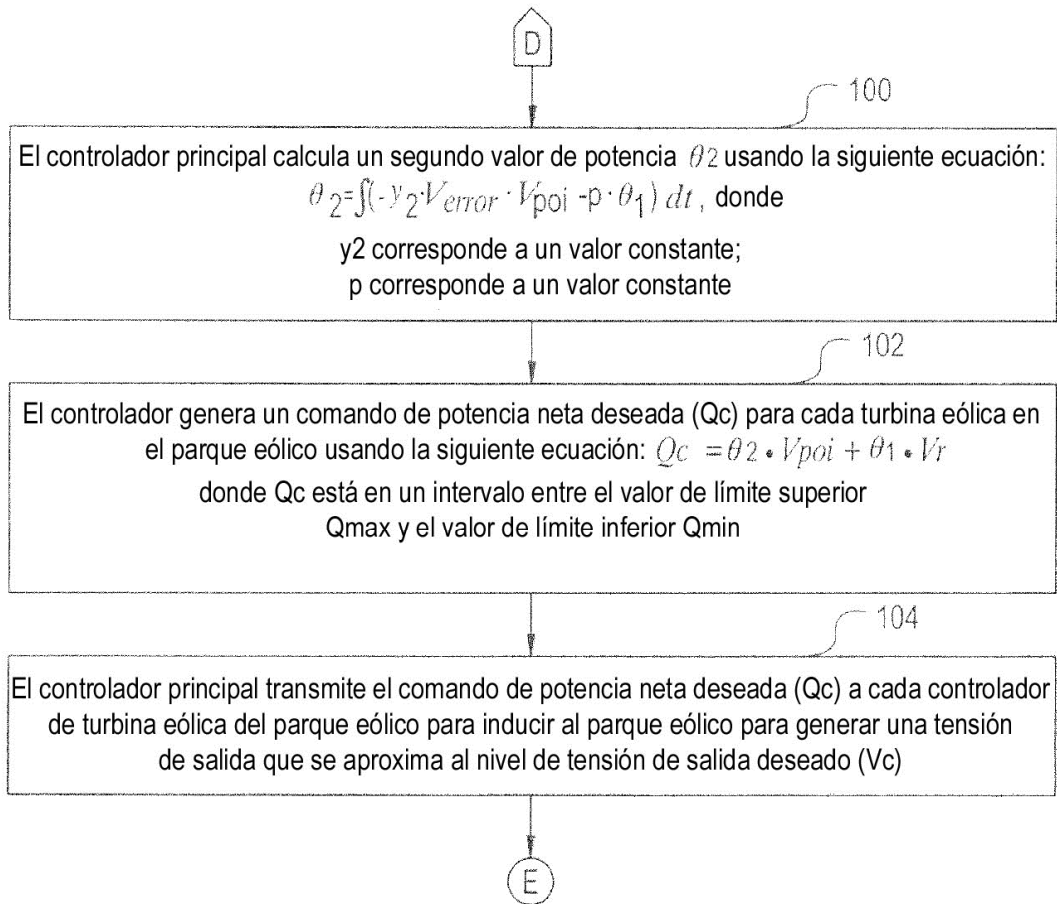


FIG. 7

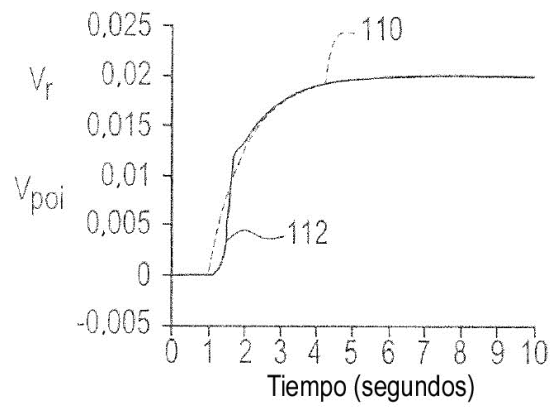


FIG. 8

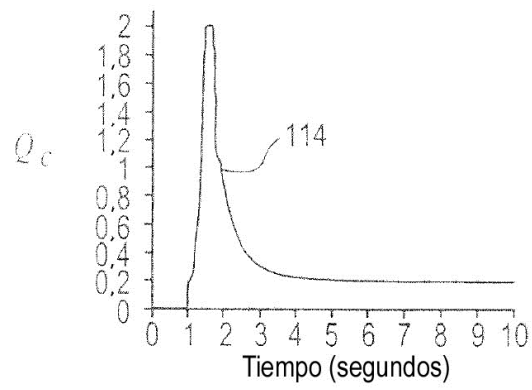


FIG. 9

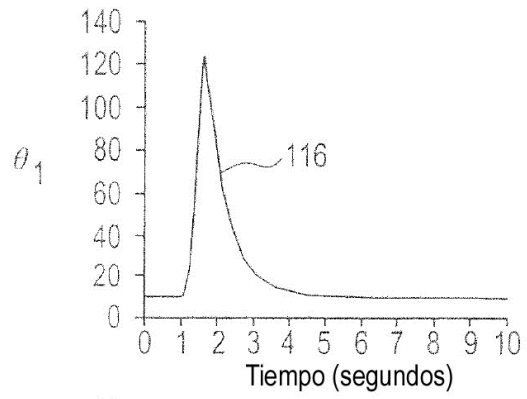


FIG. 10

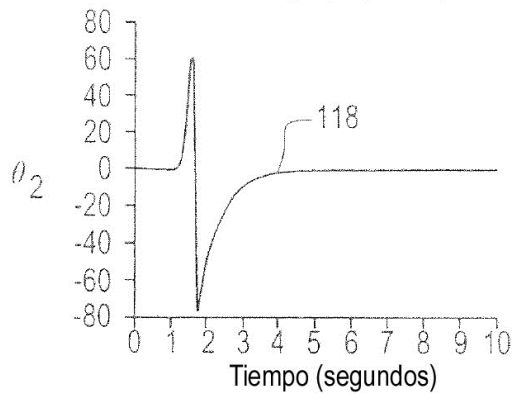


FIG. 11

