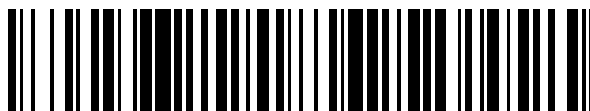


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 354**

51 Int. Cl.:

H02J 3/28 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)
H02J 3/32 (2006.01)
H02J 7/34 (2006.01)
F03D 9/11 (2006.01)
F03D 7/02 (2006.01)
H02J 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.06.2014 PCT/CN2014/081035**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2015 WO15196482**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2014 E 14885843 (4)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019 EP 3161931**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para determinar la potencia de salida de referencia para un sistema de almacenamiento de energía en un sistema de generación de potencia eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.10.2019

73 Titular/es:

**ABB SCHWEIZ AG (100.0%)
 Brown Boveri Strasse 6
 5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**LIU, YUAN;
 XIE, HAILIAN y
 YUE, CHENGYAN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 728 354 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

Procedimiento y dispositivo para determinar la potencia de salida de referencia para un sistema de almacenamiento de energía en un sistema de generación de potencia eólica.

Campo de la invención

- 5 Los modos de realización de la presente divulgación se refieren a un campo técnico de control de generación de potencia eólica, y más concretamente se refieren a un procedimiento y un dispositivo para determinar una potencia de referencia para un sistema de almacenamiento de energía (ESS) en un sistema de generación de potencia eólica.

Antecedentes de la invención

- 10 En la actualidad, la potencia eólica ha atraído cada vez más atención debido a que es una energía limpia e inagotable y el nivel de penetración de la potencia eólica aumenta constantemente en todo el mundo. Sin embargo, debido al hecho de que la potencia eólica tiene características como fluctuaciones aleatorias, intermitencia, etc., la integración de una potencia eólica a gran escala podría empeorar la estabilidad de la red y la calidad del suministro. Para mejorar la capacidad de control de la salida de energía eléctrica, la tecnología de almacenamiento de energía se usa generalmente en combinación con la generación de potencia eólica. Por ejemplo, en muchas aplicaciones, se utiliza un sistema de almacenamiento de energía (ESS) para facilitar que la potencia eólica cumpla con los requisitos del código de red.

- Al mismo tiempo, se han desarrollado muchas estrategias de control para el ESS. Una estrategia conocida se basa en un regulador adaptativo basado en Lógica Difusa (FLAR), pero su función como miembro es difícil de elegir. Un enfoque basado en filtros puede suavizar la variación de la salida de potencia eólica, pero siempre necesita una capacidad de energía relativamente alta. Un procedimiento que combine tanto el control del ángulo de cabeceo como el ESS puede ofrecer una mayor flexibilidad de todo el sistema, pero reducirá la eficiencia de las turbinas eólicas debido a que la estrategia de Seguimiento de Punto de Máxima Potencia ya no se puede utilizar. La estrategia de sistema de almacenamiento de energía de batería doble (BESS), que utiliza dos sistemas de almacenamiento de energía de batería en paralelo, podría desacoplar los procesos de carga y descarga de baterías; sin embargo, el control del tiempo de conversión es muy exigente. Además, también se han propuesto algunos otros procedimientos de optimización en el nivel de programación.

- Además, en la solicitud de patente China número CN102664422A, se divulga un procedimiento de suavizado de la producción de salida de un parque eólico que modifica la producción de salida del parque eólico utilizando la predicción de la potencia eólica y utiliza un enfoque de filtrado adaptativo mejorado para filtrar la producción del parque eólico modificada. El documento US 2009/0295162 A1 divulga un sistema de generación de potencia eólica que tiene un grupo de generadores de turbina eólica que incluye un controlador que tiene una memoria de registro de la potencia de generación para registrar una suma de la potencia de generación del grupo de generadores de turbina eólica y una potencia de carga y descarga de un sistema de almacenamiento de potencia, un dispositivo informático de comando de carga y descarga para calcular un comando de carga y descarga de potencia para el sistema de almacenamiento de potencia en un segundo período haciendo uso de la información de la potencia de salida en un primer período calculado en la unidad de cálculo de potencia de salida e información de un valor de detección en el momento actual de la memoria de registro de generación de potencia, y un dispositivo de control de carga y descarga de potencia.

Sumario de la invención

En la presente divulgación, se proporciona una nueva solución para determinar una potencia de referencia para un sistema de almacenamiento de energía (ESS) en un sistema de generación de potencia eólica para resolver o al menos mitigar parcialmente al menos una parte de los problemas del estado de la técnica.

- De acuerdo con un primer aspecto de la presente divulgación, se proporciona un procedimiento para determinar una potencia de salida de referencia para un sistema de almacenamiento de energía en el sistema de generación de potencia eólica. El procedimiento comprende filtrar una salida de potencia eólica real para obtener una salida de potencia deseada suministrada a una red; determinar una potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía a partir de la salida de potencia eólica real y la salida de potencia deseada suministrada a la red; y ajustar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un cambio en la salida de potencia eólica prevista en el siguiente punto temporal.

- De acuerdo con dicho primer aspecto, el ajuste de la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un cambio en la potencia eólica prevista en el siguiente punto temporal comprende cualquiera de: aumentar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía si un aumento en la salida de potencia eólica prevista es mayor que un umbral de aumento predeterminado; y disminuir la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía si una disminución en la potencia eólica prevista es mayor que un umbral de disminución predeterminado.

De acuerdo con dicho primer aspecto, el aumento de la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía comprende además determinar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el mínimo de las salidas de potencia total máxima admisible bajo el límite de tasa de incremento de salida de potencia y bajo el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real.

En un modo de realización adicional de la presente divulgación, la disminución de la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía puede comprender además determinar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el máximo de las salidas de potencia total mínima admisible bajo el límite de tasa de incremento de salida de potencia y bajo el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real.

En un modo de realización adicional más de la presente divulgación, el procedimiento puede comprender además ajustar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un límite de tasa de incremento.

En un modo de realización adicional más de la presente divulgación, el ajuste de la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un límite de tasa de incremento puede comprender además determinar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el máximo de las salidas de potencia total mínima admisible bajo un límite de tasa de incremento de salida de potencia de un minuto, un límite de tasa de incremento de salida de potencia de diez minutos y un límite de amplitud de potencia de salida de sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real si se detecta un cruce del límite de tasa de incremento negativo.

En otro modo de realización adicional más de la presente divulgación, el ajuste de la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un límite de tasa de incremento puede comprender además determinar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el mínimo de las salidas de potencia total máxima admisible bajo un límite de tasa de incremento de salida de potencia de un minuto, un límite de tasa de incremento de salida de potencia de diez minutos y un límite de amplitud de potencia de salida de sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real si se detecta un cruce del límite de tasa de incremento positivo.

En otro modo de realización de la presente divulgación, modificando, antes de ajustar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía, la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía con un valor de potencia $h(t)$ expresado por

$$h(t) = 1/T[E(t) - E_{BN}m_l - \alpha TP_{asig}(t)]$$

en la que T indica una constante de tiempo de un filtro para filtrar la potencia eólica real, $E(t)$ indica la energía restante en el sistema de almacenamiento de energía en el tiempo t , E_{BN} indica la capacidad nominal del sistema de almacenamiento de energía, m_l indica la limitación del porcentaje de energía mínimo, α indica un factor límite de energía de la batería, y $P_{asig}(t)$ indica la salida de potencia deseada obtenida suministrada a la red.

En un modo de realización adicional de la presente divulgación, el procedimiento puede comprender además limitar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía dentro de la limitación de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente divulgación, se proporciona además un dispositivo para determinar una potencia de salida de referencia para un sistema de almacenamiento de energía en el sistema de generación de potencia eólica. El sistema comprende una unidad de filtrado de salida de potencia configurada para filtrar una salida de potencia eólica real para obtener una salida de potencia deseada suministrada a una red; una unidad de determinación de potencia de referencia configurada para determinar una potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a la salida de potencia eólica real y la salida de potencia deseada suministrada a la red; y una unidad de ajuste de predicción de potencia configurada para ajustar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un cambio en la salida de potencia eólica prevista en el siguiente punto temporal.

De acuerdo con dicho segundo aspecto, la unidad de ajuste de predicción de potencia está además configurada para aumentar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía si un aumento en la salida de potencia eólica prevista es mayor que un umbral de aumento predeterminado y/o disminuir la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía si una disminución en la potencia eólica prevista es mayor que un umbral de disminución predeterminado.

De acuerdo con dicho segundo aspecto, la unidad de ajuste de predicción de potencia está configurada para aumentar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía mediante la

determinación de la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el mínimo de las salidas de potencia total máxima admisible bajo un límite de tasa de incremento de salida de potencia y un límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real.

- 5 En modos de realización de la presente divulgación, antes de realizar cualquier ajuste, la salida de potencia eólica real se filtra primero para obtener una salida de potencia deseada suministrada a una red; en base a la salida de potencia eólica real y la salida de potencia de referencia deseada, se determina la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía; y después la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía se ajusta en base a un cambio en la salida de potencia eólica prevista en el siguiente punto temporal. En algunos modos de realización, la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía puede ajustarse adicionalmente en base a otros factores. De esta manera, puede proporcionar una estrategia de control directo para suavizar las fluctuaciones en la producción de salida del parque eólico y limitar la tasa de incremento de potencia dentro de un intervalo requerido, lo que es más factible en la práctica que las estrategias existentes y podría resultar en un mejor rendimiento de control.

15 **Breve descripción de los dibujos**

Las características anteriores y otras características de la presente divulgación se harán más evidentes mediante una explicación detallada de los modos de realización como se ilustra en la descripción haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales números de referencia similares representan componentes iguales o similares y en los que:

- 20 La figura 1 ilustra de manera esquemática un diagrama de flujo de un procedimiento de determinación de una potencia de salida de referencia para un ESS en un sistema de generación de potencia eólica de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación;

La figura 2 ilustra de manera esquemática un diagrama de bloques de la unidad de filtro de potencia de salida de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación;

- 25 La figura 3 ilustra de manera esquemática un diagrama de bloques de un control de realimentación de SOC de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación;

La figura 4 ilustra de manera esquemática un diagrama de flujo de un ajuste de predicción de la potencia eólica de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación;

- 30 La figura 5 ilustra de manera esquemática un diagrama de flujo de un procedimiento de determinación de una potencia de salida de referencia para un ESS en un sistema de generación de potencia eólica de acuerdo con otro modo de realización de la presente divulgación;

La figura 6 ilustra de manera esquemática un diagrama de flujo del control de tasa de incremento de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación;

- 35 La figura 7 ilustra de manera esquemática un diagrama de flujo de un procedimiento de determinación de una potencia de referencia para un ESS en un sistema de generación de potencia eólica de acuerdo con una implementación específica de la presente divulgación;

La figura 8 ilustra de manera esquemática un diagrama de bloques de un dispositivo para determinar una potencia de referencia para un ESS en un sistema de generación de potencia eólica de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación;

- 40 La figura 9 ilustra de manera esquemática un diagrama de bloques de un dispositivo para determinar una potencia de referencia para un ESS en un sistema de generación de potencia eólica de acuerdo con una implementación específica de la presente divulgación;

- 45 La figura 10 ilustra de manera esquemática un diagrama de bloques de un sistema para determinar una potencia de referencia para un ESS en un sistema de generación de potencia eólica de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación;

Las figuras 11A y 11B ilustran de manera esquemática las curvas de salida de potencia suministradas a la red con y sin la solución propuesta de la presente divulgación;

La figura 12 ilustra de manera esquemática curvas de energía de batería con y sin control de realimentación de SOC como se propone en la presente divulgación; y

5 La figura 13 ilustra de manera esquemática un sistema informático general, programable para que sea un sistema informático específico, que puede representar cualquiera de los dispositivos informáticos a los que se hace referencia en el presente documento.

Descripción detallada de los modos de realización

De aquí en adelante, las soluciones que se proporcionan en la presente divulgación se describirán en detalle a través de modos de realización haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Hay que señalar que estos modos de realización se presentan solo para permitir que los expertos en la técnica entiendan e implementen mejor la presente divulgación, sin pretender limitar el alcance de la presente divulgación de manera alguna.

10 En general, todos los términos utilizados en las reivindicaciones deben interpretarse de acuerdo con su significado ordinario en el campo técnico, a menos que se defina explícitamente lo contrario en el presente documento. Todas las referencias a "un/uno/una/el/la/dicho/dicha [elemento, dispositivo, componente, medio, etapa, etc.]" han de interpretarse de manera amplia en el sentido de que se refieren a al menos un ejemplo de dicho elemento, dispositivo, componente, medio, unidad, etapa, etc., sin excluir una pluralidad de dichos dispositivos, componentes, medios, unidades, etapas, etc., a menos que se indique explícitamente lo contrario. Además, el artículo indefinido "un/uno/una" tal como se usa en el presente documento no excluye una pluralidad de dichas etapas, unidades, módulos, dispositivos y objetos, y etc.

20 A continuación, se hará referencia a la figura 1 para describir un procedimiento de determinación de una potencia de referencia para un ESS en un sistema de generación de potencia eólica de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación.

Como se ilustra en la figura 1, primero en la etapa S101, se filtra una salida de potencia eólica real para obtener una salida de potencia deseada suministrada a una red. En esta operación, se utiliza un filtro para suavizar la fluctuación de la potencia eólica a escala de minutos en la potencia de salida eólica real $P_e(t)$, para obtener un valor de potencia de salida suavizado, es decir, $P_{asig}(t)$, un valor deseado para la potencia suministrada a la red desde el parque eólico y la ESS. El filtro puede ser cualquier filtro conocido en la técnica, pero en un modo de realización de la presente divulgación, se usa un filtro de paso bajo de primer orden, cuyo diagrama se ilustra en la figura 2 solo con fines ilustrativos. A través de la transformada de Laplace, el valor de potencia suavizado del filtro puede representarse por

$$P_{asig}(s) = \frac{1}{1 + sT} P_e(s) \tag{Ecuación 1}$$

30 En el que $P_{asig}(s)$ indica la potencia de referencia de salida suministrada a la red expresada en el dominio s y $P_e(s)$ indica la potencia de salida eólica real expresada en el dominio s, y T indica la constante de tiempo de filtro o de suavizado.

El efecto de suavizado depende de la constante T de tiempo de suavizado. En general, cuanto mayor es la constante T de tiempo de suavizado, más suave será la potencia de salida y se necesita más capacidad de ESS, lo que significa que será necesario un mayor coste. La constante T de tiempo de suavizado puede decidirse, por ejemplo, por la capacidad nominal E_{Bn} del BESS y la potencia nominal P_{En} del parque eólico. En un modo de realización de la presente divulgación, T puede calcularse como

$$T = \frac{E_{Bn}}{P_{En}} \tag{Ecuación 2}$$

Después de obtener $P_{asig}(t)$, la salida de potencia de referencia suministrada a la red, en la etapa S102, se determina una potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía a partir de la salida de potencia eólica real y la salida de potencia de referencia suministrada a la red. La potencia $P_{Bref1}(t)$ de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía puede calcularse como la diferencia entre la potencia $P_e(t)$ de salida eólica real y la salida $P_{asig}(t)$ de potencia de referencia suministrada a la red, lo que significa que el sistema de almacenamiento de energía debería proporcionar la potencia $P_{Bref1}(t)$ de salida de referencia además de la energía $P_e(t)$ eólica proporcionada por el parque eólico para que el sistema de generación de potencia eólica (es decir, el parque eólico junto con el BESS) pueda entregar una salida de potencia combinada de $P_{asig}(t)$ a la red. Esta potencia $P_{Bref1}(t)$ de salida de referencia es una potencia de salida de referencia inicial, que posteriormente se modificará aún más.

Por ejemplo, la potencia $P_{Brefl}(t)$ de salida de referencia se puede ajustar primero mediante el control de realimentación de SOC (estado de carga).

El control de realimentación de SOC sirve principalmente para limitar la variación de SOC dentro de un nivel permitido para evitar la sobrecarga y la descarga excesiva y obtener la "potencia suavizada" deseada del filtro. De aquí en adelante, se hará una descripción del control de realimentación de SOC haciendo referencia a la figura 3, que ilustra de manera esquemática un diagrama de bloques de un control de realimentación de SOC de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación. Sin embargo, hay que señalar que la presente divulgación no se limita a esto; sino que también es posible adoptar cualquier otro esquema de control de realimentación de SOC.

La potencia suavizada del filtro ya se muestra como en la ecuación (1), que es expresada en el dominio s a través de la transformada de Laplace. Como se mencionó anteriormente, el valor de referencia esperado para la potencia de salida del BESS es la diferencia entre la potencia suavizada deseada del filtro y la potencia eólica real, y a partir de la ecuación 1, puede representarse por

$$P_{Brefl}(t) = P_{asig}(t) - P_e(t) = \frac{I}{I + sT} P_e(t) - P_e(t) = \frac{-sT}{I + sT} P_e(t) \quad (\text{Ecuación 3})$$

El cambio de energía del BESS estimado es la integración de su potencia de carga y descarga y, por tanto, puede expresarse mediante:

$$E_{est}(s) = -\frac{P_{Brefl}(t)}{s} = \frac{T}{I + sT} P_e(t) \quad (\text{Ecuación 4})$$

en la que una potencia negativa significa carga del BESS y una potencia positiva significa descarga del BESS.

Si la pérdida interna del BESS se ignora y la eficiencia se toma como el 100%, la relación entre el estado de energía y la potencia suavizada se puede expresar mediante:

$$E_{est}(s) = TP_{asig}(t) \quad (\text{Ecuación 5})$$

A partir de la deducción anterior, se puede apreciar que si la P_d salida de potencia combinada concuerda con la potencia P_{asig} de referencia del filtro, entonces la curva para la variación de energía E_{asig} ha de ser T veces más grande que la curva de $P_{asig}(t)$ (T es la constante de tiempo de suavizado del filtro usado en el filtrado de la potencia de salida como se mencionó anteriormente), como se ilustra en la ecuación 4.

Por lo tanto, como se mencionó anteriormente, $T=E_{Bn}/C_{PE}$ se considera una constante de tiempo de suavizado adecuada para la capacidad del BESS nominal, en el que E_{Bn} indica la capacidad nominal del BESS y P_{En} indica la potencia nominal del parque eólico. Si T se establece demasiado alto, por ejemplo, $T>E_{Bn}/C_{PE}$, entonces la energía mandada desde la batería puede exceder su capacidad de energía nominal. Por lo tanto, se puede introducir un parámetro α ($0<\alpha<1$), que se puede denominar como factor límite de energía de salida de la batería, para limitar la energía mandada dentro de la capacidad del BESS nominal y para limitar el SOC dentro del intervalo admisible.

Si el intervalo de SOC admisible se delimita entre el límite inferior m_1 y el límite superior m_2 , que son el límite de porcentaje de energía mínimo y el límite de porcentaje de energía máximo del BESS. El valor de α puede ser obtenido mediante

$$\alpha = \frac{E_{Bn}(m_2 - m_1)}{TC_{PE}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Por tanto, debería reajustar el valor de referencia para el BESS con una cantidad de ajuste expresada por.

$$h(t)=1/T[E(t) - E_{Bn}m_1 - \alpha TP_{asig}(t)] \quad (\text{Ecuación 7})$$

Considerando la dirección de flujo de potencia del BESS, $h(t)$ positivo representa la descarga del BESS, mientras que $h(t)$ negativo representa la carga del BESS.

Para una mejor comprensión de la presente divulgación, se proporciona a continuación la interpretación física. Cuando el BESS se encuentra en un estado de alta energía, lo que significa que la energía disponible real está por encima de $\alpha TP_{asig}(t)$, $h(t)$ es positivo, lo que indica que el BESS necesita descargarse más o cargarse menos en esa situación. Por el contrario, cuando el BESS tiene un estado de baja energía, $h(t)$ es negativo, lo que significa que el BESS necesita descargarse menos o cargarse más.

Después del ajuste con $h(t)$, el valor de referencia para el BESS se modifica a partir de la potencia de referencia inicial $P_{Bref1}(t)$ a $P_{Bref2}(t)$ que puede ser expresada por

$$P_{Bref2} = P_{Bref1} + h(t) \quad (\text{Ecuación 8})$$

Además, en la etapa S103, la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía puede ajustarse adicionalmente en base a un cambio en el cambio de salida de potencia eólica prevista en el siguiente punto temporal.

Ha de entenderse que las fluctuaciones de la potencia eólica suelen tener algunas situaciones de emergencia, como una gran caída en la salida de potencia eólica (denominada de aquí en adelante como "viento abandonado") y un gran aumento en la salida de potencia eólica (denominado como "viento próximo" de aquí en adelante), que podría tener severos impactos en la estabilidad de la red. Por lo tanto, generalmente es preferible que el BESS pueda proporcionar soporte de potencia en dichas situaciones al ser descargado más en el tiempo de "viento abandonado", o cargado más en el tiempo de "viento próximo". Sin embargo, debido al límite de amplitud de salida de potencia del BESS, en el tiempo de situaciones de emergencia tan severas y fluctuantes, generalmente no se puede proporcionar suficiente potencia del BESS. Un posible esquema para resolver este problema es elegir otro BESS de una potencia nominal más alta, pero esto aumentará considerablemente el coste y será un desaprovechamiento porque en situaciones comunes, solo se requiere una pequeña potencia del BESS.

En la presente divulgación, se propone un enfoque avanzado de acuerdo con el cual, el BESS reaccionará previamente. A diferencia del esquema mencionado anteriormente, el SOC del BESS se ajustará previamente dependiendo de la predicción de la potencia eólica de salida futura. En el enfoque propuesto, antes de la situación de emergencia fluctuante, el BESS se cargará más anticipadamente para hacer frente a la situación de "viento abandonado" y se descargará más para la situación de "viento próximo". Como resultado, el cambio brusco en la potencia de salida puede ser mitigado e incluso evitado y es posible proporcionar una transición suave en la salida de potencia en estos casos de emergencia y al mismo tiempo no requiere una potencia del BESS nominal más alta, lo que puede reducir el coste del BESS considerablemente.

En modos de realización de la presente divulgación, se podrían usar muchos tipos diferentes de enfoques de predicción de la potencia eólica, que pueden seleccionarse por los expertos en la técnica dependiendo de los requisitos de aplicación. Además, para diferentes aplicaciones, se puede realizar una predicción de la potencia eólica en diferentes escalas de tiempo y precisión. El error cuadrático medio de la predicción a corto plazo en 1 hora podría reducirse a menos del 10%; se podría adoptar una predicción de potencia eólica de 1 minuto y se podría ignorar el error.

A continuación, se hace referencia a la figura 4, que ilustra de manera esquemática un diagrama de flujo de un ajuste de predicción de la potencia eólica de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación. Como se ilustra en la figura 4, primero como etapa S401, de acuerdo con los resultados de la predicción de la potencia eólica, se determina si una disminución en la potencia eólica prevista es mayor que el umbral P_{ea} de disminución. Si es así, significa que habrá un "viento abandonado" en el tiempo $t+1$ y, por tanto, en la etapa S402, la potencia de salida de referencia para el BESS se reduce para disminuir la potencia de salida suministrada a la red en el tiempo t y, por ejemplo, el BESS se cargará a la tasa de carga máxima posible bajo varios límites. Por otro lado, si la disminución de la potencia eólica prevista no supera el umbral P_{ea} de disminución, el procedimiento continúa con la etapa S403. En la etapa S403, también se determina si un aumento en la potencia eólica prevista es mayor que el umbral P_{ea} de aumento. Si es así, significa que habrá un "viento próximo" en el tiempo $t+1$ y, por tanto, en la etapa S404, la potencia de salida de referencia para el BESS se incrementa para aumentar la potencia de salida que se entrega a la red en el tiempo t . Por ejemplo, el BESS se descargará a la tasa de descarga máxima posible bajo varios límites. Si el cambio en la potencia eólica prevista cae dentro de los umbrales de aumento y disminución, entonces en la etapa S405 se puede mantener la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía tal como está sin realizar ningún ajuste.

A continuación, solo con fines ilustrativos, se realizará una implementación de ejemplo para que los expertos en la materia entiendan bien el punto de ajuste de la predicción de la potencia eólica.

Para la salida P_{Bref2} de potencia de referencia, la potencia de salida de referencia correspondiente suministrada a la red por el sistema de generación de potencia eólica (es decir, la potencia combinada tanto del parque eólico como del BESS) se puede expresar por

$$P_{dref}(t) = P_{Bref2}(t) + P_E(t). \quad (\text{Ecuación 9})$$

La potencia $P_{dref}(t)$ de salida de referencia puede estar restringida por varios límites, pero en un modo de realización de la presente divulgación, la potencia $P_{dref}(t)$ de salida de referencia está restringida principalmente por el límite de tasa de incremento en 1min P_{d1minL} y el límite de amplitud de potencia de salida del BESS. Las restricciones pueden ser expresadas por:

- límite de tasa de incremento en 1 minuto:

$$P_d(t-1) - P_{d1minL} < P_{dref}(t) < P_d(t-1) + P_{d1minL}$$

- límite de amplitud de potencia de salida del BESS:

$$P_e(t) - P_{Bmax} < P_{dref}(t) < P_e(t) + P_{Bmax}$$

Por lo tanto, cuando hay una caída repentina en la potencia eólica de salida, es decir, en el tiempo de "viento abandonado", la referencia BESS se puede ajustar de acuerdo con la tasa de carga máxima posible bajo los dos límites como

$$P_{Bref3} = \max\{ (P_d(t-1) - P_{d1minL}), (P_e(t) - P_{Bmax}) \} - P_e(t) \quad (\text{Ecuación 10})$$

es decir, la diferencia entre el máximo de las salidas de potencia total mínima admisible (es decir, las salidas de potencia mínima admisible del parque eólico y el ESS) bajo el límite de tasa de incremento de salida de potencia y bajo el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real. De manera similar, cuando hay un aumento repentino en la potencia eólica de salida, es decir, en el tiempo de "viento próximo", la potencia de salida de referencia del BESS se puede ajustar como la tasa de descarga máxima posible bajo los dos límites,

$$P_{Bref3} = \min\{ (P_d(t-1) + P_{d1minL}), (P_e(t) + P_{Bmax}) \} - P_e(t) \quad (\text{Ecuación 11})$$

es decir, la diferencia entre el mínimo de las salidas de potencia total máxima admisible (es decir, las salidas de potencia máxima admisible del parque eólico y el ESS) bajo el límite de tasa de incremento de salida de potencia y bajo el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real. De esta manera, el cambio brusco debido a las fluctuaciones de potencia eólica próximas puede compensarse previamente, lo que hace posible proporcionar una transición más suave en la salida de potencia.

En modos de realización adicionales de la presente divulgación, la potencia de salida de referencia del BESS determinada puede ajustarse adicionalmente en base a otros factores, que se describirán en detalle haciendo referencia a la figura 5.

Como se ilustra en la figura 5, en la etapa S501, la potencia de salida de referencia del BESS puede ajustarse adicionalmente en base a un límite de tasa de incremento. El control de tasa de incremento asegurará que la tasa de incremento de la salida P_d de potencia final esté dentro del límite del código de red. Este control puede realizarse detectando la tasa de cambio en 1min y la tasa de cambio en 10min de $P_{dref}(t)$ (una potencia de salida de referencia determinada en base a la potencia de salida de referencia del BESS determinada previamente, como P_{Bref3}), determinando si hay alguna tasa de cambio en marcha más allá de los límites estipulados de 1min y 10min P_{d1minL} , $P_{d10minL}$, y limitándola dentro del límite.

Solo con fines ilustrativos, la figura 6 ilustra de manera esquemática un diagrama de flujo de control de tasa de incremento de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación. Como se ilustra, primero en la etapa S601, se determina si hay un cruce del límite positivo de 1min o 10min para la referencia de potencia combinada, es decir, si el aumento en la salida de potencia final P_{dref} va más allá del límite del código de red. Si es así, la potencia de salida de referencia del BESS se determinará de acuerdo con la tasa de descarga máxima posible bajo varios límites.

En un modo de realización de la presente divulgación, los límites considerados comprenden el límite de tasa de incremento en 1min, el límite de tasa de incremento en 10min y el límite de amplitud de potencia de salida del BESS, que pueden determinarse de la siguiente manera:

- límite de tasa de incremento en 1min:

$$P_d(t-1) - P_{d1minL} < P_{dref}(t) < P_d(t-1) + P_{d1minL}$$

- límite de tasa de incremento en 10min:

$$P_{d10max}(t) - P_{d10minL} < P_{dref}(t) < P_{d10min}(t) + P_{d10minL}$$

en la que $P_{d10max}(t) = \max\{P_d(t-1), P_d(t-2), \dots, P_d(t-10)\}$

5

$$P_{d10min}(t) = \min\{P_d(t-1), P_d(t-2), \dots, P_d(t-10)\}$$

- límite de amplitud de potencia de salida del BESS:

$$P_e(t) - P_{Bmax} < P_{dref}(t) < P_e(t) + P_{Bmax}$$

Por tanto, para un cruce del límite positivo, la potencia de salida de referencia del BESS se puede determinar como

$$P_{Bref4} = \min\{(P_d(t-1) + P_{d1minL}), (P_{d10min}(t) + P_{d10minL}), (P_e(t) + P_{Bmax})\} - P_e(t)$$

10 Es decir, en dicho caso, la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía se puede ajustar como la diferencia entre el mínimo de las salidas de potencia total máxima admisible (es decir, la potencia de salida máxima admisible del parque eólico y el ESS) bajo el límite de tasa de incremento de salida de potencia de un minuto, el límite de tasa de incremento de salida de potencia de diez minutos y el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real.

15 Por otro lado, si no hay un cruce del límite positivo de 1min o 10min para la referencia de potencia combinada P_d , el procedimiento pasa a la etapa S603. En la etapa S603, se determina además si hay un cruce del límite negativo de 1min o 10 minutos para la referencia de potencia combinada P_d , es decir, si la disminución en la salida de potencia final P_d va más allá del límite del código de red. Si es así, la potencia de salida de referencia del BESS se determinará de acuerdo con la tasa de carga máxima posible bajo varios límites. Por ejemplo, para un cruce del

20

límite negativo, la potencia de salida de referencia del BESS se puede determinar como

$$P_{Bref4} = \max\{(P_d(t-1) - P_{d1minL}), (P_{d10max}(t) - P_{d10minL}), (P_e(t) - P_{Bmax})\} - P_e(t)$$

Dicho de otro modo, en dicha situación, la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía puede ajustarse como la diferencia entre el máximo de las salidas de potencia total mínima admisible (es decir, la potencia de salida mínima del parque eólico y el ESS) bajo un límite de tasa de incremento de salida de potencia de un minuto, un límite de tasa de incremento de salida de potencia de diez minutos y un límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real.

25

Si tanto la tasa de incremento en 1min como la tasa de incremento en 10min cumplen con los requisitos del código de red, entonces en la etapa S605, se puede mantener la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía tal como está sin realizar ningún ajuste. De esta manera, es posible asegurarse de que

30

la tasa de incremento cumpla con los requisitos del código de red.

Además, en la etapa S502, la potencia de salida de referencia ajustada puede ajustarse adicionalmente en base al límite de amplitud de potencia de salida del BESS para limitar la potencia de salida del BESS dentro de los límites predeterminados.

35 Por ejemplo, primero se puede determinar si la potencia de salida de referencia del BESS determinada previamente como $P_{Bref4}(t)$ se encuentra dentro de un intervalo de potencia de $-P_{Bmax}$ a P_{Bmax} . Si la $P_{Bref4}(t)$ es más alta que la P_{Bmax} , entonces la $P_{Bref4}(t)$ puede limitarse a P_{Bmax} ; si la $P_{Bref4}(t)$ es más baja que la P_{Bmax} , la $P_{Bref4}(t)$ puede limitarse a $-P_{Bmax}$. Por tanto, mediante el límite de amplitud de potencia de salida del BESS, se puede garantizar que la potencia de salida de referencia del BESS determinada no supere el límite de amplitud de potencia de salida del BESS.

40 Para que el experto en la técnica comprenda mejor la idea de la presente divulgación, de aquí en adelante, se hará referencia de manera adicional a la figura 7 para describir un procedimiento de determinación de una potencia de referencia para un ESS en un sistema de generación de potencia eólica de acuerdo con una implementación específica de la presente divulgación.

45 Como se ilustra en la figura 7, primero como etapa S701, los datos $P_{e(t)}$ de potencia eólica real se introducen en un sistema de control y luego en la etapa S702, los datos $P_{e(t)}$ de potencia eólica real son filtrados por, por ejemplo, un filtro de paso bajo de primer orden para obtener un valor $P_{desig(t)}$ deseado para la salida de potencia suministrada a una red. Luego, la potencia $P_{Bref1}(t)$ de salida de referencia del BESS se determina a partir de los datos $P_{e(t)}$ de

potencia eólica real y un valor $P_{dasig(t)}$ deseado, por ejemplo, como la diferencia entre los datos $P_e(t)$ de potencia eólica real y el valor $P_{dasig(t)}$ deseado. A continuación, la potencia $P_{Bref1(t)}$ de salida de referencia del BESS se puede ajustar a través del ajuste de realimentación de SOC para obtener $P_{Bref2(t)}$, que se puede realizar, por ejemplo, en términos del esquema como se ilustra en la figura 3. Después, en la etapa S704, se determina si habrá "viento próximo" o "viento abandonado" en base a la potencia eólica prevista. Si hay un cambio brusco en la potencia eólica prevista, entonces en la etapa S705 se puede realizar el ajuste de la predicción de la potencia eólica para ajustar la potencia $P_{Bref3(t)}$ salida de referencia del BESS, por ejemplo, conforme al esquema ilustrado en la figura 4 y el procedimiento pasa a la etapa S706; de lo contrario, el procedimiento continúa directamente con la etapa S706. En la etapa S706, se determina además si habrá un cruce del límite de tasa de incremento de 1min o 10min. Si se va a producir dicho cruce del límite, se realiza un control de tasa de incremento de 1min/10min en la etapa S707 para obtener una $P_{Bref4(t)}$ del BESS nuevamente ajustada, por ejemplo, de acuerdo con el esquema descrito con referencia a la figura 6 y el procedimiento pasa a la etapa S707; De lo contrario, el procedimiento pasa directamente a la etapa S707. En la etapa S707, la potencia de salida de referencia del BESS se limita aún más para que pueda asegurarse de que la potencia de salida de referencia del BESS cumple con el límite de amplitud de potencia de salida de potencia del BESS, obteniendo de este modo la potencia de salida de referencia del BESS final.

En modos de realización de la presente divulgación, antes de realizar cualquier ajuste, la salida de potencia eólica real se filtra primero para obtener una salida de potencia de referencia suministrada a una red; en base a la salida de potencia eólica real y la salida de potencia de referencia obtenida, se determina la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía; y después la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía se ajusta en base a un cambio en la salida de potencia eólica prevista en el siguiente punto temporal. En algunos modos de realización, la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía puede ajustarse adicionalmente en base a otros factores. De esta manera, se puede proporcionar una estrategia de control directo para suavizar las fluctuaciones en la producción de salida del parque eólico y limitar la tasa de incremento de potencia dentro del intervalo requerido, lo que es más factible en la práctica que las estrategias existentes y podría resultar en un mejor rendimiento de control.

Además del procedimiento descrito anteriormente, también se proporciona un sistema de control para determinar una potencia de salida de referencia para un sistema de almacenamiento de energía en el sistema de generación de potencia eólica. Posteriormente, se hará referencia a la figura 8 para describir un dispositivo para determinar una potencia de referencia para un ESS en un sistema de generación de potencia eólica de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación.

En la figura 8 se ilustra un dispositivo 800 para determinar una potencia de salida de referencia para un sistema de almacenamiento de energía en el sistema de generación de potencia eólica. Como se ilustra en la figura 8, el dispositivo 800 comprende una unidad 801 de filtrado de potencia de salida, una unidad 802 de determinación de potencia de referencia y una unidad 804 de ajuste de predicción de potencia eólica. La unidad 801 de filtrado de potencia de salida está configurada para filtrar una salida $P_e(t)$ de potencia eólica real para obtener una salida $P_{asig(t)}$ de potencia deseada suministrada a una red. La unidad 802 de determinación de potencia de referencia está configurada para determinar una potencia $P_{Bref1(t)}$ de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía a partir de la salida $P_e(t)$ de potencia eólica real y la salida $P_{asig(t)}$ de potencia deseada suministrada a la red. La unidad 804 de ajuste de predicción de potencia está configurada para ajustar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un cambio en la salida de potencia eólica prevista en el siguiente punto temporal.

Antes del ajuste por la unidad de ajuste de predicción de la potencia eólica, la potencia $P_{Bref1(t)}$ de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía puede ajustarse primero mediante una unidad 803 de ajuste de realimentación de SOC, como se ilustra en la figura 8. La unidad 803 de ajuste de realimentación de SOC puede configurarse para modificar, antes de la unidad 804 de ajuste de predicción de potencia eólica, la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base al estado de carga del sistema de almacenamiento de energía. La cantidad $h(t)$ de potencia de ajuste puede ser determinada por la unidad 803 de ajuste de realimentación de SOC como

$$h(t) = 1/T [E(t) - E_{BN} m1 - \alpha T P_{asig}(t)]$$

en la que T indica una constante de tiempo de filtro para filtrar la potencia eólica real, $E(t)$ indica la energía restante en el sistema de almacenamiento de energía en el tiempo t , E_{BN} indica la capacidad nominal del sistema de almacenamiento de energía, $m1$ indica la limitación del porcentaje de energía mínima, α indica un factor de límite de energía de la batería y $P_{asig}(t)$ indica la potencia de referencia obtenida suministrada a la red.

En un modo de realización de la presente divulgación, la unidad 804 de ajuste de predicción de potencia puede configurarse adicionalmente para: aumentar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía si un aumento en la salida de potencia eólica prevista es mayor que un umbral de aumento predeterminado; y/o disminuir la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía si una disminución en la salida de potencia eólica prevista es mayor que un umbral de disminución predeterminado.

5 En otro modo de realización de la presente divulgación, la unidad 804 de ajuste de predicción de potencia puede configurarse para aumentar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía determinando la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el mínimo de las salidas de potencia total máxima admisible bajo el límite de tasa de incremento de salida de potencia y bajo el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real.

10 En un modo de realización adicional de la presente divulgación, la unidad 804 de ajuste de predicción de potencia está configurada para disminuir la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía determinando la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el máximo de las salidas de potencia total mínima admisible bajo el límite de tasa de incremento de salida de potencia y bajo el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real.

15 En otro modo de realización adicional más de la presente divulgación, puede comprender además una unidad 805 de control de tasa de incremento, que está configurada para ajustar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a los límites de tasa de incremento. En concreto, la unidad 805 de control de tasa de incremento puede configurarse para determinar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el máximo de las salidas de potencia total mínima admisible bajo un límite de tasa de incremento de salida de potencia de un minuto, un límite de tasa de incremento de salida de potencia de diez minutos y un límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real si se detecta un cruce del límite de tasa de incremento negativo. La unidad 805 de control de tasa de incremento puede configurarse además para determinar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el mínimo de salidas de potencia total máxima admisible bajo un límite de tasa de incremento de salida de potencia de un minuto, un límite de tasa de incremento de salida de potencia de diez minutos y un límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia eólica real si se detecta un cruce del límite de tasa de incremento positivo.

25 En otro modo de realización adicional más de la presente divulgación, el sistema 800 de control puede comprender además una unidad 806 de límite de amplitud de potencia configurada para limitar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía dentro de la limitación de la amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía.

30 La figura 9 ilustra además de manera esquemática un diagrama de bloques de un aparato para determinar una potencia de referencia para un ESS en un sistema de generación de potencia eólica de acuerdo con una implementación específica de la presente divulgación. Como se ilustra en la figura 9, el módulo 910 de filtrado filtra los datos $P_e(t)$ de potencia real y la potencia $P_{asig}(t)$ suavizada) después de que el filtrado se ingrese a un sumador 915, en el que se calcula la diferencia entre la $P_e(t)$ y la $P_{asig}(t)$ y la diferencia se toma como la potencia $P_{Bref1}(t)$ salida de referencia del BESS inicial. El módulo 920 de realimentación de SOC recibirá la potencia $P_{Bsal}(t)$ de salida del BESS y calculará una cantidad de potencia de ajuste que ha de añadirse en el sumador 925 a la potencia $P_{Bref1}(t)$ de salida de referencia inicial del BESS para obtener $P_{Bref2}(t)$. Entonces, el módulo 930 de predicción de potencia eólica recibirá la salida $\bar{P}_e(t+1)$ de potencia prevista en el tiempo siguiente t+1 y ajusta la $P_{Bref2}(t)$ a $P_{Bref3}(t)$. Posteriormente, el módulo 940 de control de tasa de incremento puede ajustar aún más la $P_{Bref3}(t)$ en base a los límites de tasa de incremento para asegurarse de que la potencia de referencia para el BESS cumple con los requisitos de la tasa de incremento y, como resultado, se obtiene la $P_{Bref4}(t)$. Finalmente, la $P_{Bref4}(t)$ pasa además por el módulo 950 de límite de amplitud de potencia de salida del BESS para limitar la amplitud de la salida de potencia de referencia para el BESS dentro del límite de amplitud de potencia de salida del BESS. Por tanto, se obtiene la salida $P_{Bref}(t)$ de potencia de referencia final para el BESS.

45 Además, en modos de realización de la presente divulgación, también se proporciona un sistema para identificar la volatilidad de la carga de un cliente de potencia, que se describirá haciendo referencia a la figura 10. Como se ilustra en la figura 10, el sistema 1000 puede comprender al menos un procesador 1010 y al menos una memoria 1020 que almacena las instrucciones 1030 ejecutables por ordenador. Al menos una memoria 1010 y las instrucciones 1030 ejecutables por ordenador pueden configurarse para, con al menos un procesador 1020, hacer que el sistema 1000 realice las etapas del procedimiento descrito con referencia a las figuras 1 a 7.

50 En modos de realización de la presente divulgación, se proporciona un medio legible por ordenador tangible que tiene una pluralidad de instrucciones ejecutables por un procesador para gestionar cargas de una red eléctrica, el medio legible por ordenador tangible puede comprender instrucciones configuradas para realizar las etapas del procedimiento de acuerdo con cualquier modo de realización del procedimiento de la presente divulgación.

55 Cabría señalar que las operaciones de los modelos o medios respectivos comprendidos en el dispositivo 800, el dispositivo 900 y los sistemas 1000, y corresponden esencialmente a las respectivas etapas del procedimiento como se describió anteriormente. Por lo tanto, para operaciones detalladas de los respectivos modelos o medios en los dispositivos 800 y 900 y el sistema 1000, hay que consultar las descripciones anteriores de los procedimientos de la presente divulgación haciendo referencia a las figuras 1 a 7.

Además, se realizan diversas simulaciones para validar la efectividad de la solución propuesta. En las simulaciones, los datos de potencia de entrada son la salida de potencia eólica inicial con una resolución de minutos de un parque eólico con una capacidad instalada de 160 MW; La capacidad de energía nominal y la capacidad de potencia del BESS son 50 MWh y 40 MW respectivamente; y la limitación para la tasa de incremento de potencia de 1min y 10min es de 30 MW/min y 100 MW/10 min.

Las figuras 11A y 11B ilustran de manera esquemática la salida de potencia eólica antes y después de adoptar la solución propuesta. A partir de la figura, es evidente que después del suavizado por medio de la solución propuesta, se han suavizado fluctuaciones menores y se ha limitado la tasa de incremento para cambios repentinos de la potencia eólica. El incremento de cruce de límites ha sido eliminado. Si se utilizan desviaciones estándar de 1min y 10min como indicadores de suavizado, que se pueden calcular de la siguiente manera:

$$\eta_{1\text{min}} = \frac{|\alpha_{1\text{min}} - \beta_{1\text{min}}|}{\alpha_{1\text{min}}} * 100\%$$

$$\eta_{10\text{min}} = \frac{|\alpha_{10\text{min}} - \beta_{10\text{min}}|}{\alpha_{10\text{min}}} * 100\%$$

en la que $\alpha_{1\text{min}}$ y $\alpha_{10\text{min}}$ indican el valor cuadrático medio en 1min y 10 minutos respectivamente de la fluctuación de la potencia eólica original; $\beta_{1\text{min}}$ y $\beta_{10\text{min}}$ indican el valor cuadrático medio en 1min y 10min respectivamente de la salida P_d de potencia suministrada al sistema de potencia; $\eta_{1\text{min}}$ y $\eta_{10\text{min}}$ indican el efecto de suavizado en 1min y 10min respectivamente de la potencia eólica, un valor mayor indica un mejor efecto de suavizado. Los resultados muestran que la tasa de cambio en 1 minuto se ha mejorado en un 57%, mientras que la tasa en 10 minutos se ha mejorado en un 38%.

Además, la figura 12 ilustra de manera adicional las variaciones de energía de SOC con/sin control de realimentación de SOC de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación. A partir de la figura, es evidente que, sin el control de realimentación de SOC, la variación de energía de SOC ha superado su límite superior y, por tanto, no se puede alcanzar el efecto de suavizado incluso con la capacidad nominal y, al mismo tiempo, no se ha utilizado una capacidad inferior a 25MWh. Mientras que con el control de realimentación de SOC como se propone en la presente divulgación, el SOC puede limitarse a entre 0,2 y 0,8 para evitar el evento de sobrecarga y sobredescarga y para utilizar completamente la capacidad nominal de la batería.

De aquí en adelante, se detallan las Tablas 1 y 2 para proporcionar la potencia de salida del parque eólico, el BESS y la potencia combinada suministrada a la red desde el minuto 3093 hasta el 3095.

Tabla 1 Efecto sin el ajuste de predicción de potencia eólica

Tiempo/min	Peólica/MW	Pbess-salida/MW	Pd/MW
3093	139,85	1,5	141,35
3094	93,44	40	133,44
3095	24,57	40	64,57

Tabla 2 Efecto con el ajuste de predicción de potencia eólica

Tiempo/min	Peólica/MW	Pbess-salida/MW	Pd/MW
3093	139,85	-28,38	111,47
3094	93,44	<u>-11,97</u>	<u>81,47</u>
3095	24,57	40	64,57

Como se muestra en la Tabla 1 y la Tabla 2, hay un "viento abandonado" sucesivo en los tiempos 3094 y 3095, durante el cual la potencia eólica cae de 139,85MW a 93,44MW y luego a 24,57MW. En la Tabla 1, que corresponde al caso sin 'ajuste de predicción de la potencia eólica', P_d cae de 141,35MW a 133,44MW y luego a 64,56MW. La tasa de incremento en 1 minuto es mayor que los 30MW/min estipulados. La Tabla 2 muestra el caso con el ajuste de predicción de la potencia eólica como se propone en la presente divulgación, en el que el viento abandonado se

conoce de antemano. Entonces, en el punto temporal 3094, el valor $P_{Bref}(3094)$ de referencia para la salida del BESS es cambiado de 40MW a -11,97MW, lo que significa que el BESS comienza a cargarse en el punto temporal 3094. Y por tanto $P_d(3094)$ es cambiado de 133,44MW A 81,47MW. Con este cambio, la salida P_d final experimentará una transición mucho más suave con una tasa de cambio de 1 minuto menor que 30MW/min durante el tiempo de emergencia de "viento abandonado".

En gran medida, las ideas principales de la presente divulgación se han descrito haciendo referencia a los modos de realización de la presente divulgación y las implementaciones específicas, los expertos en la técnica deberían reconocer que estas descripciones se proporcionan solo con fines ilustrativos y la presente divulgación no se limita a estos. Por ejemplo, a partir de la enseñanza de la presente divulgación, se pueden considerar más o menos factores para ajustar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía, se podrían adoptar algunos esquemas de ajuste diferentes, las órdenes para ajustar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía podrían ser cambiadas.

La figura 13 ilustra un sistema 1300 informático general, que puede representar cualquiera de los dispositivos informáticos a los que se hace referencia en el presente documento. Por ejemplo, el sistema 1300 informático general puede representar, en parte o en su totalidad, el centro de control, el centro distribuidor, el sistema integrado de gestión y operaciones de red (NOMS), el módulo de gestión de fallos, rendimiento y configuración (FPCM), o cualquier otro dispositivo informático al que se haga referencia en el presente documento, como los dispositivos terminales, los medidores, las unidades de interfaz de telemetría (TIU), los colectores y/o cualquier componente de la red, como enrutadores, conmutadores o servidores, como se expone en el presente documento. El sistema 1300 informático puede incluir una lista ordenada de un conjunto de instrucciones 1302 que pueden ejecutarse para hacer que el sistema 1300 informático realice uno o más de los procedimientos o funciones informatizadas divulgadas en el presente documento. El sistema 1300 informático puede funcionar como un dispositivo independiente o puede estar conectado, por ejemplo, utilizando la red 115, 125, a otros sistemas informáticos o dispositivos periféricos.

En una implantación en red, el sistema 1300 informático puede funcionar en la capacidad de un servidor o como un ordenador cliente en un entorno de red de usuario servidor-cliente, o como un sistema informático de pares en un entorno de red entre pares (o distribuido). El sistema 1300 informático también puede implementarse como o incorporarse en diversos dispositivos, como un ordenador personal o un dispositivo informático móvil capaz de ejecutar un conjunto de instrucciones 1302 que especifiquen las acciones que debe realizar esa máquina, incluyendo, pero no limitado a, el acceso a la red 115, 125 a través de cualquier forma de navegador. Además, cada uno de los sistemas descritos puede incluir cualquier recopilación de subsistemas que ejecuten de manera individual o conjunta un conjunto o varios conjuntos de instrucciones para realizar una o más funciones informáticas.

El sistema 1300 informático puede incluir un procesador 1307, como una unidad de procesamiento central (CPU) y/o una unidad de procesamiento de gráficos (GPU). El procesador 1307 puede incluir uno o más procesadores generales, procesadores de señales digitales, circuitos integrados de aplicación específica, matrices de puertas programables por campo, circuitos digitales, circuitos ópticos, circuitos analógicos, combinaciones de los mismos, u otros dispositivos ahora conocidos o desarrollados posteriormente para analizar y procesar datos. El procesador 1307 puede implementar el conjunto de instrucciones 1302 u otro programa de software, como código programado manualmente o generado por ordenador para implementar funciones lógicas. La función lógica o cualquier elemento del sistema descrito puede, entre otras funciones, procesar y/o convertir una fuente de datos analógica, como una señal analógica eléctrica, de audio o video, o una combinación de las mismas, en una fuente de datos digitales para fines audiovisuales u otros fines de procesamiento digital, como para compatibilidad con el procesamiento informático o la comunicación en red.

El sistema 1300 informático puede incluir una memoria 1305 en un bus 1320 para comunicar información. El código operable para hacer que el sistema informático realice cualquiera de los actos u operaciones descritos en el presente documento puede almacenarse en la memoria 1305. La memoria 1305 puede ser una memoria de acceso aleatorio, una memoria de solo lectura, una memoria programable, una unidad de disco duro o cualquier otro tipo de dispositivo de almacenamiento o memoria volátil o no volátil.

El sistema 1300 informático también puede incluir un disco, unidad 1315 de disco óptico de estado sólido. La unidad 1315 de disco puede incluir un medio 1340 legible por ordenador no transitorio o tangible en el que puede ser integrado uno o más conjuntos de instrucciones 1302, por ejemplo, software. Además, las instrucciones 1302 pueden realizar una o más de las operaciones descritas en el presente documento. Las instrucciones 1302 pueden encontrarse completamente, o al menos parcialmente, dentro de la memoria 1305 y/o dentro del procesador 1307 durante la ejecución por parte del sistema 1300 informático. La base de datos o cualquier otra base de datos descrita anteriormente pueden almacenarse en la memoria 1305 y/o unidad 1315 de disco.

La memoria 1305 y el procesador 1307 también pueden incluir medios legibles por ordenador como se ha expuesto anteriormente. Un "medio legible por ordenador", "medio de almacenamiento legible por ordenador", "medio legible por máquina", "medio de señal propagada" y/o "medio portador de señal" puede incluir cualquier dispositivo que incluya, almacene, comunique, propague, o transporte software para su uso por o en conexión con un sistema, aparato o dispositivo ejecutable de instrucciones. El medio legible por máquina puede ser de manera selectiva, pero

no limitado a, un sistema, aparato, dispositivo o medio de propagación electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor.

Además, el sistema 1300 informático puede incluir un dispositivo 1325 de entrada, como un teclado o ratón, configurado para que un usuario interactúe con cualquiera de los componentes del sistema 1300, incluyendo selecciones de usuario o entradas de menú de menús en pantalla. Además, puede incluir una pantalla 1330 de visualización, como una pantalla de cristal líquido (LCD), un tubo de rayos catódicos (CRT) o cualquier otra pantalla de visualización adecuada para transmitir información. La pantalla 1330 de visualización puede actuar como una interfaz para que el usuario vea el funcionamiento del procesador 1307 o, específicamente, como una interfaz con el software almacenado en la memoria 1305 o la unidad 1315 de disco.

El sistema 1300 informático puede incluir una interfaz 1336 de comunicación que permita las comunicaciones a través de la red 125 de comunicaciones. La red 125 puede incluir redes cableadas, redes inalámbricas o combinaciones de las mismas. Las redes de la interfaz 1336 de comunicación pueden permitir comunicaciones a través de cualquier número de estándares de comunicación, como Ethernet AVB, 802.11, 802.13, 802.20, WiMax u otros estándares de comunicación.

Por consiguiente, el sistema puede realizarse en hardware, software o una combinación de hardware y software. El sistema se puede realizar de manera centralizada en al menos un sistema informático o de manera distribuida donde diferentes elementos se extienden a través de varios sistemas informáticos interconectados. Es adecuado cualquier tipo de sistema informático u otro aparato adaptado para llevar a cabo los procedimientos descritos en el presente documento. Una combinación típica de hardware y software puede ser un sistema informático de propósito general con un programa informático que, al ser cargado y ejecutado, controla el sistema informático de manera que lleve a cabo los procedimientos descritos en el presente documento. Dicho ordenador programado puede ser considerado un ordenador de propósito especial.

Como se describe en el presente documento, cualquier módulo o caja de procesamiento está definida para que incluya software, hardware o alguna combinación de los mismos ejecutables por el procesador 1307. Los módulos de software pueden incluir instrucciones almacenadas en la memoria 1305 u otro dispositivo de memoria, que son ejecutables por el procesador 1307 u otros procesadores. Los módulos de hardware pueden incluir varios dispositivos, componentes, circuitos, entradas, placas de circuitos y similares que son ejecutables, dirigidos y/o controlados para que funcionen con el procesador 1307.

El sistema también puede estar integrado en un producto de programa informático, que incluya todas las características que permiten la implementación de las operaciones descritas en el presente documento y que, cuando se carga en un sistema informático, es capaz de llevar a cabo estas operaciones. Programa informático en el presente contexto significa cualquier expresión, en cualquier lenguaje, código o anotación, de un conjunto de instrucciones destinadas a hacer que un sistema tenga una capacidad de procesamiento de información para realizar una función concreta, ya sea directamente o después de uno o ambos de los siguientes: a) conversión a otro lenguaje, código o anotación; b) reproducción en una forma material diferente.

Por el momento, la presente divulgación se ha descrito haciendo referencia a los dibujos adjuntos a través de modos de realización preferentes concretos. Sin embargo, Hay que señalar que la presente divulgación no se limita a los modos de realización concretos ilustrados y proporcionados, sino que se pueden realizar diversas modificaciones dentro del alcance de la presente divulgación.

Además, los modos de realización de la presente divulgación pueden implementarse en software, hardware o la combinación de los mismos. La parte de hardware puede ser implementada por una lógica especial; la parte del software puede almacenarse en una memoria y ejecutarse mediante un sistema de ejecución de instrucciones adecuado, como un microprocesador o un hardware diseñado dedicado. Aquellos que sean expertos en la técnica pueden darse cuenta que el procedimiento y el sistema anteriores pueden implementarse con instrucciones ejecutables por ordenador y/o códigos de control contenidos en el procesador, por ejemplo, dichos códigos provistos en un medio de soporte como un disco magnético, CD, o DVD-ROM o una memoria programable, como una memoria de solo lectura (firmware) o un portador de datos, como un portador de señal óptica o electrónica. El aparato y sus componentes en los presentes modos de realización pueden implementarse mediante circuitos de hardware, por ejemplo, un circuito integrado de gran escala o matriz de puertas, un semiconductor como un chip o transistor lógico, o un dispositivo de hardware programable como una matriz de puertas programables por campo, o un dispositivo lógico programable, o implementado mediante un software ejecutado por varios tipos de procesadores, o implementado por una combinación de los circuitos de hardware y el software anterior, por ejemplo, mediante firmware.

Si bien se han descrito varios modos de realización de la divulgación, será evidente para los expertos en la técnica que son posibles muchos más modos de realización e implementaciones dentro del ámbito de la divulgación. Por consiguiente, la divulgación no debe restringirse excepto a la luz de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para determinar una potencia de salida de referencia para un sistema de almacenamiento de energía en un sistema de generación de potencia eólica, que comprende:

5 filtrar (S101) una salida ($P_e(t)$) de potencia eólica real para obtener una salida de potencia ($P_{asig}(t)$) deseada suministrada a una red; determinar (S102) una potencia ($P_{Bref1}(t)$) de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía a partir de la potencia eólica real ($P_e(t)$) y la salida ($P_{asig}(t)$) de potencia deseada suministrada a la red; y
 10 ajustar (S103) la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un cambio en la potencia eólica prevista en el siguiente punto temporal, **caracterizado porque** el ajuste (S103) de la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía basado en un cambio en la salida de potencia eólica prevista en el siguiente punto temporal comprende cualquiera de:

15 aumentar (S404) la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía si un aumento en la potencia eólica prevista es mayor que un umbral (P_{ea}) de aumento predeterminado; y disminuir (S402) la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía si una disminución en la potencia eólica prevista es mayor que un umbral (P_{ea}) de disminución predeterminado,

20 en el que el aumento (S404) de la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía comprende además la determinación de la potencia (P_{Bref3}) de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el mínimo de las salidas de potencia total máxima admisible bajo el límite de tasa de incremento de salida de potencia y bajo el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida ($P_e(t)$) de potencia eólica real.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la disminución de la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía comprende, además:

25 determinar la potencia (P_{Bref3}) de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el máximo de las salidas de potencia total mínima admisible bajo el límite de tasa de incremento de salida de potencia y bajo el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia ($P_e(t)$) eólica real.

3. El procedimiento de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende, además:

30 ajustar (S501) la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un límite de tasa de incremento.

4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que el ajuste de la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un límite de tasa de incremento comprende, además:

35 determinar (S604) la potencia (P_{Bref4}) de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el máximo de las salidas de potencia total mínima admisible bajo un límite de tasa de incremento de salida de potencia de un minuto, un límite de tasa de incremento de salida de potencia de diez minutos y el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la potencia ($P_e(t)$) eólica real si se detecta un cruce del límite de tasa de incremento negativo.

5. El procedimiento de la reivindicación 3 o 4, en el que el ajuste de la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un límite de tasa de incremento comprende, además:

40 determinar (S602) la potencia (P_{Bref4}) de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el mínimo de las salidas de potencia total máxima admisible bajo un límite de tasa de incremento de salida de potencia de un minuto, un límite de tasa de incremento de salida de potencia de diez minutos y el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia ($P_e(t)$) eólica real si se detecta un cruce del límite de tasa de incremento positivo.

45 6. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además cualquiera de:

modificar, antes de ajustar la potencia $P_{Bref1}(t)$ de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía, la potencia de salida de referencia $P_{Bref1}(t)$ para el sistema de almacenamiento de energía con un valor $h(t)$ de potencia expresado por

$$h(t) = 1/T[E(t) - E_{Bn}m_1 - \alpha TP_{asig}(t)]$$

50 en la que T indica una constante de tiempo de filtro para filtrar la potencia eólica real, $E(t)$ indica la energía restante en el sistema de almacenamiento de energía en el tiempo t , E_{Bn} indica la capacidad nominal del

sistema de almacenamiento de energía, $m1$ indica la limitación del porcentaje de energía mínimo, α indica un factor límite de energía de la batería, y $P_{asig}(t)$ indica la salida ($P_{asig}(t)$) de potencia deseada suministrada a la red; y

5 limitar (S501) la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía dentro de la limitación de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía.

7. Un dispositivo (800) para determinar una potencia de salida de referencia para un sistema de almacenamiento de energía de un sistema de generación de potencia eólica, que comprende:

10 una unidad (801) de filtrado de salida de potencia configurada para filtrar una salida ($P_e(t)$) de potencia eólica real para obtener una salida ($P_{asig}(t)$) de potencia deseada suministrada a una red;

una unidad (802) de determinación de potencia de referencia configurada para determinar una potencia $P_{Bref1}(t)$ de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía a partir de la salida de potencia ($P_e(t)$) eólica real y la salida ($P_{asig}(t)$) de potencia deseada suministrada a la red; y

15 una unidad (804) de ajuste de predicción de potencia configurada para ajustar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un cambio en la salida de potencia eólica prevista en el siguiente punto temporal, **caracterizada porque** la unidad (804) de ajuste de predicción de potencia está además configurada para:

20 aumentar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía si un aumento en la potencia eólica prevista es mayor que un umbral (P_{ea}) de aumento predeterminado; y/o

disminuir la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía si una disminución en la potencia eólica prevista es mayor que un umbral (P_{ea}) de disminución predeterminado,

25 en el que la unidad (804) de ajuste de predicción de potencia está configurada para aumentar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía mediante la determinación de la potencia (P_{Bref3}) de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el mínimo de las salidas de potencia total máxima admisible bajo el límite de tasa de incremento de

salida de potencia y bajo el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia ($P_e(t)$) eólica real.

8. El dispositivo (800) de la reivindicación 7, en el que la unidad (804) de ajuste de predicción de potencia está configurada para disminuir la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía mediante

30 la determinación de la potencia (P_{Bref3}) de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el máximo de las salidas de potencia total mínima admisible bajo el límite de tasa de incremento de la salida de potencia y bajo el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia ($P_e(t)$) eólica real.

9. El dispositivo (800) de la reivindicación 7 u 8, que comprende, además:

35 una unidad (805) de control de tasa de incremento configurada para ajustar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía en base a un límite de tasa de incremento.

10. El dispositivo (800) de la reivindicación 9, en el que la unidad (805) de control de tasa de incremento está configurada para:

40 determinar la potencia (P_{Bref4}) de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el máximo de las salidas de potencia total mínima admisible bajo un límite de tasa de incremento de salida de potencia de un minuto, un límite de tasa de incremento de salida de potencia de diez minutos y el límite de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia ($P_e(t)$) eólica real si se detecta un cruce del límite de tasa de incremento negativo; y/o

45 determinar la potencia (P_{Bref4}) de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía como la diferencia entre el mínimo de las salidas de potencia total máxima admisible bajo un límite de tasa de incremento de salida de potencia de un minuto, un límite de tasa de incremento de salida de potencia de diez minutos y el límite de amplitud de la potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía y la salida de potencia ($P_e(t)$) eólica real si se detecta un cruce del límite de tasa de incremento positivo.

11. El dispositivo (800) de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, que comprende además cualquiera de:

50 una unidad (803) de ajuste de estado de carga configurada para modificar, antes de ajustar la potencia $P_{Bref1}(t)$ de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía, la potencia $P_{Bref1}(t)$ de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía con un valor $h(t)$ de potencia expresado por

55

$$h(t) = 1/T[E(t) - E_{BN}m1 - \alpha TP_{asig}(t)]$$

en el que T indica una constante de tiempo de filtro para filtrar la potencia eólica real, $E(t)$ indica la energía restante en el sistema de almacenamiento de energía en el tiempo t , E_{BN} indica la capacidad nominal del

55

sistema de almacenamiento de energía, $m1$ indica la limitación del porcentaje de energía mínimo, α indica un factor límite de energía de la batería y $P_{asig}(t)$ indica la salida ($P_{asig}(t)$) de potencia deseada suministrada a la red; y

- 5 una unidad (806) de limitación de amplitud de potencia configurada para limitar la potencia de salida de referencia para el sistema de almacenamiento de energía dentro de la limitación de amplitud de potencia de salida del sistema de almacenamiento de energía.

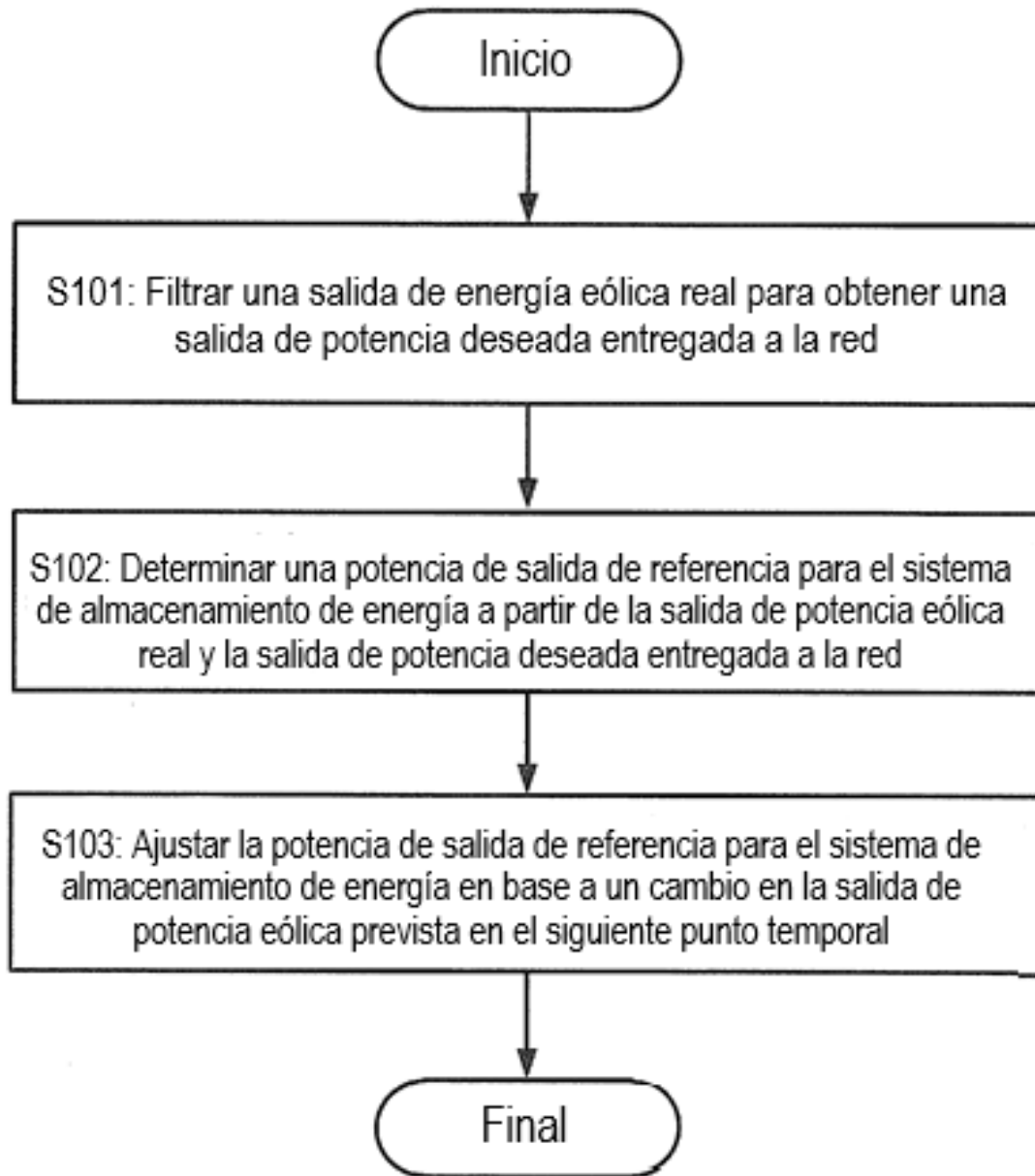


Fig. 1

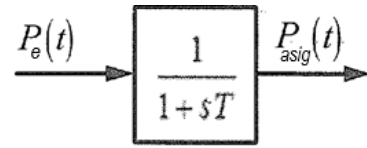


Fig. 2

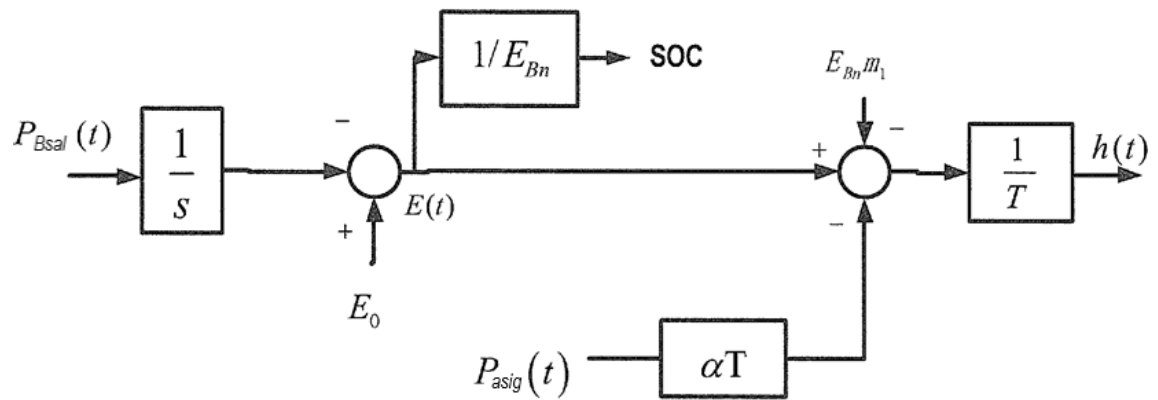


Fig.3

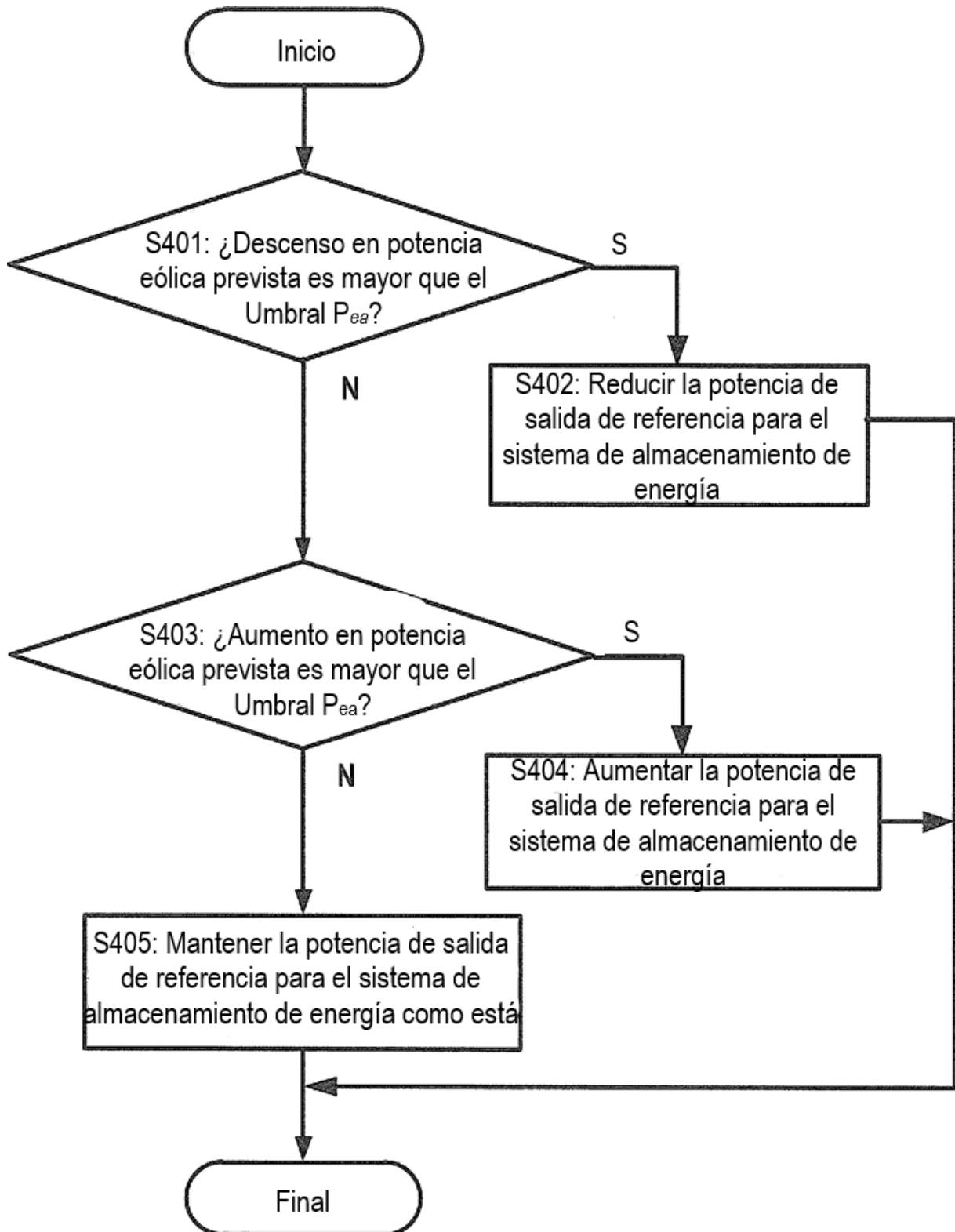


Fig. 4

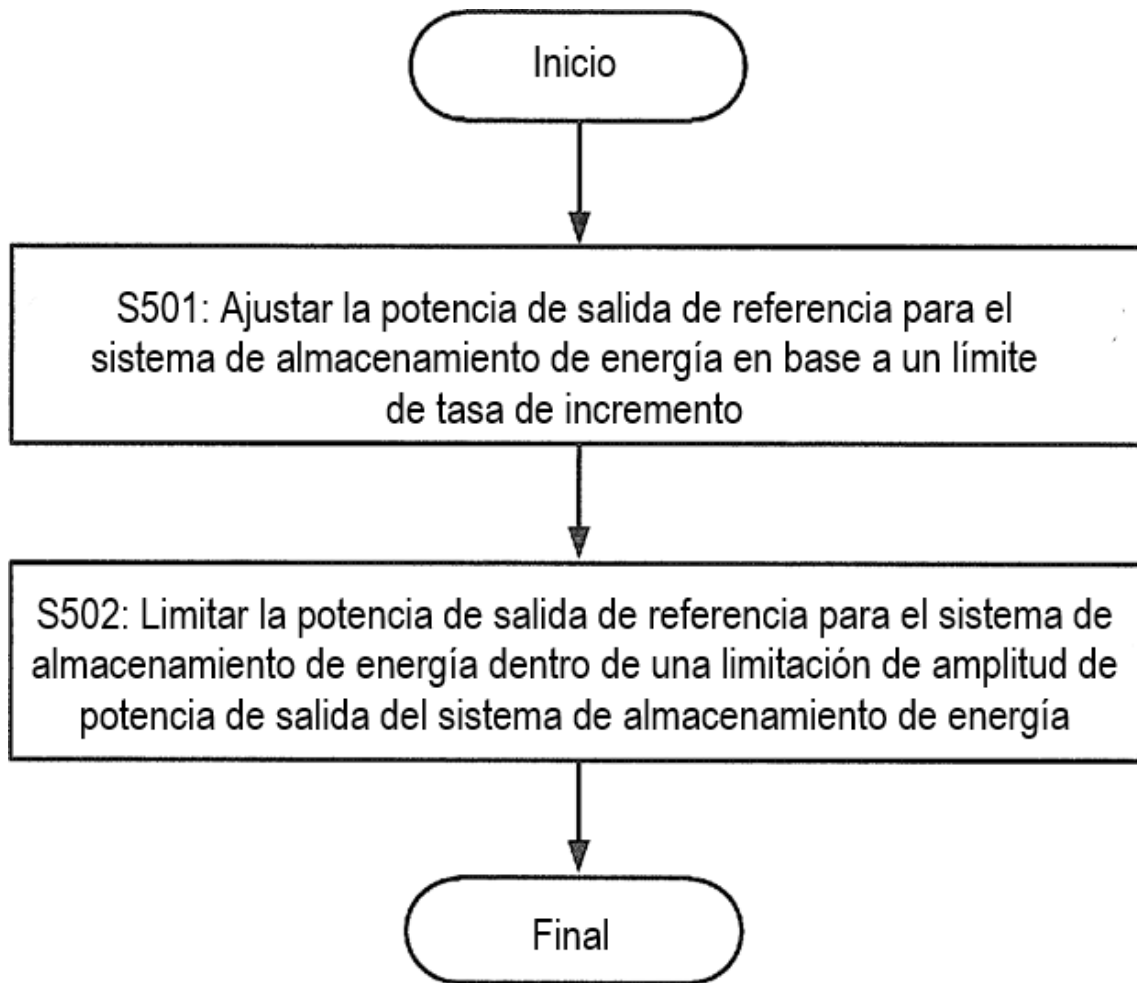


Fig. 5

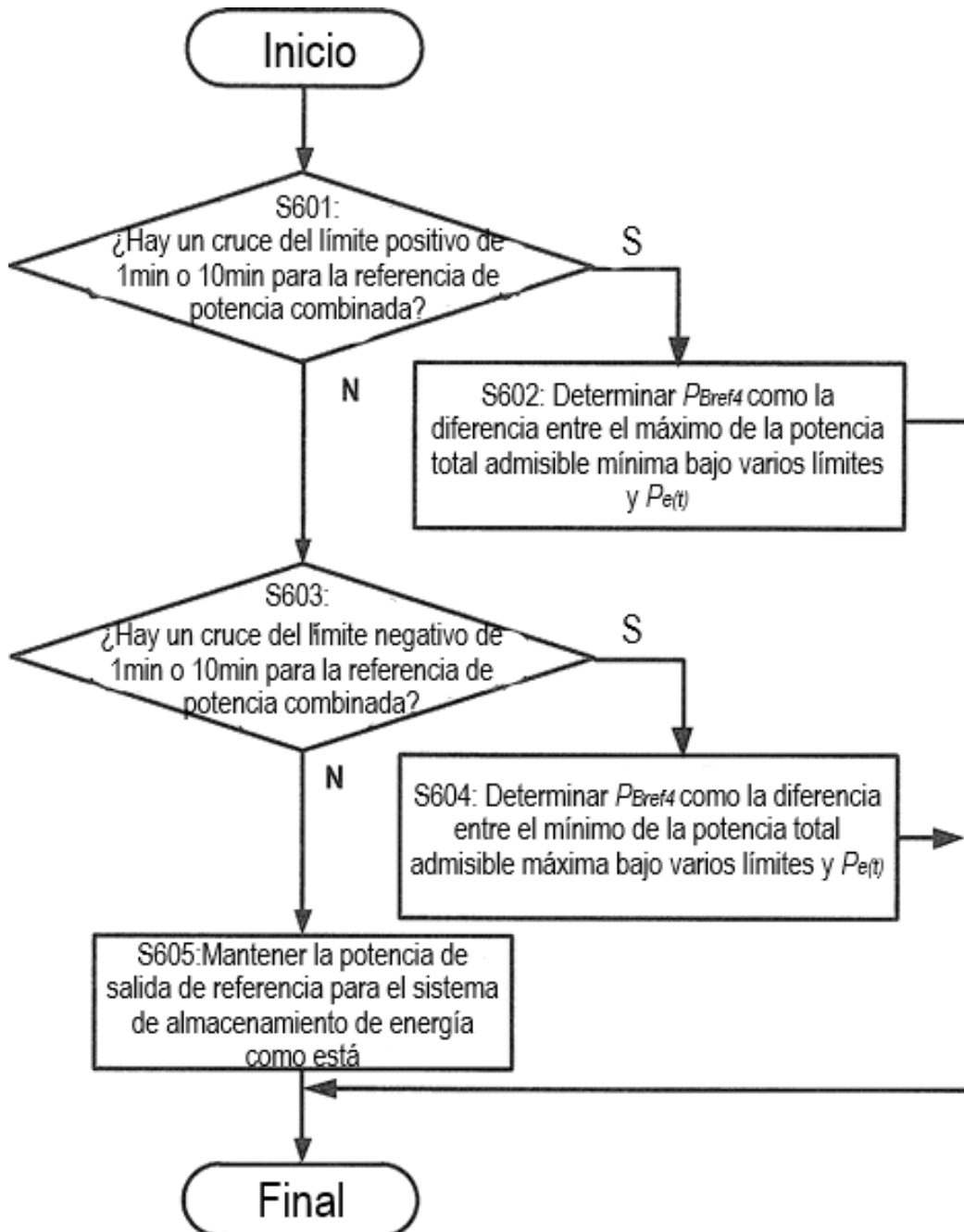


Fig. 6

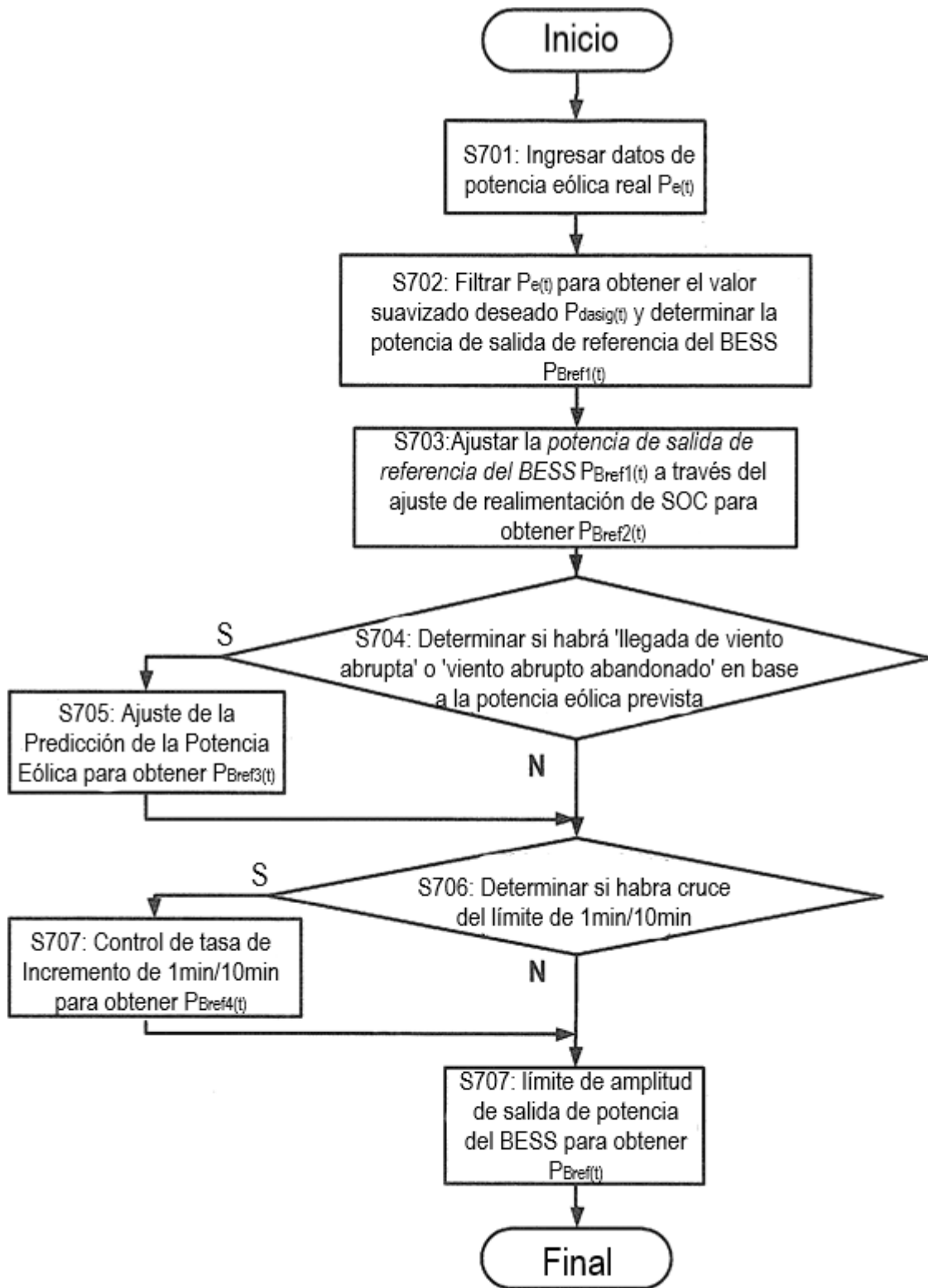


Fig. 7

800

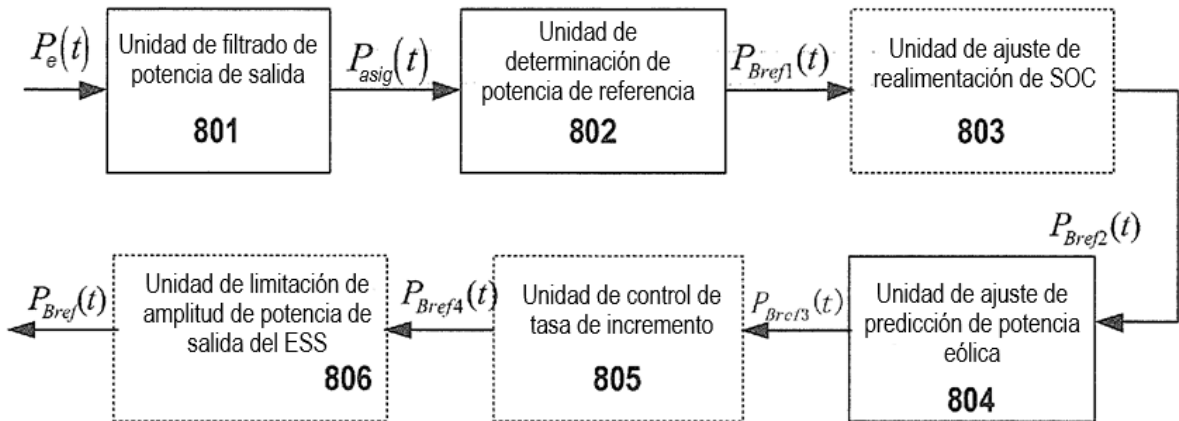


Fig. 8

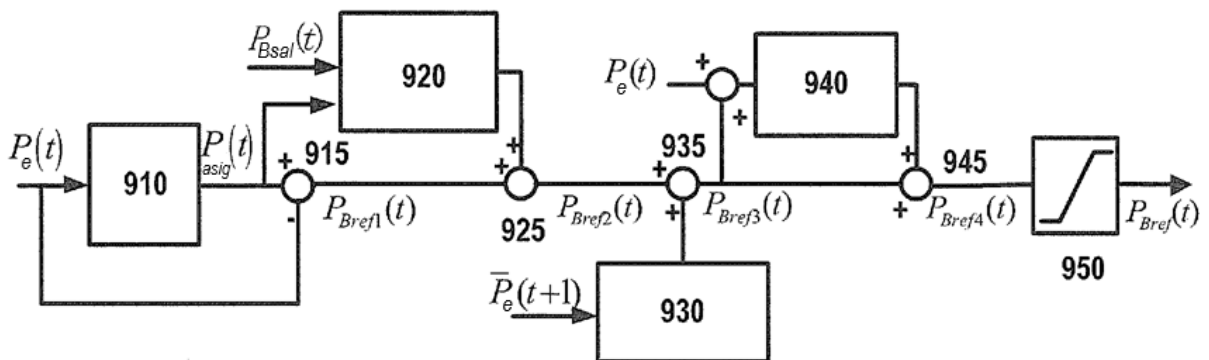


Fig. 9

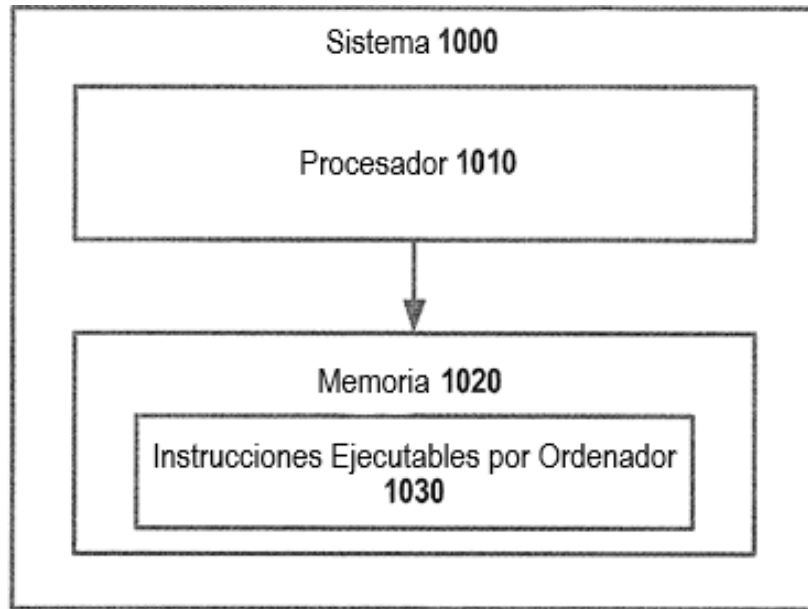


Fig. 10

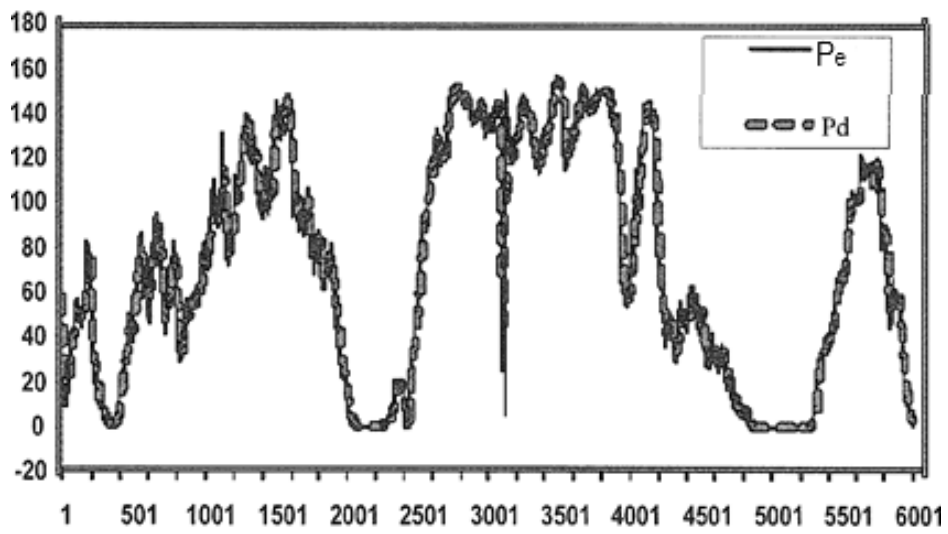


Fig. 11A

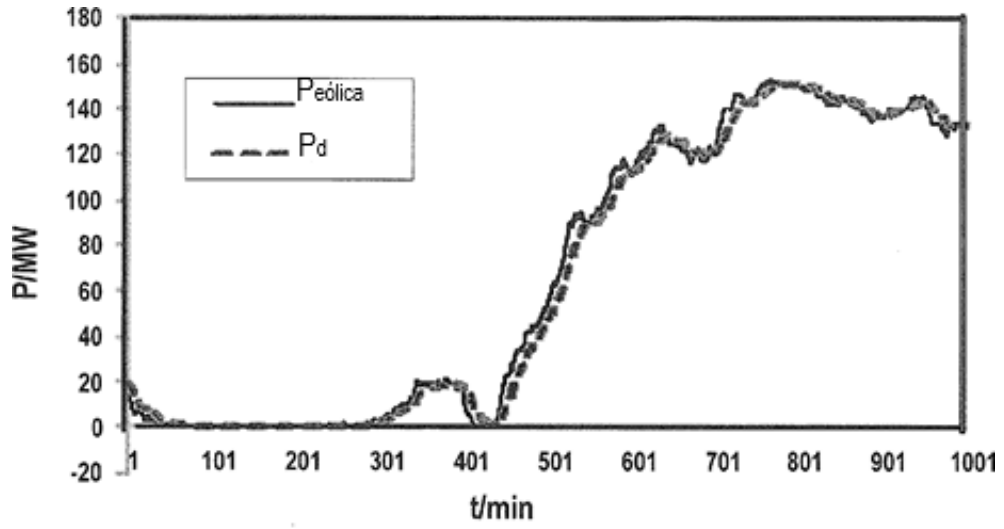


Fig. 11B

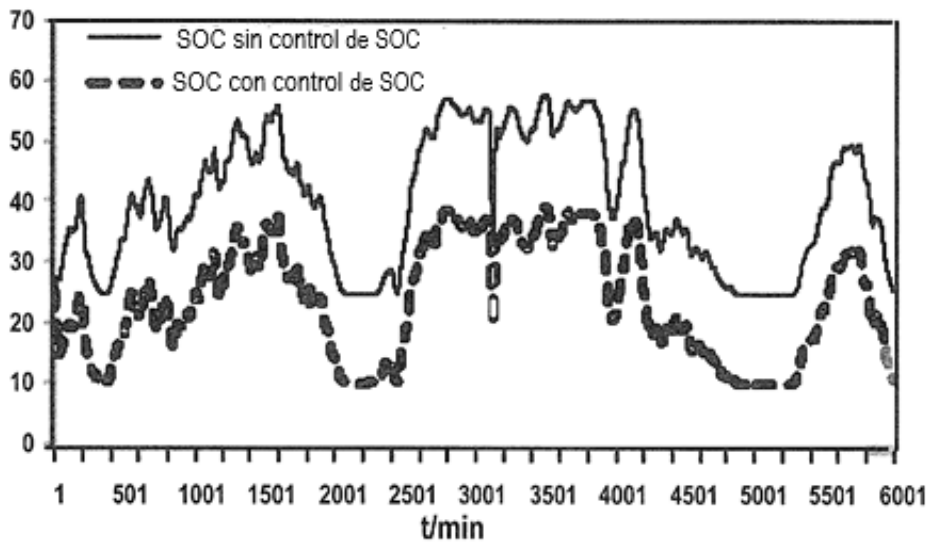


Fig. 12

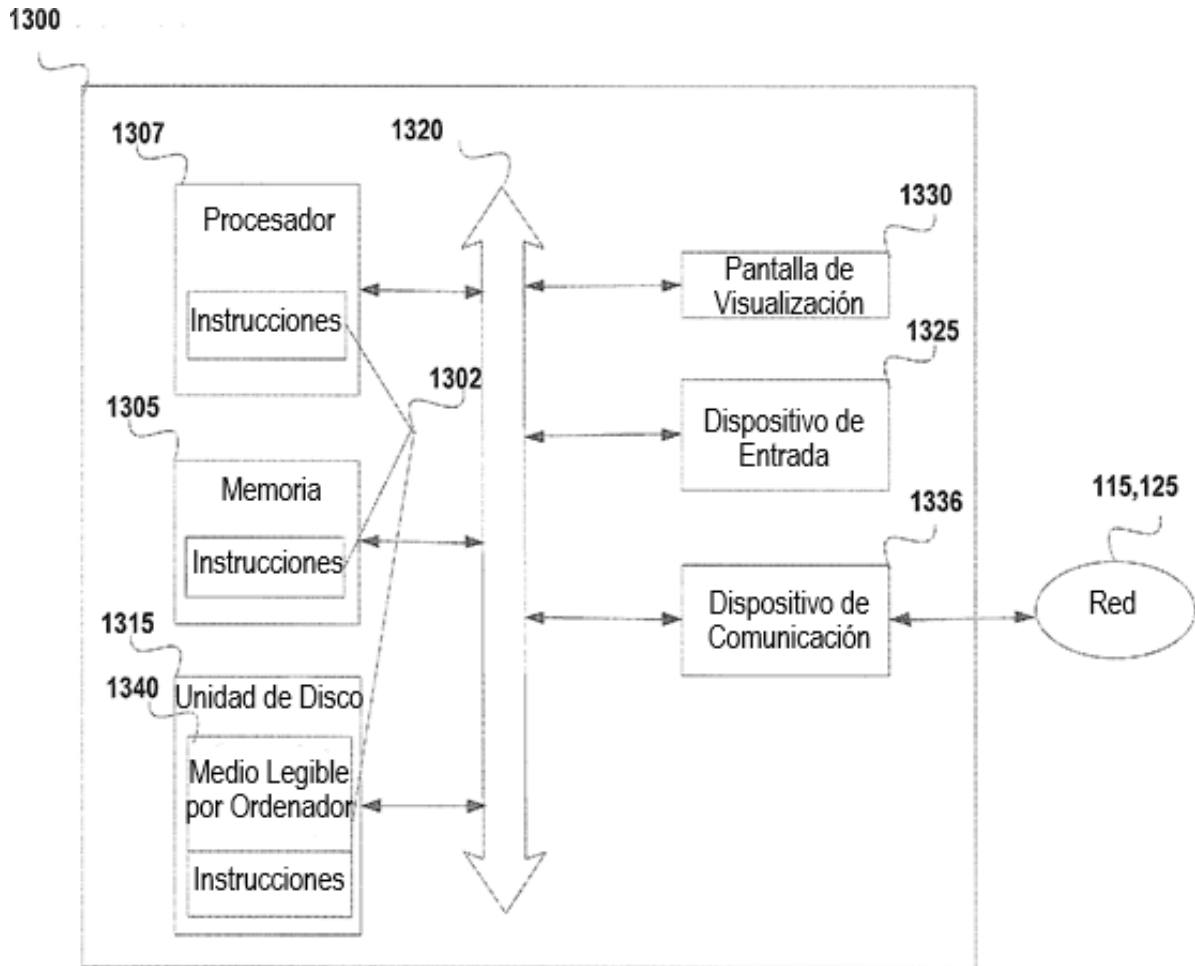


Fig. 13