

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 944 946**

51 Int. Cl.:

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/24 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2016** **PCT/JP2016/081702**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.06.2017** **WO17098827**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2016** **E 16872727 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2023** **EP 3389158**

54 Título: **Aparato de predicción de la cantidad de generación de energía, método de predicción de la cantidad de generación de energía, aparato de estabilización del sistema y método de estabilización del sistema**

30 Prioridad:

07.12.2015 JP 2015238277

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

27.06.2023

73 Titular/es:

HITACHI, LTD. (100.0%)
6-6 Marunouchi 1-chome Chiyoda-ku
Tokyo 100-8280, JP

72 Inventor/es:

KATO DAICHI;
SAITO NAO y
YATSU MASAHIRO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 944 946 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato de predicción de la cantidad de generación de energía, método de predicción de la cantidad de generación de energía, aparato de estabilización del sistema y método de estabilización del sistema

5 **Ámbito técnico**

La presente invención se refiere a un aparato de predicción de la cantidad de generación de energía para predecir una cantidad de generación de energía renovable (generación de energía fotovoltaica, generación de energía eólica, etc.), un método de predicción de la cantidad de generación de energía, un aparato de estabilización del sistema y un método de estabilización del sistema.

10 **Antecedentes de la técnica**

El documento JP-2011-200040-A (Documento 1 de Patente) describe una tecnología conocida como tecnología de antecedentes con respecto a la predicción de la cantidad de generación de energía de energía renovable (generación de energía fotovoltaica, generación de energía eólica, etc.). En la descripción del Documento 1 de Patente, un aparato 1 de predicción de la cantidad de generación de energía incluye una unidad 20 de almacenamiento para almacenar 15 datos anteriores con respecto a una cantidad de generación de energía anterior de un generador y una unidad 13 de cálculo de valor predictivo para calcular valores predictivos con respecto a la cantidad de generación de energía, como datos de series temporales que incluyen probabilidad de ocurrencia, en función de la correlación estadística entre diferentes tiempos en los datos anteriores o correlación estadística entre diferentes posiciones del generador en los datos anteriores. La unidad 13 de cálculo de valores predictivos incluye una unidad 131 de generación de matriz de 20 varianza-covarianza para generar una matriz de varianza-covarianza en función de los datos anteriores y una unidad 132 de generación de números aleatorios para generar números aleatorios en función de la matriz de varianza-covarianza.

El Documento 2 de Patente describe un sistema para predecir la generación de energía esperada de una central en función de un valor histórico de generación de energía y un algoritmo de predicción.

25 El Documento 3 de Patente describe un aparato de predicción del nivel de generación de energía eléctrica que comprende una unidad de cálculo de valor predicho que calcula una probabilidad de ocurrencia de un valor predicho de los datos anteriores con respecto a un nivel de generación de energía eléctrica del generador de energía eléctrica en función de una correlación estadística entre diferentes momentos en los datos anteriores o una correlación estadística entre ubicaciones de los diferentes generadores de energía eléctrica.

30 La Literatura 1 no de patentes describe un método para predecir una producción de energía de una central eléctrica en función de una correlación cruzada en emplazamientos vecinos, usando una red neuronal artificial.

Documento del estado de la técnica

Documento de patente

Documento 1 de patente: JP-2011-200040-A

35 Documento 2 de patente: WO 2013/169903 A1

Documento 3 de patente: EP 2 549 641 A1

Literatura 1 no de patente: Alexiadis M. C. et al.: "Wind Speed and Power Forecasting based on Spatial Correlation Models", Transacciones de IEEE en Conversión de Energía, Centro de Servicios de IEEE, Piscataway, NJ, US, vol. 14, nº 3, 1 de septiembre de 1999 (01-09-1999)

40 **Compendio de la invención**

Problema a resolver por la invención

En el futuro, la introducción de una gran cantidad de energía renovable (generación de energía fotovoltaica, generación de energía eólica, etc.) en un sistema de energía eléctrica conduce a una fluctuación del flujo que es incierta y difícil de predecir. Por lo tanto, la predicción de la cantidad de generación de energía renovable es esencial y el Documento 45 1 de Patente propone una solución.

Sin embargo, en el Documento 1 de Patente, los valores de predicción de la cantidad de generación de energía se calculan exclusivamente en función de los datos del historial, por lo que existe un problema de que el error de predicción de la cantidad de generación de energía aumenta cuando el generador no tiene una cantidad suficiente de datos del historial o la cantidad de datos del historial meteorológico similares a un resultado de predicción 50 meteorológica es pequeña.

Por lo tanto, es un objeto de la presente invención proporcionar un aparato de predicción de la cantidad de generación de energía, un método de predicción de la cantidad de generación de energía, un aparato de estabilización del sistema y un método de estabilización del sistema con los que la predicción de la cantidad de generación de energía pueda calcularse con gran precisión incluso cuando la cantidad de datos del historial de la cantidad de generación de energía del generador sea insuficiente o la cantidad de datos del historial meteorológico similares al resultado de predicción meteorológica sea pequeña.

Medios para resolver el problema

La invención se define por un aparato de predicción de la cantidad de generación de energía con las características técnicas de la reivindicación 1 independiente y por un método correspondiente tal como se define en la reivindicación 8 independiente.

Efecto de la invención

Según la presente invención, la potencia de salida de cada tipo de energía renovable puede predecirse con gran precisión.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama que muestra un ejemplo de la configuración general de un aparato de predicción de la cantidad de generación de energía según una primera realización.

La FIG. 2 es un diagrama que muestra un ejemplo de la configuración general de un sistema de predicción de la cantidad de generación de energía en un caso donde el aparato de predicción de la generación de energía de la FIG. 1 se emplea para un sistema de energía eléctrica.

La FIG. 3 es un diagrama que muestra un ejemplo de configuración que ilustra el contenido de programas y datos en el aparato de predicción de la cantidad de generación de energía.

La FIG. 4 es un diagrama que muestra un ejemplo de datos D21 de predicción meteorológica almacenados en una base de datos DB21 de predicción meteorológica.

La FIG. 5 es un diagrama que muestra un ejemplo de datos D22 del historial meteorológico almacenados en una base de datos DB22 del historial meteorológico.

La FIG. 6 es un diagrama que muestra un ejemplo de datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable almacenados en una base de datos DB23 del historial de la potencia de salida de energía renovable.

La FIG. 7 es un diagrama que muestra un ejemplo de datos D24 de características de energía renovable almacenados en una base de datos DB24 de características de energía renovable.

La FIG. 8 es un diagrama que muestra un ejemplo de datos D25 del estado de una instalación de energía renovable.

La FIG. 9 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de detalles del procesamiento aritmético realizado por el aparato de predicción de la cantidad de generación de energía.

La FIG. 10 es un diagrama de flujo detallado de la etapa S400 de procesamiento de la FIG. 9.

La FIG. 11 es un diagrama de flujo detallado de la etapa S500 de procesamiento de la FIG. 9.

La FIG. 12 es un diagrama de flujo detallado de la etapa S600 de procesamiento de la FIG. 9.

La FIG. 13 es un diagrama que muestra un ejemplo de un resultado de generación de modelo de energía renovable.

La FIG. 14 es un diagrama que muestra un ejemplo de un resultado del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable.

La FIG. 15 es un diagrama que muestra un ejemplo de un resultado de predicción de la potencia de salida de energía renovable.

La FIG. 16 es un diagrama que muestra un ejemplo de visualización en pantalla del aparato de predicción de la cantidad de generación de energía.

La FIG. 17 es un diagrama que muestra un ejemplo de la configuración general de un aparato de estabilización del sistema según una segunda realización.

La FIG. 18 es un diagrama que muestra un ejemplo de la configuración general de un sistema de estabilización del sistema en un caso donde el aparato de estabilización del sistema de la FIG. 17 se emplea como un sistema de energía eléctrica.

La FIG. 19 es un diagrama que muestra el contenido de los datos del programa de estabilización del sistema del aparato de estabilización del sistema.

La FIG. 20 es un diagrama que muestra un ejemplo de un resultado de predicción del estado del sistema.

5 La FIG. 21 es un diagrama de flujo que muestra todo el procesamiento aritmético realizado por el aparato de estabilización del sistema.

La FIG. 22 es un diagrama que muestra un ejemplo de visualización en pantalla del aparato de estabilización del sistema.

La FIG. 23 es un diagrama que muestra un ejemplo de visualización en pantalla del aparato de estabilización del sistema.

10 Modos para llevar a cabo la invención

Refiriéndose ahora a los dibujos, se dará una descripción en detalle de realizaciones preferidas según la presente invención.

Primera realización

15 La FIG. 1 es un diagrama que muestra un ejemplo de la configuración general del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía según una primera realización. La FIG. 1 muestra el aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía en términos de su configuración funcional.

20 El aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía incluye una base de datos DB20 de entradas de cálculos predictivos de la cantidad de generación de energía, una unidad 30 de cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía, una base de datos DB40 de resultados del cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía y una unidad 15 de visualización.

La base de datos DB20 de entradas de cálculos predictivos de la cantidad de generación de energía está formada por una pluralidad de bases de datos DB21 a DB25.

25 Entre estas bases de datos, una base de datos DB21 de predicción meteorológica almacena los datos D21 de predicción meteorológica ilustrados en la FIG. 4. Una base de datos DB22 del historial meteorológico almacena los datos D22 del historial meteorológico ilustrados en la FIG. 5. Una base de datos DB23 del historial de la potencia de salida de energía renovable almacena los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable ilustrados en la FIG. 6. Una base de datos DB24 de características de energía renovable almacena los datos 24 de características de energía renovable ilustrados en la FIG. 7. Una base de datos DB25 del estado de las instalaciones de energía renovable almacena los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable ilustrados en la FIG. 8. En resumen, estas bases de datos almacenan predicciones e historial con respecto al clima, historial con respecto a la potencia de salida, y características y estado de las instalaciones con respecto a las centrales eléctricas. Más adelante se describirán ejemplos detallados de estos contenidos de la memoria.

35 La unidad 30 de cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía tiene la función de realizar un cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía mediante el uso de energía renovable. En el diagrama de flujo de la FIG. 9 se muestra una serie de etapas realizadas por la unidad 30 de cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía. La función de procesamiento de la unidad 30 de cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía se implementa mediante las unidades 31 a 35 de función de procesamiento que se describen a continuación.

40 Entre estas unidades de función de procesamiento, una unidad 31 de generación de modelo de energía renovable tiene una función de generar un modelo de energía renovable. En el diagrama de flujo de la FIG. 11 se muestra una serie de etapas realizadas por la unidad 31 de generación de modelo de energía renovable. Una unidad 32 de extracción de datos del historial similares tiene una función de extracción de datos del historial similares. En el diagrama de flujo de la FIG. 10 se muestra una serie de etapas realizadas por la unidad 32 de extracción de datos del historial similares. Una unidad 33 de cálculo de la precisión del modelo de energía renovable tiene una función de cálculo de la precisión del modelo de energía renovable. En el diagrama de flujo de la FIG. 12 se muestra una serie de etapas realizadas por la unidad 33 de cálculo de la precisión del modelo de energía renovable. Además, una unidad 45 34 de selección de modelo de energía renovable tiene una función de selección de un modelo de energía renovable, y una unidad 35 de predicción de la potencia de salida de energía renovable tiene una función de predicción de la potencia de salida de energía renovable.

50 La base de datos DB40 de resultados del cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía está formada por una pluralidad de bases de datos DB41 a DB45. En pocas palabras, estas bases de datos DB41 a DB45 acumulan y almacenan respectivamente el resultado del procesamiento realizado por las unidades 31 a 35 de función de procesamiento.

Entre estas bases de datos, una base de datos DB41 de resultados de generación de modelo de energía renovable almacena los datos D41 de resultados de generación de modelo de energía renovable generados por la unidad 31 de

generación de modelo de energía renovable. Una base de datos DB42 de resultados de extracción de datos del historial similares almacena los datos D42 de resultados de extracción de datos del historial similares obtenidos por la unidad 32 de extracción de datos del historial similares. Una base de datos DB43 de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable almacena los datos D43 de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable obtenidos por el cálculo realizado por la unidad 33 de cálculo de la precisión del modelo de energía renovable. Una base de datos DB44 de resultados de selección de modelo de energía renovable almacena los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable obtenidos por la selección realizada por la unidad 34 de selección de modelo de energía renovable. Una base de datos DB45 de resultados de predicción de la potencia de salida de energía renovable almacena los datos D45 de resultados de predicción de la potencia de salida de energía renovable obtenidos por la predicción realizada por la unidad 35 de predicción de la potencia de salida de energía renovable. Por cierto, estos datos almacenados en la base de datos DB40 de resultado de cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía incluyen no solo datos como resultado de cálculo, sino también datos de resultado en medio del procesamiento, para que los datos puedan usarse en situaciones apropiadas.

En la unidad 15 de visualización, se muestran diversos tipos de datos manejados en el aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía después de ser procesados adecuadamente en un formato fácil de ver. Las funciones de la unidad 15 de visualización incluyen medios de entrada como un ratón y un teclado, y el resultado de la entrada se incorpora adecuadamente a la visualización en la pantalla de visualización.

Como se ha descrito anteriormente, los datos de entrada para el aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía se almacenan y conservan en la base de datos DB20 de entrada de cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía y estos datos de entrada incluyen los datos D21 de predicción meteorológica, los datos D22 del historial meteorológico, los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, los datos 24 de características de energía renovable, los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable, etc.

La unidad 31 de generación de modelo de energía renovable del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía genera un modelo de energía renovable usando los datos D22 del historial meteorológico, los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, los datos D24 de características de energía renovable y los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable, y genera los datos D41 de resultados de la generación de modelo de energía renovable.

La unidad 32 de extracción de datos del historial similares del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía extrae datos del historial meteorológico similares a los datos de predicción meteorológica y a los datos del historial de la potencia de salida de energía renovable en el momento meteorológico usando los datos D21 de predicción meteorológica, los datos D22 del historial meteorológico y los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable y genera los datos D42 de resultados de extracción de datos del historial similares.

La unidad 33 de cálculo de la precisión del modelo de energía renovable del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía calcula la precisión del modelo de energía renovable usando los datos D41 de resultados de generación de modelo de energía renovable, los datos D42 de resultados de extracción de datos del historial similares y los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable, y genera los datos D43 de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable.

La unidad 34 de selección de modelo de energía renovable del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía selecciona un modelo de energía renovable a usar para la predicción de la potencia de salida usando los datos D43 de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable y genera los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable.

La unidad 35 de predicción de la potencia de salida de energía renovable del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía predice la potencia de salida de energía renovable usando los datos D21 de predicción meteorológica y los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable y genera los datos D45 de resultados de predicción de la potencia de salida de energía renovable. La unidad 15 de visualización del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía visualiza información sobre cada resultado de cálculo usando datos tales como los datos 40 de resultados del cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía.

La FIG. 2 es un diagrama que muestra un ejemplo de la configuración general de un sistema de predicción de la cantidad de generación de energía en un caso donde el aparato de predicción de la cantidad de generación de energía de la FIG. 1 se emplea en un sistema de energía eléctrica. Por cierto, la configuración del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía de la FIG. 2 se describe en términos de una configuración de hardware.

En la FIG. 2, el sistema 100 de energía eléctrica para el que se emplea el aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía se refiere a un sistema 100A de transmisión de energía en un sentido estricto, mientras que también es un concepto que incluye un sistema de generación de energía en un sentido amplio. Aunque el sistema 100 de energía eléctrica del diagrama se describe como un ejemplo que incluye los generadores 110 (110A, 110B), los buses 120 (nodos: 120A, 120B, 120C, 120D), los transformadores 130 (130A, 130B), las líneas 140 de transmisión de energía (ramas: 140A, 140B, 140C, 140D), etc., el sistema 100 de energía eléctrica está configurado para incluir

además una o más cargas seleccionadas y otros dispositivos controlables (batería, batería secundaria recargable, batería de almacenamiento para VE, volante de inercia, etc.).

Las instalaciones y dispositivos descritos anteriormente que constituyen el sistema de energía eléctrica se monitorizan y controlan desde el punto de vista de asegurar una alta estabilidad del sistema de energía eléctrica. Por ejemplo, se lleva a cabo un control/protección adecuada según las señales de control de un dispositivo 200 de control de monitorización. Por otra parte, para el control de monitorización, las señales D13 de medición con respecto a la corriente eléctrica, la tensión y otras condiciones en cada posición se reciben en el dispositivo 200 de control de monitorización desde diversos dispositivos 150 de medición dispuestos en diversas posiciones en el sistema de energía eléctrica directa o indirectamente a través de una red 300 de comunicación. El aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía según la presente invención también recibe señales de medición de diversos dispositivos 150 de medición de forma similar. Aquí, los generadores 110 incluyen no solo una fuente de energía de gran tamaño tal como un generador de energía térmica, un generador de energía hidroeléctrica o un generador de energía nuclear, sino también una fuente de energía dispersa tal como un generador de energía fotovoltaica o un generador de energía eólica.

Aquí, el dispositivo 150 de medición es un dispositivo que mide una o más de las siguientes magnitudes seleccionadas: tensión V de nodo, corriente I de rama, un factor Φ de potencia, potencia P activa y potencia Q reactiva (por ejemplo, un transformador (VT: transformador de tensión, PT: transformador de potencial) para un instrumento de medición o un transformador de corriente (CT: transformador de corriente) para un instrumento de medición) o similares, y tiene una función de transmisión de datos que incluye un identificador (ID) de posición de medición de datos y una marca de tiempo interna del dispositivo de medición (por ejemplo, telémetro (TM)). Por cierto, el dispositivo 150 de medición también puede ser un dispositivo que mide la información de energía eléctrica (información fasorial sobre la tensión) con información de tiempo absoluto asociada mediante el uso de GPS, una unidad de medición de fasorial (PMU), o un tipo diferente de instrumento de medición. Además, aunque se describe que el dispositivo 150 de medición está situado en el sistema 100A de energía eléctrica en sentido estricto, el dispositivo 150 de medición puede proporcionarse en un bus, una línea o similar que conecte a un generador 110, un transformador 130, un dispositivo 150 de medición y una carga.

Las señales D13 de medición representan los diversos tipos de datos antes mencionados (datos del sistema) obtenidos mediante la medición por los dispositivos 150 de medición y se reciben en una base de datos del sistema (no mostrada) a través de la red 300 de comunicación. Sin embargo, en lugar de recibir directamente los datos del sistema de los dispositivos 150 de medición, la base de datos del sistema también puede recibir los datos del sistema, una vez recogidos en el dispositivo 200 de control de monitorización, a través de la red 300 de comunicación, o recibir los datos del sistema tanto de los dispositivos 150 de medición como del dispositivo 200 de control de monitorización a través de la red 300 de comunicación.

Por cierto, los datos D13 del sistema pueden incluir un número único para identificar los datos y una marca de tiempo. Además, aunque los datos D13 del sistema se han descrito como datos obtenidos por medición, los datos D13 del sistema también pueden ser datos previamente guardados en la base de datos del sistema.

A continuación, se describirá la configuración de hardware del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía mostrado en la FIG 2. El aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía incluye la unidad 15 de visualización, una unidad 13 de entrada tal como un teclado y un ratón, una unidad 14 de comunicación, un ordenador o servidor informático (CPU: unidad central de procesamiento) 11, una memoria 12, la base de datos DB20 de entrada de cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía (la base de datos DB21 de predicción meteorológica, la base de datos DB22 del historial meteorológico, la base de datos DB23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, la base de datos DB24 de características de energía renovable y la base de datos DB25 del estado de las instalaciones de energía renovable), la base de datos DB40 de resultados del cálculo predictivo de la cantidad de energía generada (la base de datos DB41 de resultados de generación de modelo de energía renovable, la base de datos DB42 de resultados de extracción de datos del historial similares, la base de datos DB43 de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable, la base de datos DB44 de resultados de selección de modelo de energía renovable y la base de datos DB45 de resultados de predicción de la potencia de salida de energía renovable), y una base de datos DB50 de programas que están conectadas a una línea 60 de bus.

Entre los componentes anteriores, la unidad 15 de visualización está configurada como un dispositivo de visualización, por ejemplo. La unidad 15 de visualización también puede configurarse para emplear un dispositivo de impresión, un dispositivo de salida de sonido o similar en lugar o además del dispositivo de visualización, por ejemplo.

La unidad 13 de entrada puede configurarse para incluir al menos uno seleccionado entre un interruptor de teclado, un dispositivo señalador como un ratón, un panel táctil, un dispositivo de comandos de voz, etc., por ejemplo.

La unidad 14 de comunicación está equipada con un circuito y un protocolo de comunicación para conectarse a la red 300 de comunicación.

La CPU 11 carga un programa informático prescrito desde la base de datos DB50 de programas y ejecuta el programa informático. La CPU 11 puede estar configurada como uno o más chips semiconductores o un dispositivo informático tal como un servidor informático.

La memoria 12 está configurada como una memoria RAM (memoria de acceso aleatorio), por ejemplo. La memoria 12 almacena programas informáticos cargados desde la base de datos DB50 de programas, almacena datos de resultados del cálculo, datos de imágenes, etc. necesarios para cada proceso, etc. Los datos de la imagen almacenados en la memoria 12 se envían a la unidad 15 de visualización para su visualización. Más adelante se describirán ejemplos de la pantalla visualizada.

Aquí, el contenido de la memoria de la base de datos DB50 de programas se explicará con referencia a la FIG. 3. La FIG. 3 es un diagrama que muestra un ejemplo de configuración que ilustra el contenido de los programas y datos en el aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía. La base de datos DB50 de programas almacena, por ejemplo, un programa P51 de generación de modelo de energía renovable, un programa P52 de extracción de datos del historial similares, un programa P53 de cálculo de la precisión del modelo de energía renovable, un programa P54 de selección de modelo de energía renovable, un programa P55 de predicción de la potencia de salida de energía renovable y un programa P56 de visualización.

Volviendo a la FIG. 2, la CPU 11 ejecuta sucesivamente los programas aritméticos cargados desde la base de datos DB50 de programas en la memoria 12 (el programa P51 de generación de modelo de energía renovable, el programa P52 de extracción de datos del historial similares, el programa P53 de cálculo de la precisión del modelo de energía renovable, el programa P54 de selección de modelo de energía renovable, el programa P55 de predicción de la potencia de salida de energía renovable y el programa P56 de visualización) y, de este modo, lleva a cabo la generación de modelo de energía renovable, la extracción de los datos del historial similares, el cálculo de la precisión del modelo de energía renovable, la selección de modelo de energía renovable, la predicción de la potencia de salida de energía renovable, el comando de visualización de los datos de la imagen, una búsqueda de datos en diversas bases de datos, etc.

La memoria 12 es una memoria para almacenar temporalmente datos temporales de cálculo y datos de resultados del cálculo, tales como los datos de la imagen a visualizar, los datos de resultados de selección de modelo de energía renovable y los datos de resultados de predicción de la potencia de salida de energía renovable. Los datos de la imagen necesarios se generan en la memoria 12 por la CPU 11 y se visualizan en la unidad 15 de visualización (por ejemplo, pantalla de visualización). Por cierto, la unidad 15 de visualización del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía también puede ser una simple pantalla usada exclusivamente para reescribir programas de control y bases de datos.

En el aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía, se almacenan aproximadamente once bases de datos DB. Se dará la siguiente explicación de las bases de datos DB de la base de datos DB20 de entrada de cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía excluyendo la base de datos DB50 de programas (es decir, la base de datos DB21 de predicción meteorológica, la base de datos DB22 del historial meteorológico, la base de datos DB23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, la base de datos DB24 de características de energía renovable y la base de datos DB25 del estado de las instalaciones de energía renovable) y la base de datos DB40 de resultados del cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía (es decir, la base de datos DB41 de resultados de generación de modelo de energía renovable, la base de datos DB42 de resultados de extracción de datos del historial similares, la base de datos DB43 de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable, la base de datos DB44 de resultados de selección de modelo de energía renovable y la base de datos DB45 de resultados de predicción de la potencia de salida de energía renovable).

En primer lugar, como se muestra en la FIG. 4, la base de datos DB21 de predicción meteorológica almacena los datos D21 de predicción meteorológica tales como la dirección del viento (D213), la velocidad del viento (D214) y la insolación (D215) con respecto a cada fecha (D210) y cada punto (D211) en términos de una serie temporal (D212) de puntos temporales futuros. El lapso de tiempo de los datos de la serie temporal puede estar en cualquier unidad de tiempo tal como un día, un mes o un año dependiendo del tiempo como el objetivo de predicción. El aumento del volumen de datos incrementa la precisión de predicción al tiempo que conduce a un aumento del número de cálculos, por lo que es deseable que el tiempo de cálculo sea modificable en función del lapso de tiempo del objetivo de predicción y de la precisión deseada del objetivo de predicción. Como los datos D21 de predicción meteorológica, se almacena la información sobre la predicción meteorológica especialmente obtenida de la Agencia Meteorológica o similar, u obtenida realizando análisis de forma independiente.

Como se muestra en la FIG. 5, la base de datos DB22 del historial meteorológico almacena los datos D22 del historial meteorológico tales como la dirección del viento (D223), la velocidad del viento (D224) y la insolación (D225) con respecto a cada fecha (D220) y cada punto (D221) en términos de una serie temporal (D222) de puntos temporales anteriores. El lapso de tiempo de los datos de la serie temporal puede estar en cualquier unidad de tiempo como un día, un mes o un año dependiendo del tiempo como el objetivo de predicción. Aumentar el volumen de datos aumenta la precisión de predicción al tiempo que conduce a un aumento en el número de cálculos, por lo que es deseable que el tiempo de cálculo sea modificable en función del lapso de tiempo del objetivo de predicción y de la precisión deseada del objetivo de predicción.

Como se muestra en la FIG. 6, la base de datos DB23 del historial de la potencia de salida de energía renovable almacena los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, tales como los datos de la potencia de salida de cada emplazamiento de generación de energía (D233, D234, D235), tales como una central eólica o una central fotovoltaica con respecto a cada fecha (D230) y cada punto (D231) en términos de una serie temporal (D232).

En el ejemplo ilustrado, WTA1, WTA2 y WTB1 se muestran como ejemplos de centrales eólicas y PVA1, PVB1 y PVB2 se muestran como ejemplos de centrales fotovoltaicas. El lapso de los datos de las series temporales puede estar en cualquier unidad de tiempo, tal como un día, un mes o un año, en función del tiempo como el objetivo de predicción. El aumento del volumen de datos aumenta la precisión de predicción al mismo tiempo que aumenta el número de cálculos, por lo que es deseable que el tiempo de cálculo sea modificable en función del lapso de tiempo del objetivo de predicción y de la precisión deseada del objetivo de predicción.

Como se muestra en la FIG. 7, la base de datos DB24 de características de energía renovable almacena los datos de características de energía renovable tales como curvas de potencia de salida con respecto a la velocidad del viento en relación con las centrales eólicas WTA1, WTA2 y WTB1 y curvas de potencia de salida con respecto a la insolación en relación con las centrales fotovoltaicas PVA1, PVB1 y PVB2.

Como se muestra en la FIG. 8, la base de datos DB25 del estado de las instalaciones de energía renovable almacena los datos del estado de las instalaciones de energía renovable, tales como el punto de instalación, la dirección de instalación y la forma del terreno en el punto de instalación con respecto a cada emplazamiento de generación de energía, tal como las centrales eólicas WTA1, WTA2 y WTB1 y las centrales fotovoltaicas PVA1, PVB1 y PVB2.

En la base de datos DB40 de resultados del cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía mostrada en la FIG. 1, la base de datos DB41 de resultados de generación de modelo de energía renovable almacena los datos de resultados de generación de modelo de energía renovable generados por el programa P51 de generación de modelo de energía renovable mediante el uso de los datos D22 del historial meteorológico, los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, los datos D24 de características de energía renovable y los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable.

El modelo de energía renovable generado aquí es un modelo representado por una expresión numérica como las que se muestran en la FIG. 13. El modelo se representa por una expresión numérica con respecto a cada una de las centrales eólicas WTA1, WTA2 y WTB1 y las centrales fotovoltaicas PVA1, PVB1 y PVB2 como en el ejemplo de la FIG. 13. Para explicar el significado de cada variable en la expresión numérica usando el (k-1)-ésimo modelo de la central eólica WTA1 como un ejemplo, $y(j)$ representa la potencia de salida del modelo en el momento j , $u(j)$ representa la entrada al modelo en el momento j , $w(j)$ representa la perturbación externa al modelo en el momento j , q representa un operador diferencial u operador de desplazamiento, $G^{WTA1}_{k-1}(q)$ representa una función de transferencia de la entrada $u(j)$ a la potencia de salida $y(j)$ de la central eólica WTA1 en el momento de generación de modelo $k-1$, y $H^{WTA1}_{k-1}(q)$ representa una función de transferencia de la perturbación externa $w(j)$ a la potencia de salida $y(j)$ de la central eólica WTA1 en el momento de generación de modelo $k-1$.

Más específica e ideológicamente, el modelo de energía renovable generado aquí es un modelo secundario obtenido generando previamente un modelo matemático primario de cada emplazamiento de generación de energía en función de la relación entre el estado meteorológico anterior (FIG. 5, D22) y la potencia de salida de generación de energía en ese momento (FIG. 6, D23) con respecto al emplazamiento de generación de energía y que corrige el modelo matemático primario añadiendo el estado de las instalaciones (FIG. 8, D25) y el estado de características (FIG. 7, D24) del emplazamiento al modelo matemático primario. Por cierto, el modelo se establece con respecto a una pluralidad de momentos de generación de modelo ($k-1$, $k-2$, $k-3$, etc.) ya que el modelo fluctúa dependiendo del estado meteorológico y del tiempo/estación y no puede definirse uniformemente en todo momento.

Un modelo de energía renovable de este tipo aumenta en el número de modelos y se forma gradualmente un modelo elaborado experimentando una pluralidad de momentos de generación de modelo ($k-1$, $k-2$, $k-3$, etc.) mientras se acumula el historial de cada emplazamiento de generación de energía. Por cierto, más adelante se describirán los detalles del método de generación de modelo de energía renovable.

La base de datos DB42 de resultados de extracción de datos del historial similares almacena los datos de resultados de extracción de datos del historial similares obtenidos por la extracción realizada por el programa P52 de extracción de datos del historial similares mediante el uso de los datos D21 de predicción meteorológica, los datos D22 del historial meteorológico y los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable. Más específicamente, con respecto a un estado meteorológico que se espera que aparezca en un futuro cercano, tal como hoy o mañana (datos D21 de predicción meteorológica), se determina si existe o no un estado meteorológico similar en estados meteorológicos anteriores (datos D22 del historial meteorológico). Si existe un estado meteorológico similar, se reconoce qué tipo de estado meteorológico era, se busca y se extrae la potencia de salida de energía renovable en ese momento (datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable), y se extraen datos similares como datos del historial similares. Esta extracción se realiza para cada emplazamiento de generación de energía. Los detalles del método de extracción de los datos del historial similares se describirán más adelante.

La base de datos DB43 de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable almacena los resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable obtenidos por el programa P53 de cálculo de

la precisión del modelo de energía renovable mediante el uso de los datos D41 de resultados de generación de modelo de energía renovable, los datos D42 de resultados de extracción de datos del historial similares y los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable. Más detalladamente, el resultado del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable se obtiene realizando el cálculo de la precisión del modelo en la pluralidad de modelos de cada emplazamiento (D41) mostrados en la FIG. 13 en los datos del historial similares extraídos en función del tiempo meteorológico futuro.

Por cierto, al realizar el cálculo de la precisión del modelo, cuando se predice un estado meteorológico aún no experimentado por la central eólica WTA1, tal como un estado meteorológico extremo, si un estado meteorológico de este tipo ya ha sido experimentado por la central eólica WTA2, es deseable realizar el cálculo de la precisión empleando incluso la información de la experiencia en un emplazamiento de generación de energía diferente (central eólica WTA2) para la predicción de la central eólica WTA1. Dicho empleo es eficaz en situaciones como la de compensar la poca experiencia en un nuevo emplazamiento de generación de energía incorporando un historial en otro emplazamiento de generación de energía con mucha experiencia.

La FIG. 14 muestra un ejemplo del resultado de la evaluación de la precisión. La evaluación de la precisión se realiza en función de la diferencia entre la potencia de salida del modelo de cada una de las centrales eólicas WTA1, WTA2 y WTB1 y de las centrales fotovoltaicas PVA1, PVB1 y PVB2 (línea continua) y la potencia de salida calculada mediante el uso de los datos del historial meteorológico similares extraídos en función del tiempo meteorológico futuro. El resultado mostrado en la FIG. 14 indica que el modelo más reciente alcanza una gran precisión en el caso de la central eólica WTA1 y el modelo generado en el momento k-1 en el caso de la central fotovoltaica PVA1, pero los modelos generados en otros momentos no pueden alcanzar una gran precisión. Los detalles del método de cálculo de la precisión del modelo de energía renovable se describirán más adelante.

La base de datos DB44 de resultados de selección de modelo de energía renovable almacena los datos de resultados de selección de modelo de energía renovable obtenidos por la selección realizada por el programa P54 de selección de modelo de energía renovable mediante el uso de los datos D43 de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable. Por ejemplo, en los casos en los que k-1 de la FIG. 13 haya alcanzado la mayor precisión con respecto a la central eólica WTA1 como el resultado del cálculo de la precisión del modelo, se selecciona el modelo correspondiente a k-1. Los detalles del método de selección de modelo de energía renovable se describirán más adelante.

La base de datos DB45 de resultados de predicción de la potencia de salida de energía renovable almacena el resultado de predicción de la potencia de salida de energía renovable obtenido mediante el cálculo realizado por el programa P55 de predicción de la potencia de salida de energía renovable mediante el uso de los datos D21 de predicción meteorológica y los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable. El resultado de predicción de la potencia de salida de energía renovable se obtiene estimando la potencia de salida en términos de una serie temporal aplicando el estado meteorológico de la serie temporal en los datos D21 de predicción meteorológica a la expresión numérica del modelo de la central eólica WTA1 en k-1 en la FIG. 13. Un procesamiento similar se aplica también a otras centrales eléctricas. La FIG. 15 muestra el resultado de predicción de la potencia de salida de las series temporales de cada emplazamiento de generación de energía obtenido como se ha indicado anteriormente. Los detalles del método de predicción de la potencia de salida de energía renovable se describirán más adelante.

A continuación, se describirá un ejemplo de los detalles del procesamiento aritmético realizado por el aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía con referencia a la FIG. 9. La FIG. 9 es un ejemplo de diagrama de flujo que muestra la totalidad del procesamiento realizado por el aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía. El flujo de procesamiento se describirá a continuación.

En primer lugar, en la etapa de procesamiento S100, se establece el lapso de tiempo de predicción de la potencia de salida de energía renovable.

En la etapa S200 de procesamiento, se selecciona un punto de las instalaciones de energía renovable como objetivo de predicción de la potencia de salida.

En la etapa S300 de procesamiento se selecciona la energía renovable como el objetivo de predicción de la potencia de salida en el punto seleccionado.

En la etapa S400 de procesamiento, se extraen los datos del historial meteorológico similares a los datos de predicción meteorológica y los datos del historial de la potencia de salida de energía renovable en el momento meteorológico usando los datos D21 de predicción meteorológica, los datos D22 del historial meteorológico y los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, y el resultado de la extracción se almacena en la base de datos 42 de resultados de extracción de datos del historial similares.

Aquí, se explicará con más detalle el flujo de la extracción de datos del historial similares en la etapa S400 de procesamiento de la FIG. 9 con referencia a la FIG. 10. La FIG. 10 es un ejemplo de diagrama de flujo para explicar el procesamiento por la unidad 32 de extracción de datos del historial similares de la FIG. 1. En la etapa S401 de procesamiento, los datos del historial meteorológico del punto seleccionado en la etapa S200 de procesamiento se

seleccionan usando el resultado de la selección de la etapa S200 de procesamiento y los datos D22 del historial meteorológico.

En la etapa S402 de procesamiento, se calcula la similitud entre los datos de predicción meteorológica y los datos del historial meteorológico seleccionados en la etapa S401 de procesamiento usando los datos D21 de predicción meteorológica y el resultado de la selección de la etapa S401 de procesamiento. El cálculo de la similitud se lleva a cabo según un método como el método de cálculo descrito en Berndt, D. & Clifford, J., "Using Dynamic time warping to find patterns in time series," Taller AAAI-94 sobre Descubrimiento de Conocimientos en Bases de Datos, por ejemplo.

En la etapa S403 de procesamiento, se determina si se han seleccionado o no todos los datos del historial meteorológico del punto seleccionado en la etapa S200 de procesamiento. Si no se han seleccionado todos los datos del historial meteorológico del punto seleccionado en la etapa S200 de procesamiento, el proceso vuelve a la etapa S401 de procesamiento. Si se han seleccionado todos los datos del historial meteorológico del punto seleccionado en la etapa S200 de procesamiento, el proceso avanza a la etapa S404 de procesamiento.

En la etapa S404 de procesamiento, se extraen los datos del historial meteorológico que tienen la mayor similitud usando el resultado del cálculo de la etapa S402 de procesamiento y los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable.

En la etapa S405 de procesamiento, los datos historial de la potencia de salida de energía renovable en el momento meteorológico extraídos en la etapa S404 de procesamiento se extraen usando el resultado de la extracción de la etapa S404 de procesamiento y los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable.

En la etapa S406 de procesamiento, un par de datos formado por los datos del historial meteorológico extraídos en la etapa S404 de procesamiento y los datos del historial de la potencia de salida de energía renovable extraídos en la etapa S405 de procesamiento se establece como los datos del historial similares usando el resultado de la extracción de la etapa S404 de procesamiento y el resultado de la extracción de la etapa S405 de procesamiento. Con las etapas de procesamiento anteriores, los datos más similares a los datos de predicción meteorológica pueden extraerse a gran velocidad de la gran cantidad de datos del historial meteorológico.

Volviendo a la FIG. 9, en la etapa S500 de procesamiento, se genera un modelo de energía renovable usando los datos D22 del historial meteorológico, los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, los datos D24 de características de energía renovable y los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable, y el resultado de la generación se almacena en la base de datos DB41 de resultados de generación de modelo de energía renovable.

Aquí, el flujo de generación de modelo de energía renovable en la etapa S500 de procesamiento de la FIG. 9 se explicará con referencia a la FIG. 11. En la etapa S501 de procesamiento, se genera un modelo matemático de la energía renovable seleccionada en la etapa S300 de procesamiento usando el resultado de la selección de la etapa S300 de procesamiento, los datos D22 del historial meteorológico y los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable. El modelo matemático se genera según un método como el método de generación descrito en Shuichi Adachi, "Basics of System Identification", Editorial de la Universidad de Tokio, 2009, por ejemplo. Aquí, si no existen datos del historial de la potencia de salida de energía renovable seleccionada en la etapa S300 de procesamiento, se determina que no hay modelo.

En la etapa S502 de procesamiento, los datos D24 de características de energía renovable y los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable de la misma energía renovable se añaden al modelo matemático de la energía renovable generado en la etapa S501 de procesamiento usando el resultado de generación de la etapa S501 de procesamiento, los datos D24 de características de energía renovable y los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable.

Aquí, cuando no se ha generado ningún modelo en la etapa S501 de procesamiento, solo se almacenan en la base de datos DB41 de resultados de generación de modelo de energía renovable los datos D24 de características de energía renovable y los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable correspondientes. Con las etapas anteriores, se puede definir un modelo incluso para la energía renovable para la que no existe ningún historial. En consecuencia, puede aumentarse el número de tipos de energía renovable para los que es posible la predicción de la potencia de salida.

Volviendo a la FIG. 9, en la etapa S600 de procesamiento, la precisión del modelo de energía renovable generado en la etapa S500 de procesamiento y el modelo de energía renovable incluido en los datos de resultados de selección de energía renovable se calcula usando el resultado de la extracción de la etapa S400 de procesamiento, el resultado de generación de la etapa S500 de procesamiento y los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable, y el resultado del cálculo se almacena en la base de datos DB43 de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable.

Aquí, se explicará el flujo del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable con referencia a la FIG. 12. En la etapa S601 de procesamiento, se calcula la potencia de salida obtenida introduciendo los datos del historial

meteorológico incluidos en los datos del historial similares extraídos en la etapa S400 de procesamiento en el modelo de energía renovable generado en la etapa S500 de procesamiento usando el resultado de generación de la etapa S500 procesamiento y el resultado de la extracción de la etapa S400 de procesamiento.

5 En la etapa S602 de procesamiento, la precisión se calcula comparando la potencia de salida del modelo de energía renovable calculado en la etapa S601 de procesamiento con los datos del registro del historial de la potencia de salida de energía renovable emparejados con los datos del historial meteorológico introducidos en la etapa S601 de procesamiento usando el resultado del cálculo de la etapa S601 de procesamiento y el resultado de la extracción de la etapa S400 de procesamiento.

10 El cálculo de la precisión del modelo se realiza usando la similitud descrita en la siguiente bibliografía como la precisión, por ejemplo: Berndt, D. & Clifford, J., "Using Dynamic time warping to find patterns in time series," Taller AAAI-94 sobre Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos.

15 En la etapa S603 de procesamiento, se determina si existe o no un modelo de energía renovable previamente almacenado correspondiente a la energía renovable seleccionada en la etapa S300 de procesamiento usando el resultado de la selección de la etapa S300 de procesamiento y los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable. Si existe un modelo de energía renovable de este tipo, el proceso avanza a la etapa S604 de procesamiento. De lo contrario, el proceso avanza a la etapa S608 de procesamiento.

20 En la etapa S605 de procesamiento, la potencia de salida obtenida introduciendo los datos del historial meteorológico incluidos en los datos del historial similares extraídos en la etapa S400 de procesamiento en el modelo de energía renovable previamente almacenado correspondiente a la energía renovable seleccionada en la etapa S300 o S609 de procesamiento se calcula usando el resultado de la selección de la etapa S400 o S609 de procesamiento, los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable y el resultado de la extracción de la etapa S400 de procesamiento.

25 En la etapa S606 de procesamiento, la precisión se calcula comparando la potencia de salida del modelo de energía renovable calculado en la etapa S605 de procesamiento con los datos del registro del historial de la potencia de salida de energía renovable emparejados con los datos del historial meteorológico introducidos en la etapa S605 de procesamiento usando el resultado del cálculo de la etapa S605 de procesamiento y el resultado de la extracción de la etapa S400 de procesamiento.

30 En la etapa S607 de procesamiento, se determina si se han seleccionado o no todos los modelos de energía renovable de la energía renovable seleccionada en la etapa S300 de procesamiento usando el resultado de la selección de la etapa S300 de procesamiento y los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable. Si no se selecciona, el proceso vuelve a la etapa S603 de procesamiento. Si se selecciona, el proceso finaliza.

35 En la etapa S608 de procesamiento, la similitud entre la energía renovable seleccionada en la etapa S300 de procesamiento y la energía renovable almacenada en los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable se calcula usando el resultado de la selección de la etapa S300 de procesamiento y los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable.

40 El método de cálculo de la similitud es, por ejemplo, el siguiente: en función del estado de las instalaciones de energía renovable de la energía renovable seleccionada en el etapa S300 de procesamiento y el estado de las instalaciones de energía renovable del modelo de energía renovable almacenado en los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable, se extrae la energía renovable que tiene el mismo estado de las instalaciones que la energía renovable seleccionada en la etapa S300 de procesamiento, y se calcula la similitud entre la característica de energía renovable de la energía renovable extraída y la característica de energía renovable de la energía renovable seleccionada en la etapa S300 de procesamiento.

45 El cálculo de la similitud se lleva a cabo según un método como el método de cálculo descrito en Berndt, D. & Clifford, J., "Using Dynamic time warping to find patterns in time series", Taller AAAI-94 sobre Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos, por ejemplo.

50 En la etapa S609 de procesamiento, se selecciona otra energía renovable que tenga la mayor similitud usando el resultado del cálculo de la etapa S608 de procesamiento. Con las etapas anteriores, se puede definir un modelo que tenga una característica dinámica para todos los tipos de energía renovable como los objetivos de predicción. En consecuencia, la potencia de salida de cada uno de los tipos de energía renovable como los objetivos de predicción puede predecirse con respecto a cualquier dato de predicción meteorológica.

Con este proceso, incluso cuando un emplazamiento A de generación de energía no tiene suficientes datos del historial debido a su antigüedad o similares, si otro emplazamiento B de generación de energía similar ya tiene experiencia, la falta de experiencia del emplazamiento A de generación de energía puede compensarse empleando la experiencia del emplazamiento B de generación de energía para el modelo del emplazamiento A de generación de energía.

55 Volviendo a la FIG. 9, en la etapa S700 de procesamiento, se selecciona un modelo de energía renovable que tenga la mayor precisión usando el resultado del cálculo de la etapa S600 de procesamiento. En consecuencia, el número

de modelos usados para la predicción de la potencia de salida disminuye, lo que permite reducir el número de cálculos necesarios para la predicción.

En la etapa S800 de procesamiento, la predicción de la potencia de salida de energía renovable se calcula introduciendo los datos de predicción meteorológica en el modelo de energía renovable seleccionado en la etapa S700 de procesamiento usando el resultado de la selección de la etapa S700 de procesamiento y los datos D21 de predicción meteorológica. En consecuencia, se puede calcular la predicción de la potencia de salida de energía renovable correspondiente al lapso y al intervalo de los datos de las series temporales de los datos de predicción meteorológica. Por ejemplo, estableciendo que el lapso y el intervalo de los datos de las series temporales de los datos de predicción meteorológica sean respectivamente largo y corto, la potencia de salida de energía renovable en un período de tiempo largo puede predecirse a intervalos cortos.

En la etapa S900 de procesamiento, se determina si se han seleccionado o no todos los tipos de energía renovable como objetivos de predicción de la potencia de salida en el punto de las instalaciones seleccionado en la etapa S200 de procesamiento usando los resultados de la selección de las etapas S200 y S300 de procesamiento. Si se seleccionan, el proceso avanza a la etapa S1000 de procesamiento. Si no se seleccionan, el proceso vuelve a la etapa S300 de procesamiento.

En la etapa S1000 de procesamiento, se determina si se han seleccionado o no todos los puntos de las instalaciones de energía renovable como objetivos de predicción de la potencia de salida usando el resultado de la selección de la etapa S200 de procesamiento. Si no se seleccionan, el proceso vuelve a la etapa S200 de procesamiento. Si se seleccionan, el proceso finaliza.

Con las etapas anteriores, la potencia de salida de energía renovable puede predecirse con gran precisión. En la pantalla del dispositivo 200 de control de monitorización pueden visualizarse sucesivamente diversos resultados del cálculo obtenidos como se ha indicado anteriormente y los datos acumulados en la memoria a mitad del cálculo. En consecuencia, el operador puede comprender fácilmente el estado de funcionamiento del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía.

Aquí, se describirá un ejemplo de un contenido de visualización específico con referencia a la FIG. 16. En la FIG. 16, se visualizan en la pantalla de visualización un punto 161 de las instalaciones de energía renovable como objetivo de predicción de la potencia de salida, un tipo 162 de energía renovable, un resultado 163 de predicción de la potencia de salida, un resultado 164 de extracción de datos del historial similares, un resultado 165 de selección de modelo de energía renovable y un resultado 166 de cálculo de la precisión del modelo de energía renovable como el resultado de la extracción de datos del historial similares, la generación de modelo de energía renovable, el cálculo de la precisión del modelo de energía renovable, la selección de modelo de energía renovable y la predicción de la potencia de salida de energía renovable. Esta visualización se realiza en un formato de visualización fácilmente comprensible para el usuario que visualiza también un diagrama 167 del sistema y las leyendas 168.

Visualizando el resultado de predicción de la potencia de salida de energía renovable en la pantalla del dispositivo 200 de control de monitorización, como se muestra en la FIG. 16, a través del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía y la red 300 de comunicación, se consigue un efecto en el que el operador puede comprender de un vistazo qué tipo de predicción de la potencia de salida se ha realizado para qué tipo de energía renovable en el sistema 100 de energía eléctrica.

Además, cuando existen múltiples tipos de energía renovable como los objetivos de predicción de la potencia de salida, es posible seleccionar el punto 161 de las instalaciones de energía renovable y el tipo 162 de energía renovable y, de este modo, comprobar el resultado de predicción de la potencia de salida, el resultado de la extracción de datos del historial similares, el resultado de la selección de modelo de energía renovable y el resultado del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable de la energía renovable seleccionada.

En el aparato de predicción de la cantidad de generación de energía descrito anteriormente de la primera realización, se genera un modelo de energía renovable en función de los datos D22 del historial meteorológico, los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, los datos D24 de características de energía renovable y los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable.

En función de los datos D21 de predicción meteorológica, los datos D22 del historial meteorológico, los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, los datos 24 de características de energía renovable y los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable, se extraen datos del historial meteorológico similares a los datos de predicción meteorológica y datos del historial de la potencia de salida de energía renovable en el momento meteorológico. La precisión del modelo de energía renovable se calcula en función de los datos D41 de resultados de generación de modelo de energía renovable, los datos D42 de resultados de extracción de datos del historial similares y los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable. El modelo de energía renovable a usar para la predicción de la potencia de salida se selecciona en función de los datos D43 de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable. La potencia de salida de energía renovable se predice en función de los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable y en los datos D21 de predicción meteorológica. Se visualiza el resultado de predicción y cada resultado del cálculo.

Además, en la primera realización, el sistema de predicción de la cantidad de generación de energía se forma empleando el aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía para un sistema de energía eléctrica.

Segunda realización

En la primera realización, se dio la descripción del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía. Este aparato solo funciona para hacer la predicción y visualizar la predicción en una pantalla o similar, sin contribuir positivamente al control posterior o similar. En una segunda realización, se dará un ejemplo de utilización del aparato de predicción de la cantidad de generación de energía para el control del sistema de energía eléctrica y, por lo tanto, la construcción de un aparato de estabilización del sistema para estabilizar el sistema con alta precisión al producirse una avería.

Específicamente, en la segunda realización, se forma un aparato de estabilización del sistema que estabiliza un sistema con alta precisión al producirse una avería mediante la predicción de un estado del sistema con una unidad 36 de predicción del estado del sistema y la determinación de un objetivo de control con una unidad 37 de determinación del objetivo de control usando el aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía de la primera realización, los datos D45 de resultados de predicción de la potencia de salida de energía renovable, los datos D26 del estado del sistema y los datos D27 del modelo del sistema.

La FIG. 17 muestra un ejemplo del aparato de estabilización del sistema según la segunda realización. Aquí, el aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía es idéntico al que se muestra en la FIG. 1, y además se proporcionan bases de datos y unidades de función de procesamiento que se describen a continuación.

El aparato 1000 de estabilización del sistema mostrado en la FIG. 17 se forma proporcionando adicionalmente al aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía de la FIG. 1 una base de datos DB26 de estados del sistema, una base de datos DB27 de modelos del sistema, una base de datos DB46 de resultados de predicción del estado del sistema y una base de datos DB47 de resultados de la determinación del objetivo de control como bases de datos DB. Además, se proporcionan adicionalmente como unidades de función de procesamiento, una unidad 36 de predicción del estado del sistema, una unidad 37 de determinación del objetivo de control y una unidad 38 de comando de control.

En consecuencia, los datos de entrada del aparato 1000 de estabilización del sistema incluyen los datos D26 del estado del sistema y los datos D27 del modelo del sistema, además de los datos D21 de predicción meteorológica, los datos D22 del historial meteorológico, los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, los datos D24 de características de energía renovable y los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable.

Además, los datos de resultados del aparato 1000 de estabilización del sistema incluyen los datos D46 de resultados de predicción del estado del sistema y los datos D47 de resultados de la determinación del objetivo de control, además de los datos D41 de resultados de generación de modelo de energía renovable, los datos D42 de resultados de la extracción de datos del historial similares, los datos D43 de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable, los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable y los datos D45 de resultados de predicción de la potencia de salida de energía renovable.

Las funciones del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía ya se han descrito anteriormente, por lo que se omite aquí una descripción detallada de las mismas. La unidad 36 de predicción del estado del sistema, añadida recientemente como un componente del aparato 1000 de estabilización del sistema, predice el estado del sistema usando los datos D45 de resultados de predicción de la potencia de salida de energía renovable, los datos D26 del estado del sistema y los datos D27 del modelo del sistema, y genera los datos D46 de resultados de predicción del estado del sistema. Los datos D46 de resultados de predicción del estado del sistema se almacenan y mantienen en la base de datos DB46 de resultados de predicción del estado del sistema.

La unidad 37 de determinación del objetivo de control del aparato 1000 de estabilización del sistema determina el objetivo de control para la estabilización del sistema cuando se predice el deterioro del estado del sistema usando los datos D46 de resultados de predicción del estado del sistema y genera los datos D47 de resultados de la determinación del objetivo de control. Los datos D47 de resultados de la determinación del objetivo de control se almacenan y mantienen en la base de datos DB47 de resultados de la determinación del objetivo de control.

La unidad 38 de comando de control del aparato 1000 de estabilización del sistema transmite un comando de control al objetivo de control usando los datos D47 de resultados de la determinación del objetivo de control. La unidad 15 de visualización del aparato 1000 de estabilización del sistema visualiza la información sobre cada resultado de cálculo usando los datos D40 de resultados del cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía, los datos D46 de resultados de predicción del estado del sistema y los datos D47 de resultados de la determinación del objetivo de control.

La FIG. 18 muestra un ejemplo de la configuración de hardware del aparato 1000 de estabilización del sistema en la segunda realización y un diagrama de configuración general del sistema 100 de energía eléctrica. En la FIG. 18, la base de datos DB26 del estado del sistema, la base de datos DB27 de modelos del sistema, la base de datos DB46

de resultados de predicción del estado del sistema, la base de datos DB47 de resultados de la determinación del objetivo de control y una base de datos DB51 de programas de estabilización del sistema se proporcionan adicionalmente y se conectan a la línea 60 de bus en el diagrama de configuración general del aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía y el sistema 100 de energía eléctrica en la primera realización mostrada en la FIG. 2. Se omite la explicación de los componentes de la FIG. 18 que tienen la misma función que un componente ya explicado mostrado en la FIG. 2 con el mismo carácter de referencia.

A continuación, se explicará el contenido de la memoria de la base de datos DB51 de programas de estabilización del sistema con referencia a la FIG. 19. La FIG. 19 es un ejemplo de un diagrama de configuración que muestra el contenido de los datos D51 de programas de estabilización del sistema del aparato 1000 de estabilización del sistema. La base de datos DB51 de programas de estabilización del sistema almacena un programa P57 de predicción del estado del sistema, un programa P58 de determinación del objetivo de control y un programa P59 de comandos de control, por ejemplo.

Volviendo a la FIG. 18, la CPU 11 ejecuta programas aritméticos cargados desde la base de datos DB50 de programas y la base de datos DB51 de programas de estabilización del sistema en la memoria 12 (el programa P51 de generación de modelo de energía renovable, el programa P52 de extracción de datos del histórico similares, el programa P53 de cálculo de la precisión del modelo de energía renovable, el programa P54 de selección de modelo de energía renovable, el programa P55 de predicción de la potencia de salida de energía renovable, el programa P57 de predicción del estado del sistema, el programa P58 de la determinación del objetivo de control, el programa P59 de comandos de control y el programa P56 de visualización) y, de este modo, lleva a cabo la generación de modelo de energía renovable, la extracción de los datos del historial similares, el cálculo de la precisión del modelo de energía renovable, la selección de modelo de energía renovable, la predicción de la potencia de salida de energía renovable, la predicción del estado del sistema, la determinación del objetivo de control, la transmisión de los comandos de control, el comando de visualización de los datos de la imagen, la búsqueda de datos en diversas bases de datos, etc.

En el aparato 1000 de estabilización del sistema, se almacenan aproximadamente dieciséis bases de datos DB. A continuación se dará la explicación de las bases de datos DB de la nueva base de datos DB26 del estado del sistema añadida recientemente, la base de datos DB27 de modelos del sistema, la base de datos DB46 de resultados de predicción del estado del sistema y la base de datos DB47 de resultados de la determinación del objetivo de control, omitiendo la explicación de las bases de datos ya explicadas.

Primero, la base de datos DB26 del estado del sistema almacena la potencia P activa, la potencia Q reactiva, la tensión V , el ángulo δ de fase de tensión, la corriente I , un factor Φ de potencia, etc. como los datos D13 del sistema. Estos datos pueden ser datos con una marca de tiempo o datos PMU. Más específicamente, por ejemplo, la tensión y el ángulo de fase de tensión en cada uno de los nodos 120B y 120C que se conectan al sistema 100 de energía eléctrica, un flujo de línea ($P + jQ$) de cada una de las ramas 140B y 140C que se conectan a los nodos 120B y 120C conectados al sistema 100 de energía eléctrica, el flujo de línea ($P + jQ$) de cada uno de los transformadores 130A y 130B que se conectan a los nodos 120B y 120C conectados al sistema 100 de energía eléctrica, la tensión V y el ángulo δ de fase de la tensión de cada uno de los nodos 120A y 120D que se conectan a los transformadores 130A y 130B, la potencia P activa, la potencia Q reactiva y el factor Φ de potencia de cada uno de los generadores 110A y 110B que se conectan a los nodos 120A y 120D, la potencia P activa, la potencia Q reactiva, el factor Φ de potencia, la tensión V y el ángulo δ de fase de la tensión de cada uno de los demás nodos, ramas, generadores, cargas, dispositivos de control, etc. que se conectan al sistema 100 de energía eléctrica medidos desde el dispositivo 150 de medición, el dispositivo 200 de control de monitorización o similares a través de la red de comunicación, etc., se toman como los datos D13 del sistema y se almacenan en la base de datos DB26 del estado del sistema.

Por cierto, el ángulo δ de fase de tensión también puede ser un ángulo medido usando un instrumento de medición diferente que emplee GPS o PMU. Por cierto, el dispositivo de medición es un VT, PT o similar. El flujo de línea ($P + jQ$) puede calcularse a partir de la corriente I , la tensión V y el factor Φ de potencia medidos con un VT, PT o similar. Además, es deseable almacenar también el resultado del cálculo estimado de los valores probables de la potencia P activa, la potencia Q reactiva, la tensión V , el ángulo δ de fase de la tensión, la corriente I y el factor Φ de potencia de cada nodo, rama, generador, carga y dispositivo de control del sistema, obtenidos como resultado del cálculo del programa P57 de predicción del estado del sistema, como datos de medición del sistema.

La base de datos DB27 de modelos del sistema almacena e incluye datos con respecto a la configuración del sistema, impedancia de línea ($R + jX$) y capacitancia a tierra (admitancia: Y), datos necesarios para la configuración del sistema y estimación del estado (por ejemplo, valores umbral de datos erróneos), datos del generador, y datos necesarios para otros cálculos de flujo, estimación del estado y cálculo de variaciones de series temporales. Por cierto, cuando la entrada de datos se realiza mediante operación manual, los datos se introducen manualmente a través de la unidad 13 de entrada y se almacenan. En el momento de la entrada, los datos de la imagen necesarios son generados por la CPU 11 y visualizados en la unidad 15 de visualización. En el momento de la entrada, se puede emplear la operación semimanual usando una función de complementación para que se puedan establecer muchos datos.

La base de datos DB46 de resultados de predicción del estado del sistema almacena el resultado del cálculo realizado por el programa P57 de predicción del estado del sistema mediante el uso de los datos D45 de resultados de predicción

de la potencia de salida de energía renovable, los datos D26 del estado del sistema y los datos D27 del modelo del sistema. Por ejemplo, la base de datos DB46 de resultados de predicción del estado del sistema almacena series temporales de variación del ángulo de fase interno de un generador como el que se muestra en la FIG. 20. Los detalles del método de predicción del estado del sistema se describirán más adelante.

- 5 La base de datos DB47 de resultados de la determinación del objetivo de control almacena el resultado del cálculo realizado por el programa P58 de determinación del objetivo de control mediante el uso de los datos D46 de resultados de predicción del estado del sistema. El método de determinación del objetivo de control se describirá más adelante.

A continuación, se describirán los detalles del proceso de cálculo realizado por el aparato 1000 de estabilización del sistema con referencia a la FIG. 21. La FIG. 21 es un ejemplo de un diagrama de flujo que muestra la totalidad del procesamiento realizado por el aparato 1000 de estabilización del sistema. El flujo de la FIG. 21 usa el resultado del procesamiento del diagrama de flujo de la FIG. 9 e incluye las etapas S1100, S1200 y S1300 de procesamiento como procesamiento añadido recientemente. Por lo tanto, la siguiente explicación del procesamiento realizado por el aparato 1000 de estabilización del sistema se dará principalmente para las etapas S1100, S1200 y S1300 de procesamiento añadidas recientemente.

15 En la nueva etapa S1100 de procesamiento añadido, el estado del sistema se predice calculando la variación de la serie temporal en el estado del sistema usando los datos D45 de resultados de predicción de la potencia de salida de energía renovable, los datos D26 del estado del sistema y los datos D27 del modelo del sistema, y el resultado de predicción se almacena en la base de datos DB46 de resultados de predicción del estado del sistema. El cálculo de la variación de la serie temporal del estado del sistema se realiza según un método como el descrito en Akihiko Yokoyama, Koji Ota, "System Engineering of the Electric Power System Stabilization," El Instituto de Ingenieros Eléctricos de Japón, 2014, páginas 54-57, por ejemplo. Mediante el cálculo, se puede predecir la variación de la serie temporal en el estado del sistema y, por lo tanto, se puede evaluar la estabilidad del sistema con respecto a un tiempo previsto. Además, puede calcularse un objetivo de control de estabilización con respecto a diversos tipos de estabilidad del sistema, tales como la estabilidad transitoria, la estabilidad de tensión y la estabilidad de frecuencia.

25 En la etapa S1200 de procesamiento, se determina un objetivo de control para la estabilización del sistema usando los datos D46 de resultados de predicción del estado del sistema, y el resultado de la determinación se almacena en la base de datos DB47 de resultados de la determinación del objetivo de control. La determinación del objetivo de control se realiza según un método como un método de instalación del sistema TSC en línea descrito en Akihiko Yokoyama, Koji Ota, "System Engineering of the Electric Power System Stabilization," El Instituto de Ingenieros Eléctricos de Japón, 2014, páginas 189-191, por ejemplo.

En la etapa S1300 de procesamiento, se transmite un comando de control al objetivo de control usando los datos D47 de resultados de la determinación del objetivo de control.

Aquí, se describirá un ejemplo de contenido de pantalla específico con referencia a la FIG. 22. Mientras que la pantalla de visualización de la FIG. 22 es básicamente idéntica a la pantalla de visualización en el aparato 10 de predicción de la cantidad de generación de energía (FIG. 16), la pantalla de visualización se ilustra aquí ya que es eficaz también como un contenido de visualización en el aparato 1000 de estabilización del sistema.

En la FIG. 22, el punto 161 de las instalaciones de energía renovable como objetivo de predicción de la potencia de salida, el tipo 162 de energía renovable, el resultado 163 de predicción de la potencia de salida, el resultado 164 de la extracción de datos del historial similares, el resultado 165 de la selección de modelo de energía renovable y el resultado 166 del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable se visualizan en la pantalla de visualización como el resultado de la extracción de datos del historial similares, la generación de modelo de energía renovable, el cálculo de la precisión del modelo de energía renovable, la selección de modelo de energía renovable y la predicción de la potencia de salida de energía renovable. Esta visualización se realiza en un formato de visualización fácilmente comprensible para el usuario que visualiza también el diagrama 167 del sistema y las leyendas 168.

45 Visualizando el resultado de predicción de la potencia de salida de energía renovable en la pantalla del dispositivo 200 de control de monitorización, como se muestra en la FIG. 22, a través del aparato 1000 de estabilización del sistema y la red 300 de comunicación, se consigue un efecto en el que el operador puede comprender de un vistazo qué tipo de predicción de la potencia de salida se ha realizado para qué tipo de energía renovable en el sistema 100 de energía eléctrica.

50 Además, cuando existen varios tipos de energía renovable como los objetivos de predicción de la potencia de salida, es posible seleccionar el punto 161 de las instalaciones de energía renovable y el tipo 162 de energía renovable y, de este modo, comprobar el resultado de predicción de la potencia de salida, el resultado de la extracción de datos del historial similares, el resultado de la selección de modelo de energía renovable y el resultado del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable de la energía renovable seleccionada.

55 Otro ejemplo de un contenido de visualización específico se describirá con referencia a la FIG. 23. La FIG. 23 es un diagrama que muestra un ejemplo de una pantalla 175 que muestra un supuesto tipo 171 de avería, un tipo 172 de estado del sistema, un resultado 173 de predicción del estado del sistema, un resultado 174 de predicción del estado

del sistema posterior al control y un objetivo de control como el resultado de predicción del estado del sistema y la determinación del objetivo de control.

Visualizando el resultado de predicción del estado del sistema antes y después del control y el objetivo de control en la pantalla del dispositivo 200 de control de monitorización como se muestra en la FIG. 23 a través del aparato 1000 de estabilización del sistema y la red 300 de comunicación, se logra un efecto en el que el operador puede comprender de un vistazo qué tipo de resultado de predicción se ha obtenido para qué estado del sistema y cómo ha cambiado el resultado de predicción del estado del sistema debido a qué control en el sistema 100 de energía eléctrica.

Además, cuando existen varias averías supuestas y varios estados del sistema como objetivos de predicción, es posible seleccionar los tipos de averías supuestas y el estado del sistema y comprobar así el resultado de la determinación del objetivo de control y el resultado de predicción del estado del sistema antes y después del control con respecto a la avería supuesta seleccionada.

En el aparato de estabilización del sistema descrito anteriormente de la segunda realización, se genera un modelo de energía renovable en función de los datos D22 del historial meteorológico, los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, los datos D24 de características de energía renovable y los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable. Los datos del historial meteorológico similares a los datos de predicción meteorológica y los datos del historial de la potencia de salida de energía renovable en el momento meteorológico se extraen en función de los datos D21 de predicción meteorológica, los datos D22 del historial meteorológico, los datos D23 del historial de la potencia de salida de energía renovable, los datos D24 de características de energía renovable y los datos D25 del estado de las instalaciones de energía renovable. La precisión del modelo de energía renovable se calcula en función de los datos D41 de resultados de generación de modelo de energía renovable, los datos D42 de resultados de extracción de datos del historial similares y los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable. El modelo de energía renovable usado para la predicción de la potencia de salida se selecciona en función de los datos D43 de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable. La potencia de salida de energía renovable se predice en función de los datos D44 de resultados de selección de modelo de energía renovable y los datos D21 de predicción meteorológica. El objetivo de control para la estabilización del sistema se determina en función de los datos D46 de resultados de predicción del estado del sistema. El comando de control es emitido al objetivo de control en función de los datos 47 de resultados de la determinación del objetivo de control. Se visualizan el resultado de predicción y cada resultado del cálculo.

Según la segunda realización, el sistema puede estabilizarse con alta probabilidad mediante la operación descrita anteriormente.

Descripción de los caracteres de referencia

10: Aparato de predicción de la cantidad de energía generada

11: CPU

12: Memoria

13: Unidad de entrada

14: Unidad de comunicación

15: Unidad de visualización

30: Unidad de cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía

31: Unidad de generación de modelo de energía renovable

32: Unidad de extracción de datos del historial similares

33: Unidad de cálculo de la precisión del modelo de energía renovable

34: Unidad de selección de modelo de energía renovable

35: Unidad de predicción de la potencia de salida de energía renovable

36: Unidad de predicción del estado del sistema

37: Unidad de determinación del objetivo de control

38: Unidad de comando de control

60: Línea de bus

100: Sistema de energía eléctrica

- 110A, 110B: Generador
- 120A, 120B, 120C, 120D: Nodo (línea de bus)
- 130A, 130B: Transformador
- 140A, 140B, 140C, 140D: Rama (línea)
- 5 150: Dispositivo de medición
- 200: Dispositivo de control de monitorización
- 300: Red de comunicación
- 1000: Aparato de estabilización del sistema
- D20: Datos de entrada del cálculo predictivo de la cantidad de energía generada
- 10 DB20: Base de datos de entrada del cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía
- D21: Datos de predicción meteorológica
- DB21: Base de datos de predicción meteorológica
- D22: Datos del historial meteorológico
- DB22: Base de datos del historial meteorológico
- 15 D23: Datos del historial de la potencia de salida de energía renovable
- DB23: Base de datos del historial de la potencia de salida de energía renovable
- D24: Datos de características de energía renovable
- DB24: Base de datos de características de energía renovable
- D25: Datos del estado de las instalaciones de energía renovable
- 20 DB25: Base de datos del estado de las instalaciones de energía renovable
- D40: Datos de resultados del cálculo predictivo de la cantidad de generación de energía
- DB40: Base de datos de resultados del cálculo predictivo de la cantidad de energía generada
- D41: Datos de resultados de generación de modelo de energía renovable
- DB41: Base de datos de resultados de generación de modelo de energías renovables
- 25 D42: Datos de resultados de extracción del historial similares
- DB42: Base de datos de resultados de extracción del historial similares
- D43: Datos de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable
- DB43: Base de datos de resultados del cálculo de la precisión del modelo de energía renovable
- D44: Datos de resultados de selección de modelo de energía renovable
- 30 DB44: Base de datos de resultados de selección de modelo de energía renovable
- D45: Datos de resultado de predicción de la potencia de salida de energía renovable
- DB45: Base de datos de resultados de predicción de la potencia de salida de energía renovable
- D50: Datos de programas
- DB50: Base de datos de programas
- 35 D26: Datos del estado del sistema
- DB26: Base de datos del estado del sistema
- D27: Datos del modelo del sistema

DB27: Base de datos del modelo del sistema

D46: Datos de resultados de predicción del estado del sistema

DB46: Base de datos de resultados de predicción del estado del sistema

D47: Datos de resultados de la determinación del objetivo de control

5 DB47: Base de datos de resultados de la determinación del objetivo de control

D51: Datos de programas de estabilización del sistema

DB51: Base de datos de programas de estabilización del sistema

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (10) de predicción de la cantidad de generación de energía para predecir una cantidad de generación de energía en una central eléctrica que realiza generación de energía mediante el uso de energía renovable, el aparato de predicción de la cantidad de generación de energía comprende:

5 una unidad de generación de modelo que está configurada para generar una pluralidad de modelos matemáticos de la cantidad de generación de energía de la central eléctrica con respecto a una pluralidad de momentos de generación de modelo basados en un historial meteorológico y un historial de la potencia de salida con respecto a la central eléctrica;

10 una unidad (32) de extracción de datos del historial similares que está configurada para obtener un historial meteorológico similar a los datos (D21) de predicción meteorológica y un historial de la potencia de salida correspondiente como datos del historial similares;

una unidad de cálculo de la precisión del modelo que está configurada para calcular la precisión de cada uno de la pluralidad de modelos matemáticos de la unidad de generación de modelo en un estado meteorológico similar a los datos (D21) de predicción meteorológica;

15 una unidad de selección de modelo que está configurada para seleccionar un modelo matemático a usar para la predicción usando la precisión de cada uno de los modelos; y

una unidad de predicción de la potencia de salida del modelo que está configurada para predecir la cantidad de generación de energía de la central eléctrica usando el modelo matemático seleccionado,

20 en donde la unidad (32) de extracción de datos del historial similares está configurada para extraer el registro del historial meteorológico similar a los datos (D21) de predicción meteorológica, para extraer un registro del historial de la potencia de salida en un momento del registro del historial meteorológico almacenado en una base de datos del historial de la potencia de salida, y obtener así el registro del historial meteorológico y el registro del historial de la potencia de salida en combinación, con el fin de calcular la cantidad de generación de energía con alta precisión incluso cuando una cantidad de los datos del historial de la cantidad de generación de energía del generador es

25 insuficiente o una cantidad de datos del historial meteorológico similares a un resultado de predicción meteorológica es pequeña,

caracterizado porque

30 la unidad de generación de modelo está configurada para obtener el modelo matemático añadiendo una característica y un estado de las instalaciones de la central eléctrica a un modelo matemático primario de la central eléctrica generado en función del historial meteorológico y del historial de la potencia de salida.

2. El aparato (10) de predicción de la cantidad de generación de energía según la reivindicación 1, que comprende un aparato (1000) de estabilización del sistema configurado para estabilizar un sistema (100) de energía eléctrica al producirse una avería, que incluye una central eléctrica que realiza la generación de energía mediante el uso de energía renovable, el aparato de estabilización del sistema que comprende:

35 una unidad (36) de predicción del estado del sistema que está configurada para predecir un estado del sistema (100) de energía eléctrica que incluye la central eléctrica que realiza la generación de energía mediante el uso de energía renovable en términos de una serie temporal;

una unidad (37) de determinación del objetivo de control que está configurada para determinar un objetivo de control para la estabilización del sistema cuando se predice el deterioro en el estado del sistema; y

40 una unidad (38) de comando de control que está configurada para transmitir un comando de control al objetivo de control determinado para hacer que el objetivo de control realice el control.

3. El aparato (10) de predicción de la cantidad de generación de energía según la reivindicación 1, en donde:

45 la unidad de generación de modelo está configurada para generar un modelo matemático de energía renovable usando datos (D22) del historial meteorológico, datos del historial de la potencia de salida de energía renovable, datos de características de energía renovable y datos del estado de las instalaciones de energía renovable,

la unidad (32) de extracción de datos del historial similares está configurada para extraer datos (D22) del historial meteorológico similares a los datos (D21) de predicción meteorológica y los correspondientes datos del historial de la potencia de salida usando los datos (D21) de predicción meteorológica, los datos (D22) del historial meteorológico y los datos del historial de la potencia de salida,

50 la unidad de cálculo de la precisión del modelo está configurada para calcular la precisión del modelo matemático usando el modelo matemático, los datos del historial similares y los datos de resultados de selección de modelo matemático,

la unidad de selección de modelo está configurada para seleccionar un modelo matemático a usar para la predicción usando la precisión de cada modelo matemático, y

la unidad de predicción de la potencia de salida del modelo está configurada para predecir la potencia de salida de energía renovable usando el modelo matemático seleccionado.

- 5 4. El aparato (10) de predicción de la cantidad de generación de energía según la reivindicación 3, en donde la unidad de generación de modelo está configurada para añadir los datos de características y los datos del estado de las instalaciones de la misma energía renovable al modelo matemático generado en función de los datos (D22) del historial meteorológico y los datos del historial de la potencia de salida.
- 10 5. El apartado (10) de predicción de la cantidad de generación de energía según la reivindicación 3, en donde la unidad de cálculo de la precisión del modelo está configurada para calcular la precisión del modelo matemático en función de los datos del historial de la potencia de salida obtenidos introduciendo los datos (D22) del historial meteorológico incluidos en los datos del historial similares al modelo matemático generado mediante la unidad de generación de modelo, y calcular la precisión del modelo matemático incluido en los datos del resultado de la selección de modelo matemático de la potencia de salida de energía renovable en función de los datos del historial de la potencia de salida obtenidos introduciendo los datos (D22) del historial meteorológico incluidos en los datos del historial similares a uno o más modelos matemáticos incluidos en los datos del resultado de la selección de modelo matemático y los datos del historial de la potencia de salida incluidos en los datos del historial similares.
- 15 6. El aparato (10) de predicción de la cantidad de generación de energía según la reivindicación 3, en donde la unidad de selección de modelo está configurada para seleccionar el modelo matemático de la potencia de salida de energía renovable que tiene la más alta precisión haciendo la comparación de la precisión del modelo matemático de la potencia de salida de energía renovable generada mediante la unidad de generación de modelo matemático y uno o más de los modelos matemáticos incluidos en los datos del resultado de la selección de modelo matemático.
- 20 7. El aparato (10) de predicción de la cantidad de generación de energía según la reivindicación 3, en donde la unidad de predicción de la potencia de salida del modelo está configurada para predecir la potencia de salida de energía renovable introduciendo los datos (D21) de predicción meteorológica al modelo matemático seleccionado mediante la unidad de selección de modelo.
- 25 8. Un método de predicción de la cantidad de generación de energía para predecir una cantidad de generación de energía en una central eléctrica que realiza la generación de energía mediante el uso de energía renovable, la cantidad de generación de energía de la central eléctrica se predice mediante:
30 generar una pluralidad de modelos matemáticos de la cantidad de generación de energía de la central eléctrica con respecto a una pluralidad de momentos de generación de modelo en función de un historial meteorológico y un historial de la potencia de salida con respecto a la central eléctrica; y
seleccionar un modelo matemático a usar para la predicción a partir de una pluralidad de modelos matemáticos calculando la precisión de cada uno de los modelos matemáticos en estados meteorológicos similares a los datos
35 (D21) de predicción meteorológica,
en donde un historial meteorológico similar a los datos (D21) de predicción meteorológica y un historial de la potencia de salida en un momento del historial meteorológico almacenado en una base de datos del historial de la potencia de salida se obtienen como el historial meteorológico y el historial de la potencia de salida en combinación, con el fin de
40 calcular la cantidad de generación de energía con alta precisión incluso cuando una cantidad de los datos del historial de la cantidad de generación de energía del generador es insuficiente o una cantidad de datos del historial meteorológico similar a un resultado de predicción meteorológica es pequeña,
caracterizado porque
el modelo matemático se obtiene añadiendo una característica y un estado de las instalaciones de la central eléctrica a un modelo matemático primario de la cantidad de generación de energía de la central eléctrica generada en función
45 del historial meteorológico y del historial de la potencia de salida.
- 50 9. El método de predicción de la cantidad de generación de energía según la reivindicación 8, que incluye, al producirse una avería, una central eléctrica que realiza la generación de energía mediante el uso de energía renovable, usando el método de predicción de la cantidad de generación de energía según la reivindicación 10, en donde un estado del sistema del sistema (100) de energía eléctrica que incluye la central eléctrica que realiza la generación de energía mediante el uso de energía renovable se predice en términos de series de tiempo, un objetivo de control para la estabilización del sistema se determina cuando se predice el deterioro en el estado del sistema, y se transmite un comando de control al objetivo de control determinado para hacer que el objetivo de control realice el control.

FIG. 1

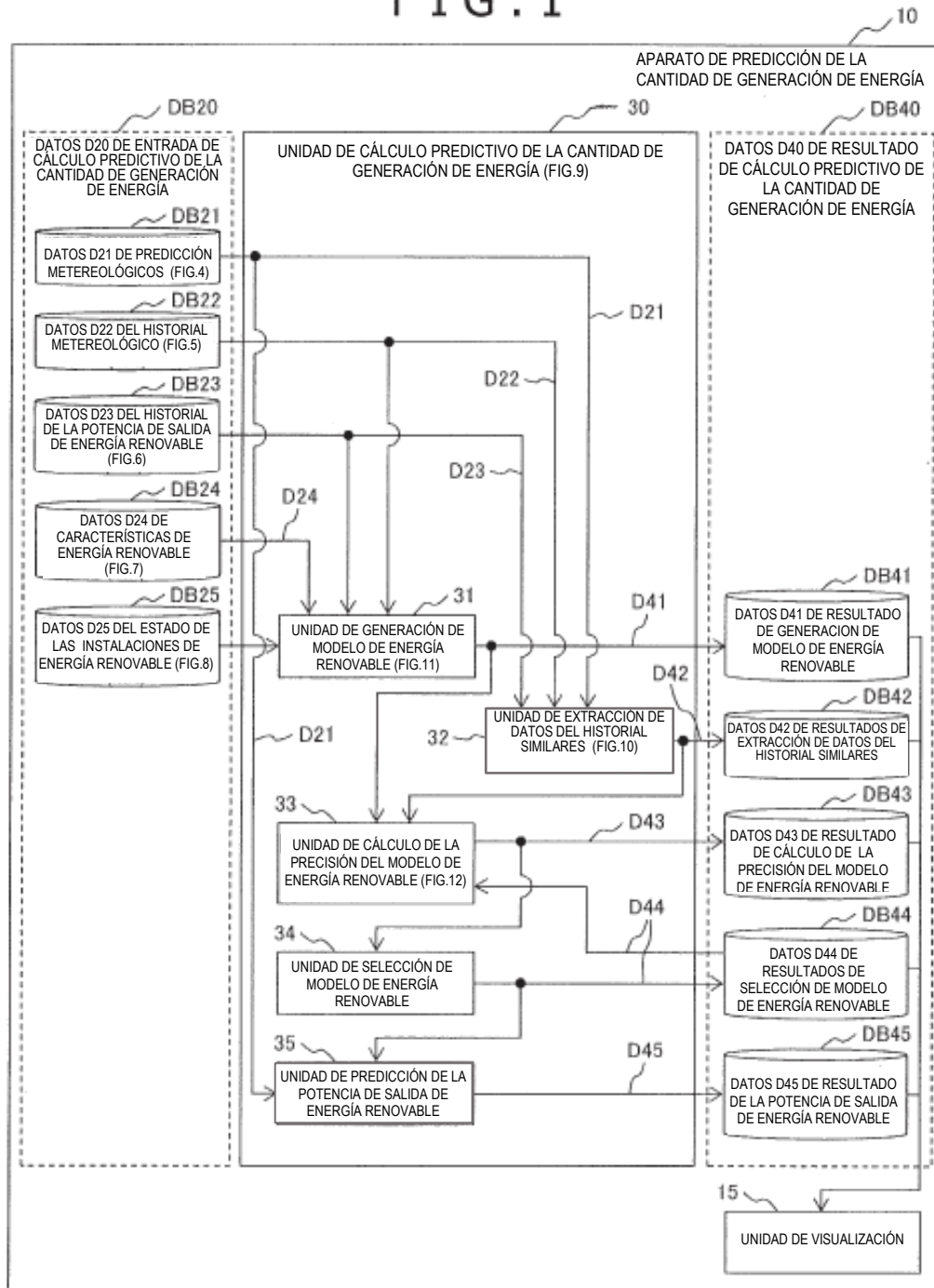


FIG. 2

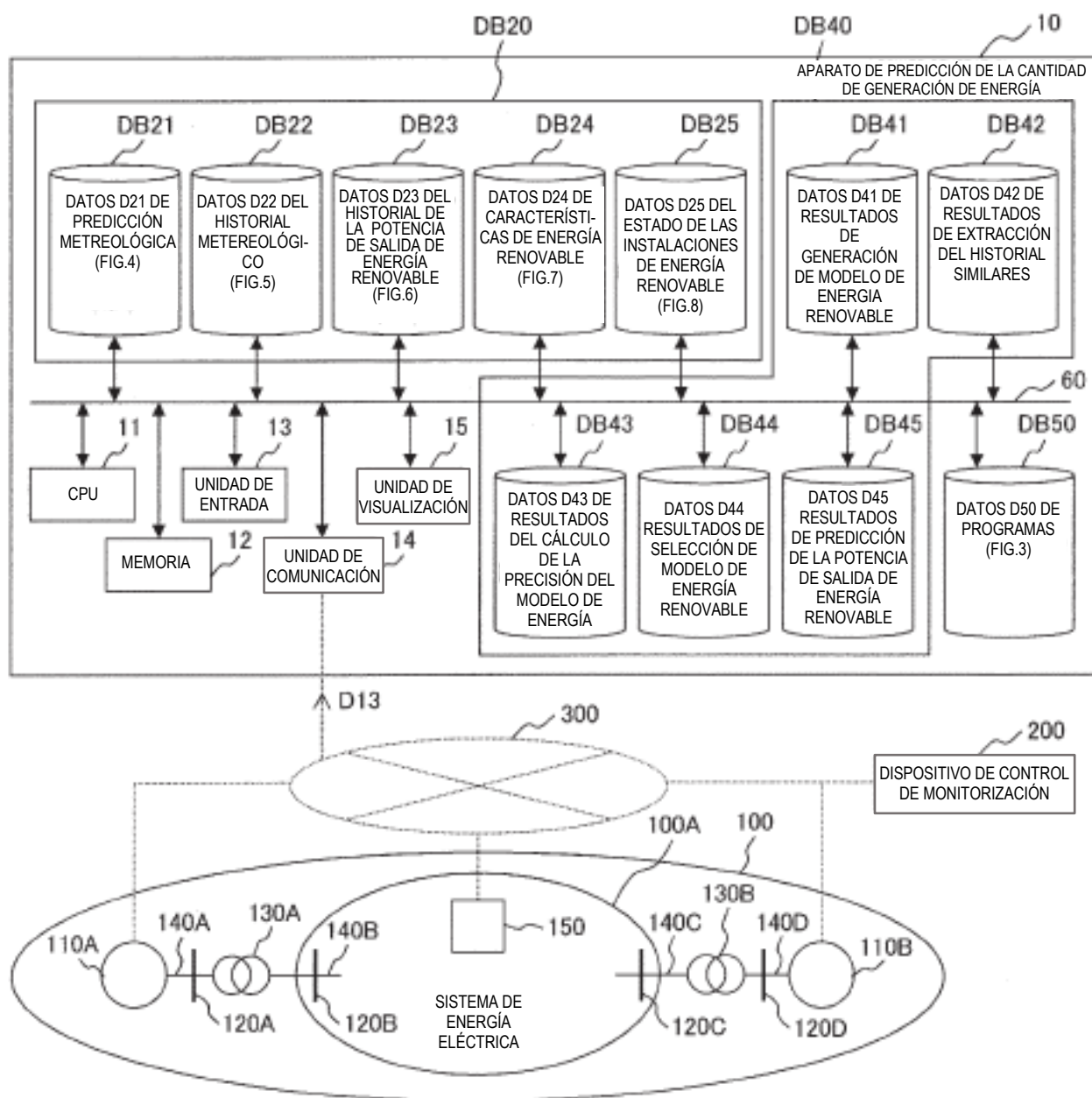


FIG. 3

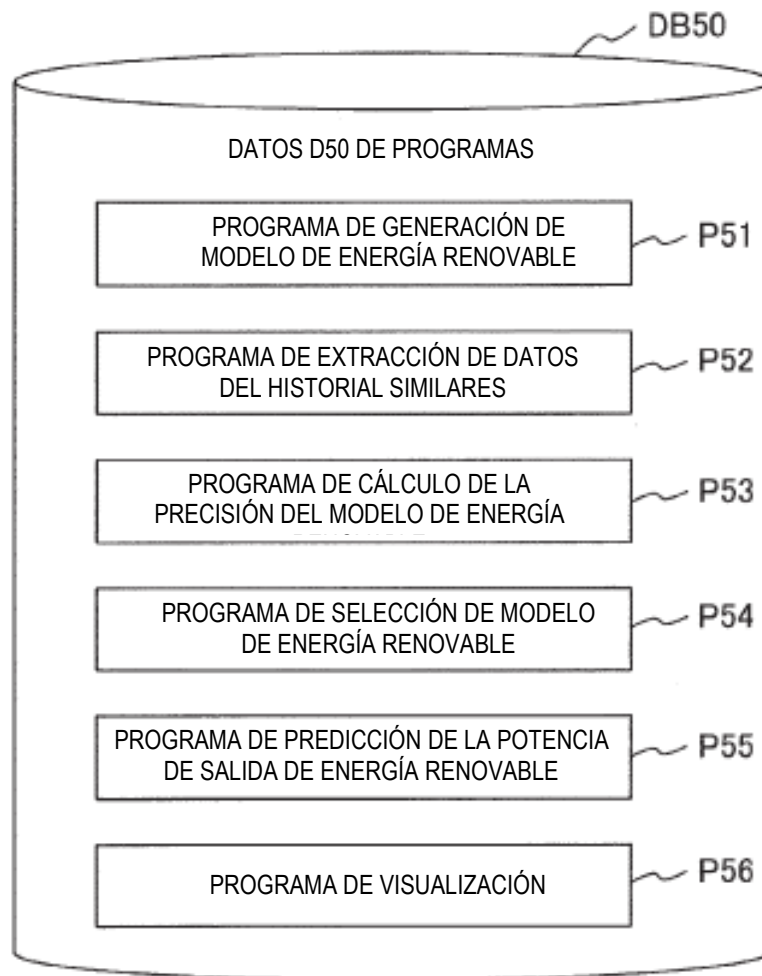


FIG. 4

D210

DB21 (D21)

D211

FECHA: DD/MM/AAAA
PUNTO: A

D212 D213 D214 D215

HR:MIN:SEG	DIRECCIÓN DEL VIENTO	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	INSOLACIÓN (kW/m ²)
00:00:00	NW	0.5	0
00:00:10	NW	0.6	0
00:00:20	N	0.7	0
⋮	⋮	⋮	⋮
12:30:10	S	1.1	0.41
12:30:20	SE	1.2	0.42
⋮	⋮	⋮	⋮

PUNTO: B

HR:MIN:SEG	DIRECCIÓN DEL VIENTO	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	INSOLACIÓN (kW/m ²)
00:00:00	W	0.3	0
00:00:10	W	0.3	0
00:00:20	NW	0.3	0
⋮	⋮	⋮	⋮
12:30:10	SE	0.2	0.41
12:30:20	SE	0.1	0.11
⋮	⋮	⋮	⋮

FIG. 5

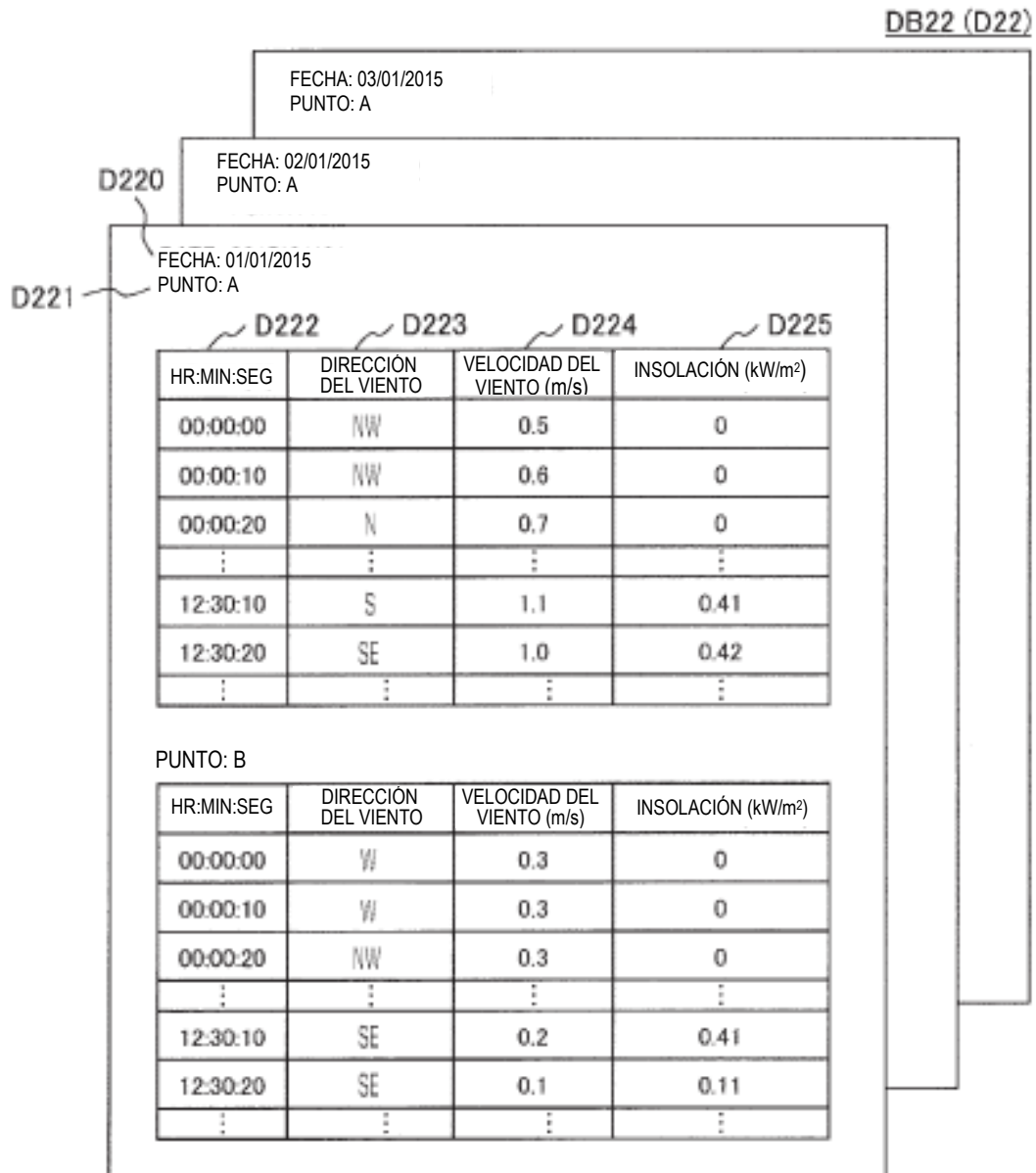


FIG. 6

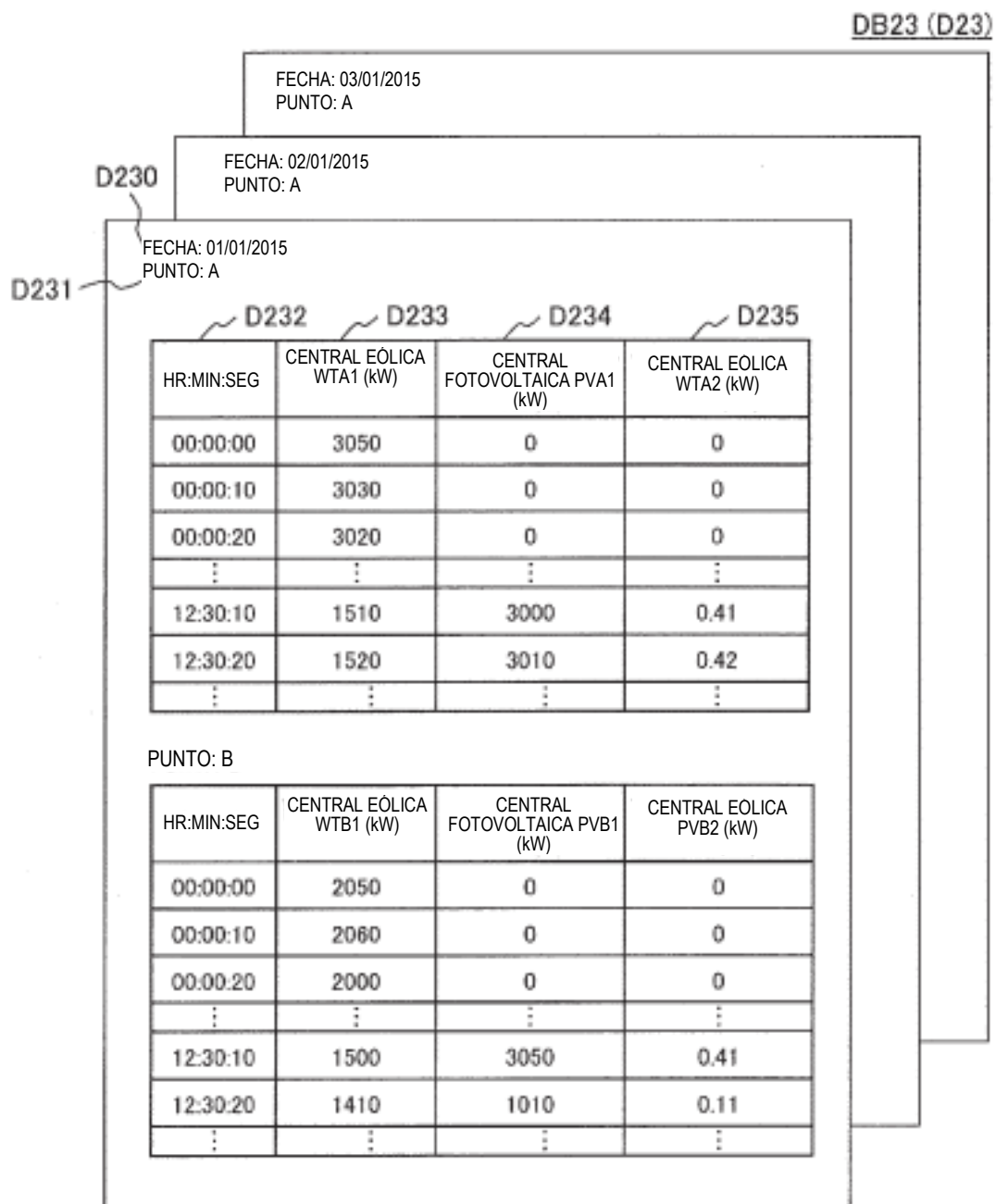


FIG. 7

DB24 (D24)

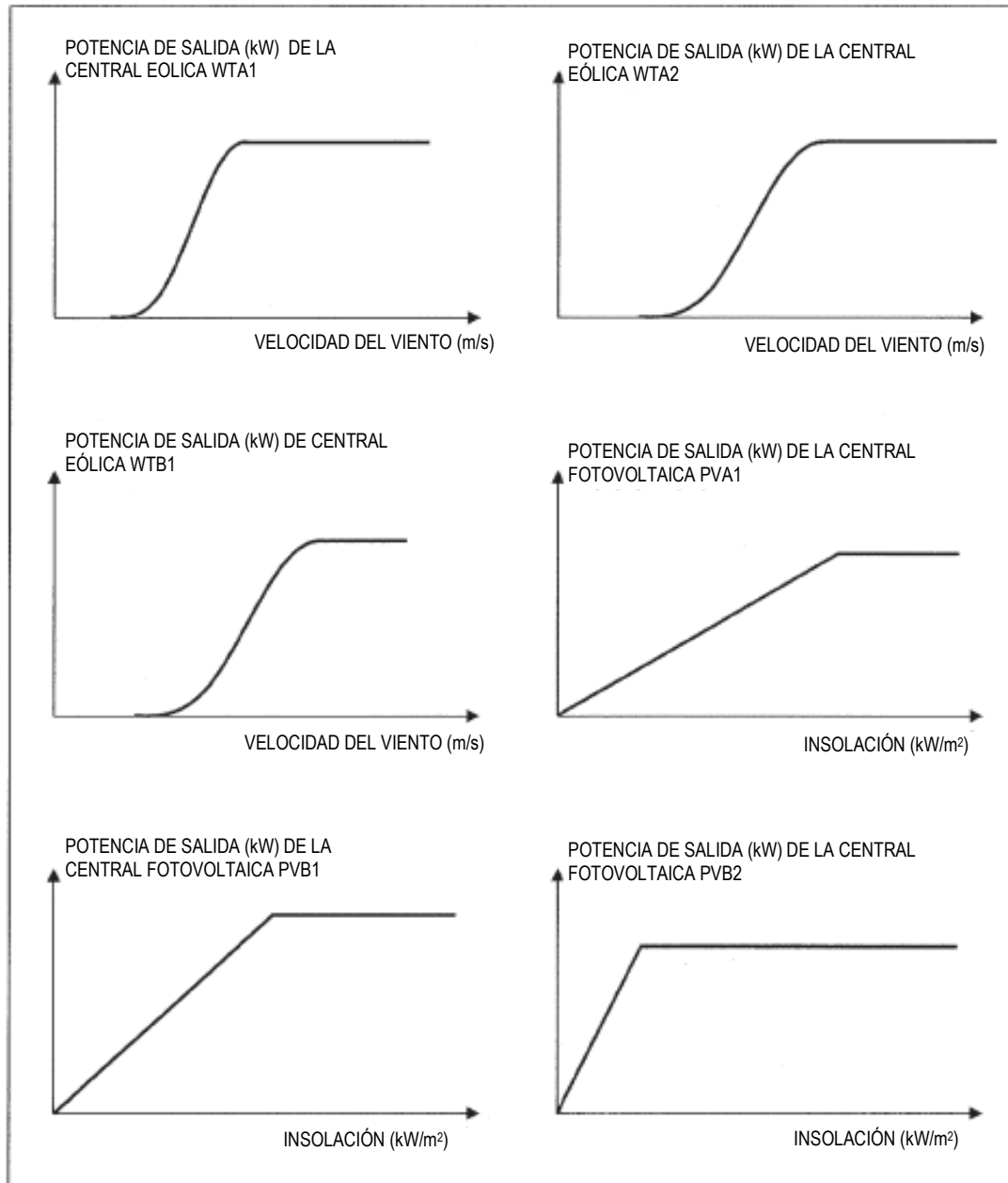


FIG. 8

DB25 (D25)

	CENTRAL EÓLICA WTA1	CENTRAL FOTOVOLTAICA PVA1	CENTRAL EÓLICA WTA2	CENTRAL EÓLICA WTB1	CENTRAL FOTOVOLTAICA PVB1	CENTRAL FOTOVOLTAICA PVB2
PUNTO	A	A	A	B	B	B
DIRECCIÓN DE INSTALACIÓN	E	S	E	W	S	S
FORMA DEL TERRENO	MONTAÑA	TERRENO PLANO	MONTAÑA	TERRENO PLANO	TERRENO PLANO	MONTAÑA
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

FIG. 9

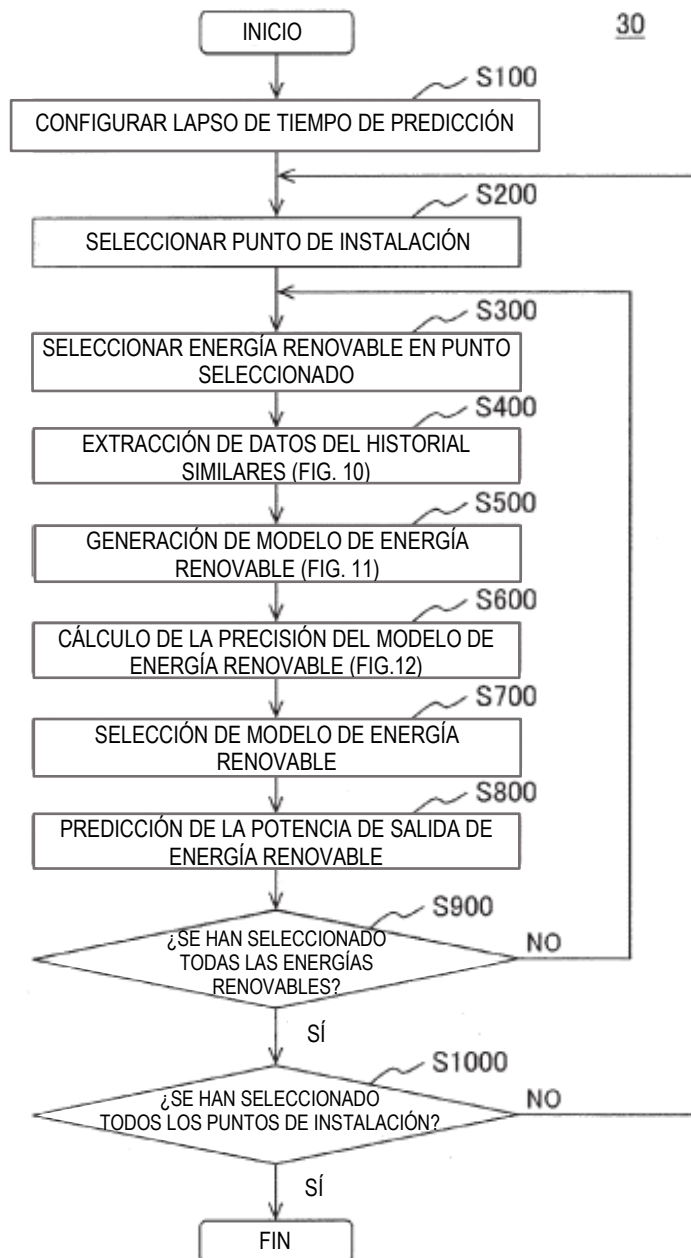


FIG. 10

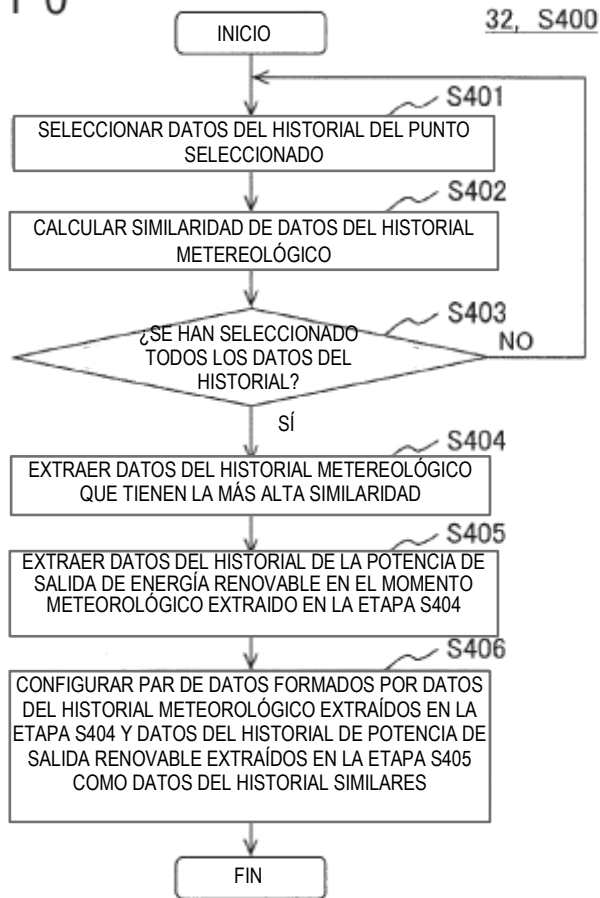


FIG. 11

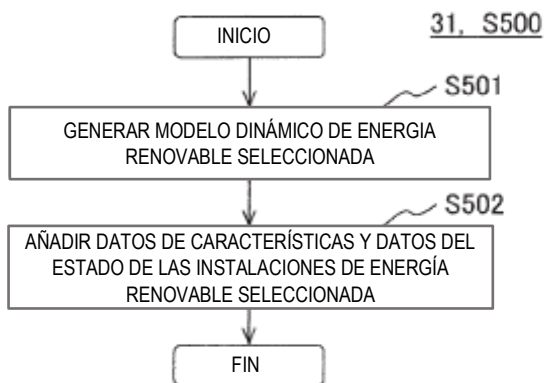


FIG. 12

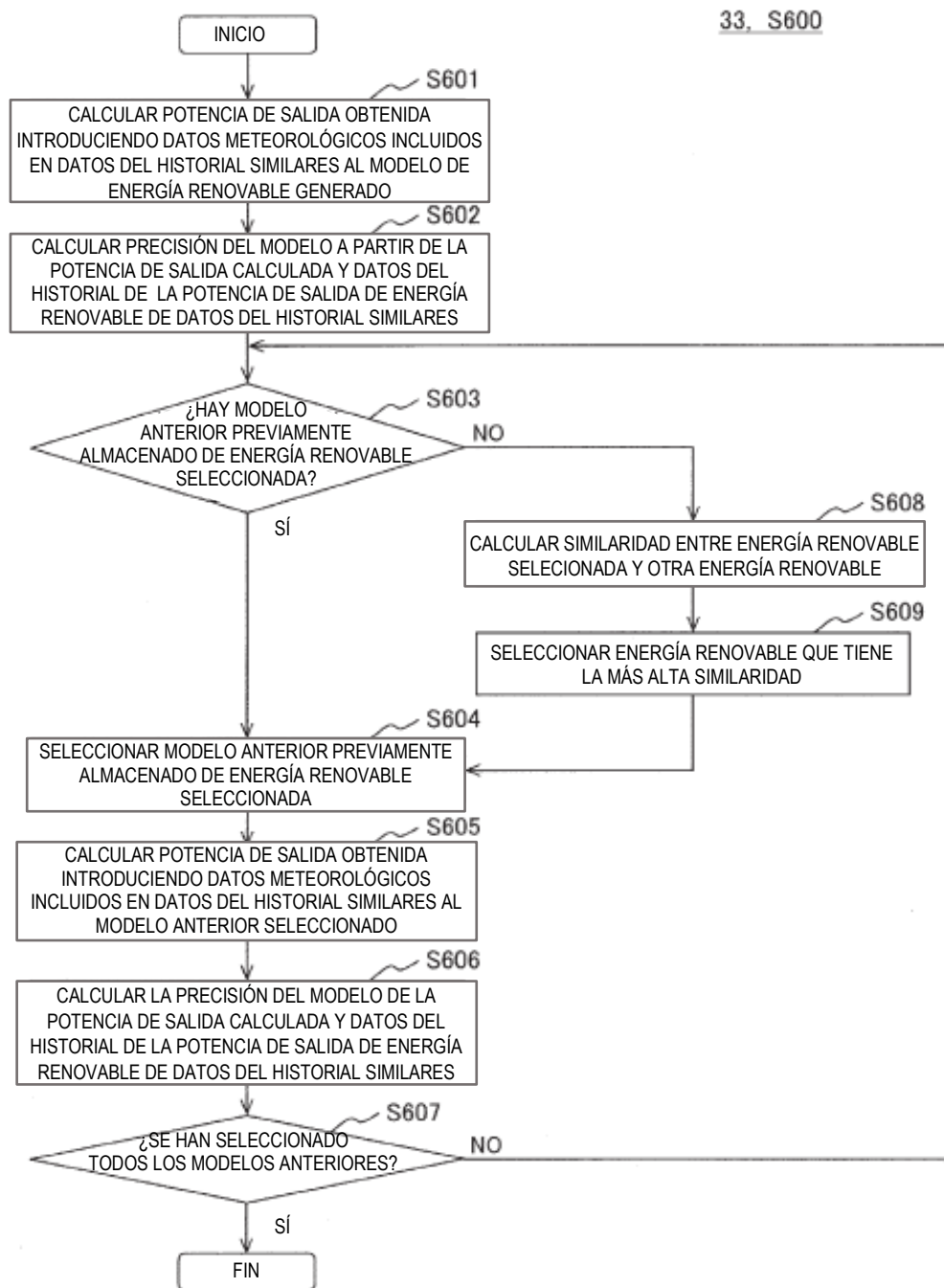


FIG. 13

DB41 (D41)

	CENTRAL EÓLICA WTA1	CENTRAL FOTOVOLTAICA PVA1	CENTRAL EÓLICA WTA2	CENTRAL EÓLICA WTB1	...
k-1	$y(j)=G^{WTA1}_{k-1}(q)u(j) + H^{WTA1}_{k-1}(q)w(j)$ CARACTERÍSTICAS: WTA1 ESTADO DE LA INSTALACIÓN: WTA1	$y(j)=G^{PVA1}_{k-1}(q)u(j) + H^{PVA1}_{k-1}(q)w(j)$ CARACTERÍSTICAS: PVA1 ESTADO DE LA INSTALACIÓN: PVA1	$y(j)=G^{WTA2}_{k-1}(q)u(j) + H^{WTA2}_{k-1}(q)w(j)$ CARACTERÍSTICA: WTA2 ESTADO DE LA INSTALACIÓN: WTA2	$y(j)=G^{WTB1}_{k-1}(q)u(j) + H^{WTB1}_{k-1}(q)w(j)$ CARACTERÍSTICAS: WTB1 ESTADO DE LA INSTALACIÓN: WTB1	...
k-2	$y(j)=G^{WTA1}_{k-2}(q)u(j) + H^{WTA1}_{k-2}(q)w(j)$ CARACTERÍSTICAS: WTA1 ESTADO DE LA INSTALACIÓN: WTA1	$y(j)=G^{PVA1}_{k-2}(q)u(j) + H^{PVA1}_{k-2}(q)w(j)$ CARACTERÍSTICAS: PVA1 ESTADO DE LA INSTALACIÓN: PVA1	$y(j)=G^{WTA2}_{k-2}(q)u(j) + H^{WTA2}_{k-2}(q)w(j)$ CARACTERÍSTICAS: WTA2 ESTADO DE LA INSTALACIÓN: WTA2	$y(j)=G^{WTB1}_{k-2}(q)u(j) + H^{WTB1}_{k-2}(q)w(j)$ CARACTERÍSTICAS: WTB1 ESTADO DE LA INSTALACIÓN: WTB1	...
k-3	$y(j)=G^{WTA1}_{k-3}(q)u(j) + H^{WTA1}_{k-3}(q)w(j)$ CARACTERÍSTICAS: WTA1 ESTADO DE LA INSTALACIÓN: WTA1	$y(j)=G^{PVA1}_{k-3}(q)u(j) + H^{PVA1}_{k-3}(q)w(j)$ CARACTERÍSTICAS: PVA1 ESTADO DE LA INSTALACIÓN: PVA1	$y(j)=G^{WTA2}_{k-3}(q)u(j) + H^{WTA2}_{k-3}(q)w(j)$ CARACTERÍSTICAS: WTA2 ESTADO DE LA INSTALACIÓN: WTA2	$y(j)=G^{WTB1}_{k-3}(q)u(j) + H^{WTB1}_{k-3}(q)w(j)$ CARACTERÍSTICAS: WTB1 ESTADO DE LA INSTALACIÓN: WTB1	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

FIG. 14

DB42 (D42)

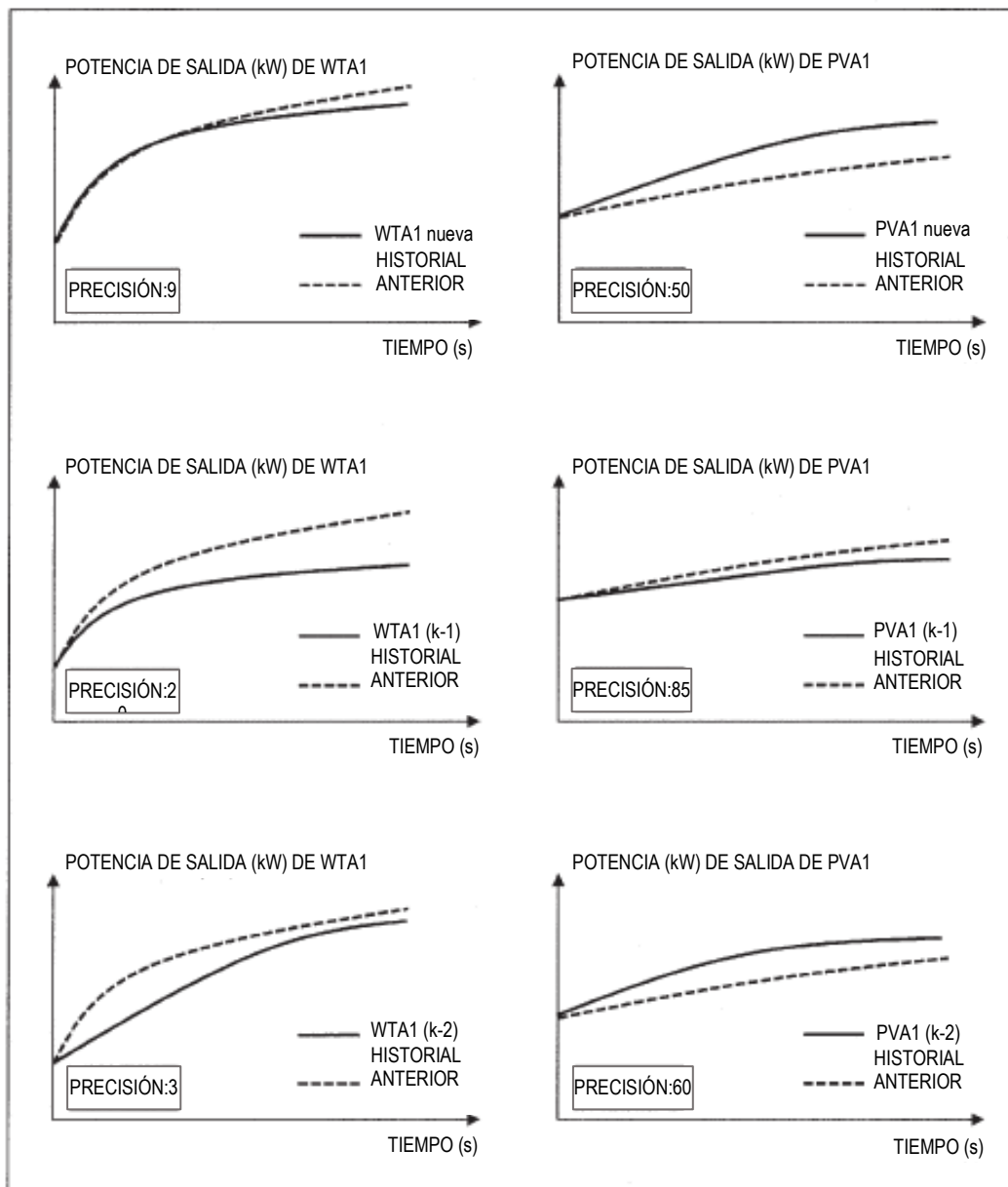


FIG. 15

DB45 (D45)

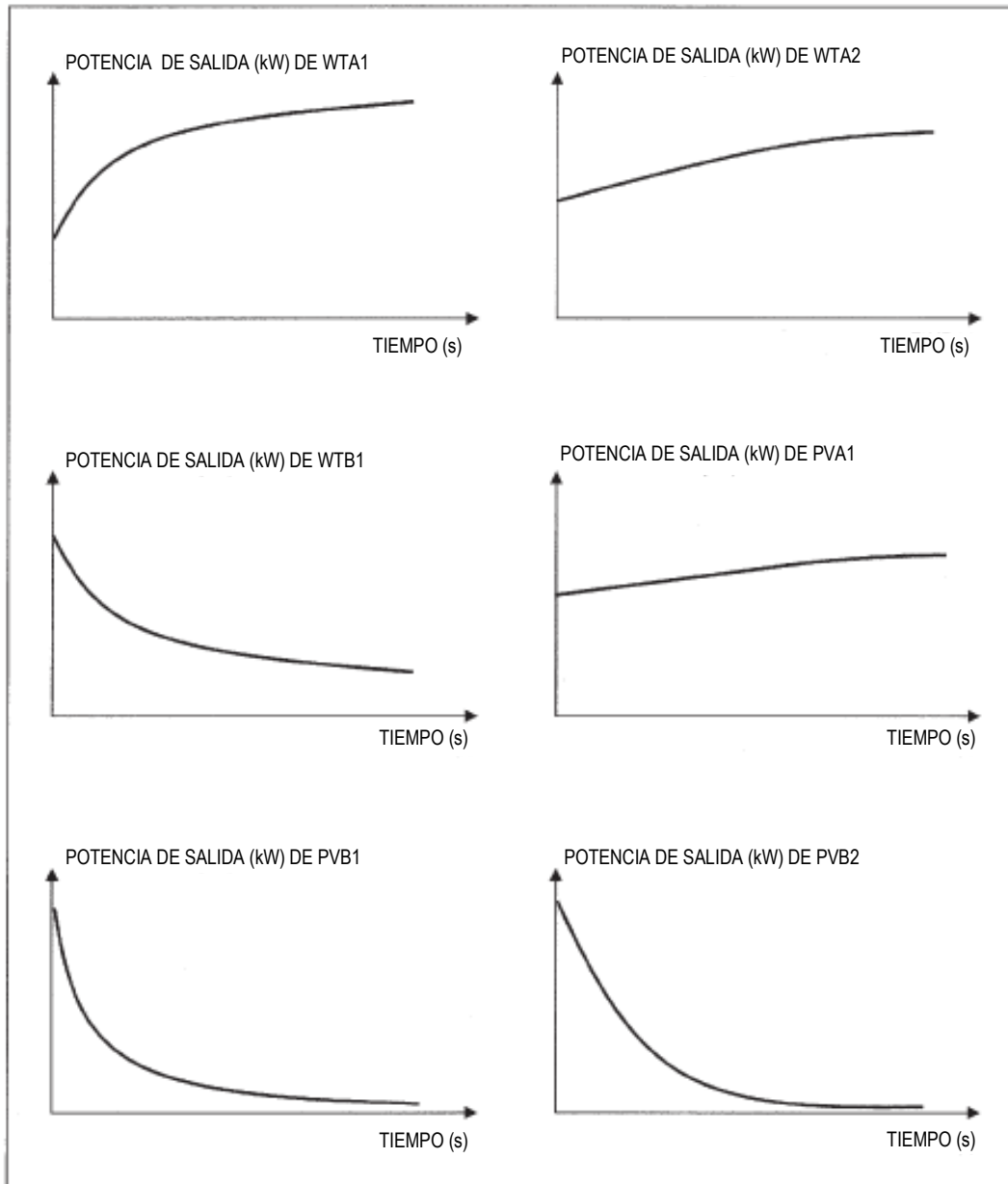


FIG. 16

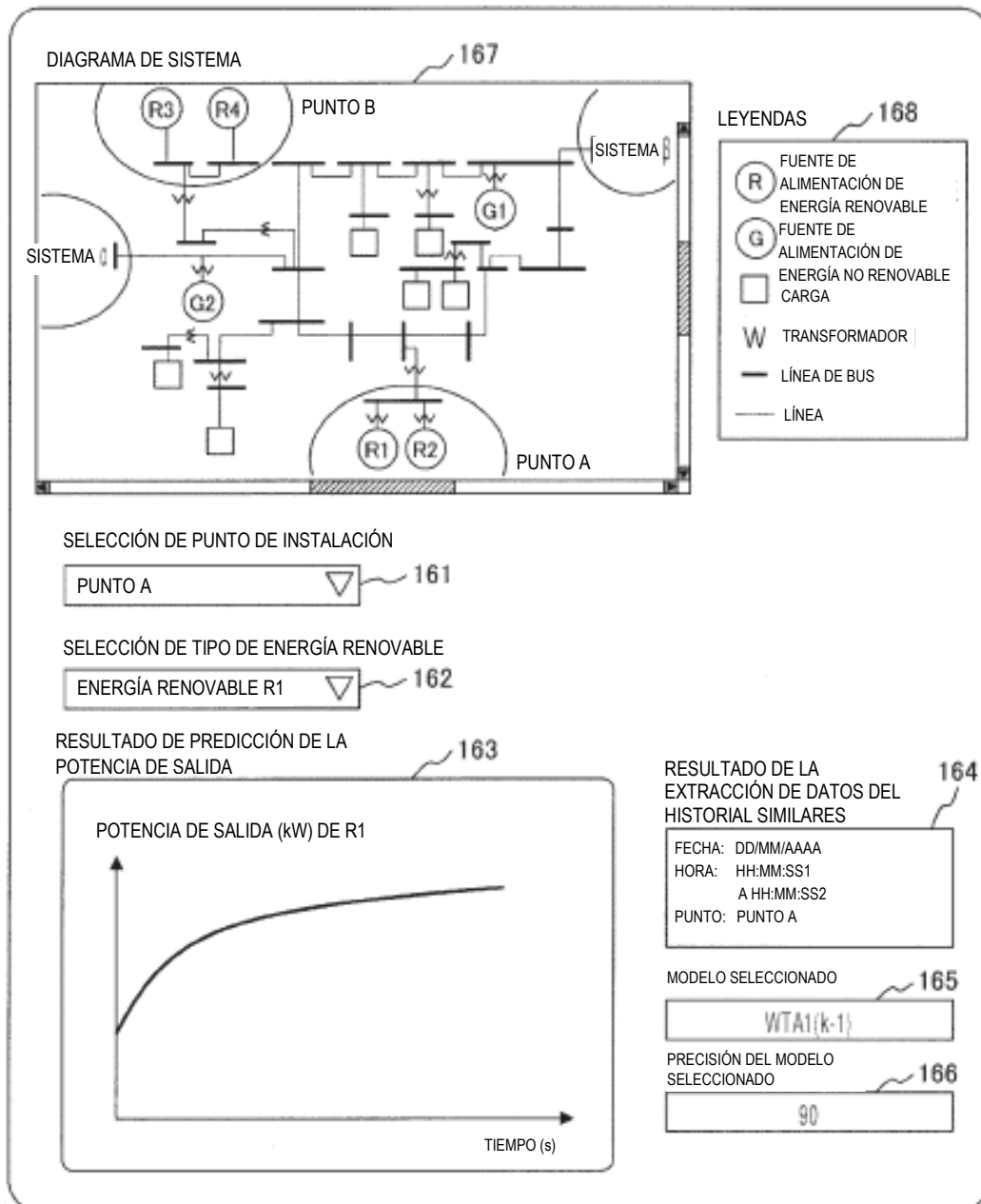


FIG. 17

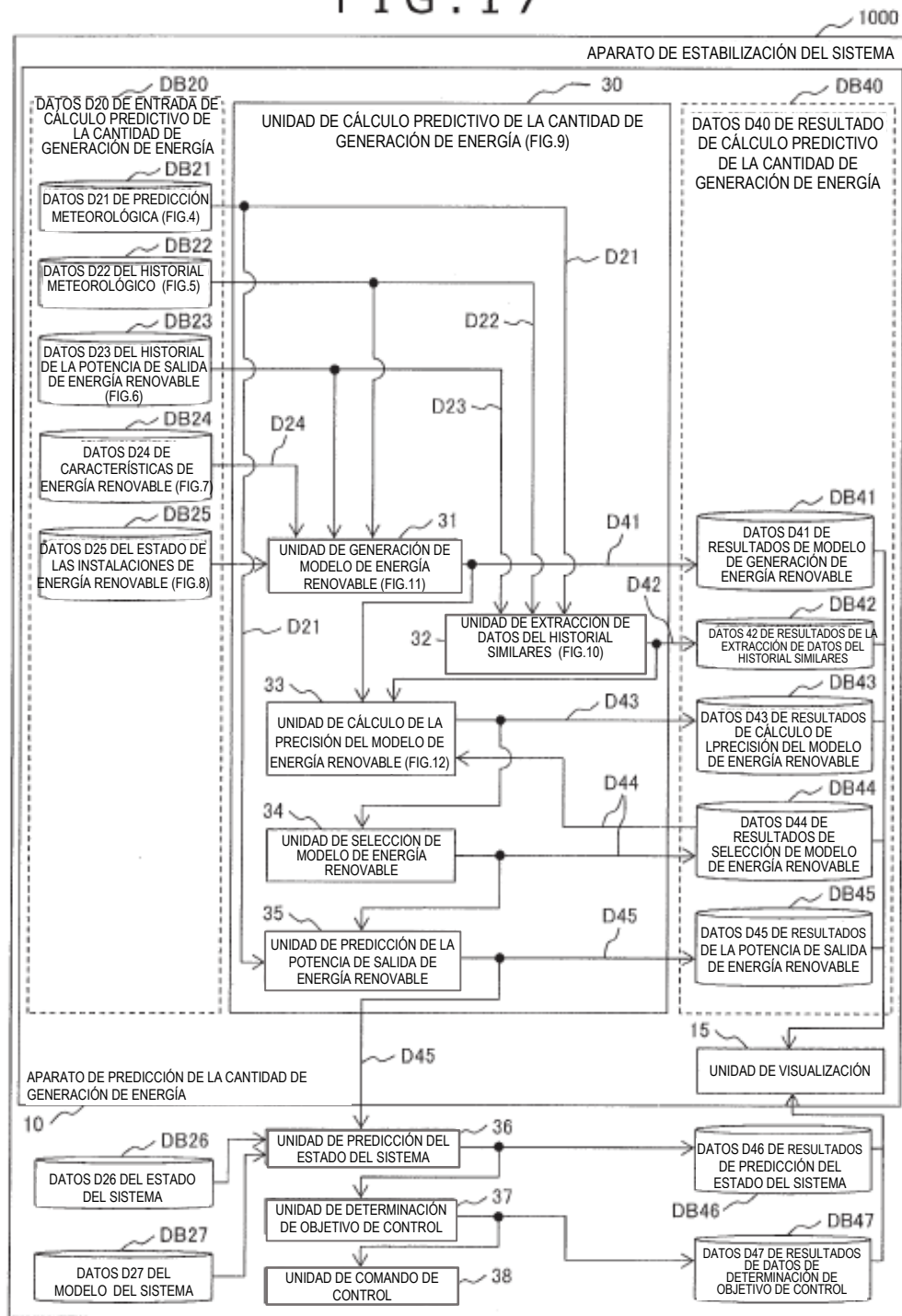


FIG. 18

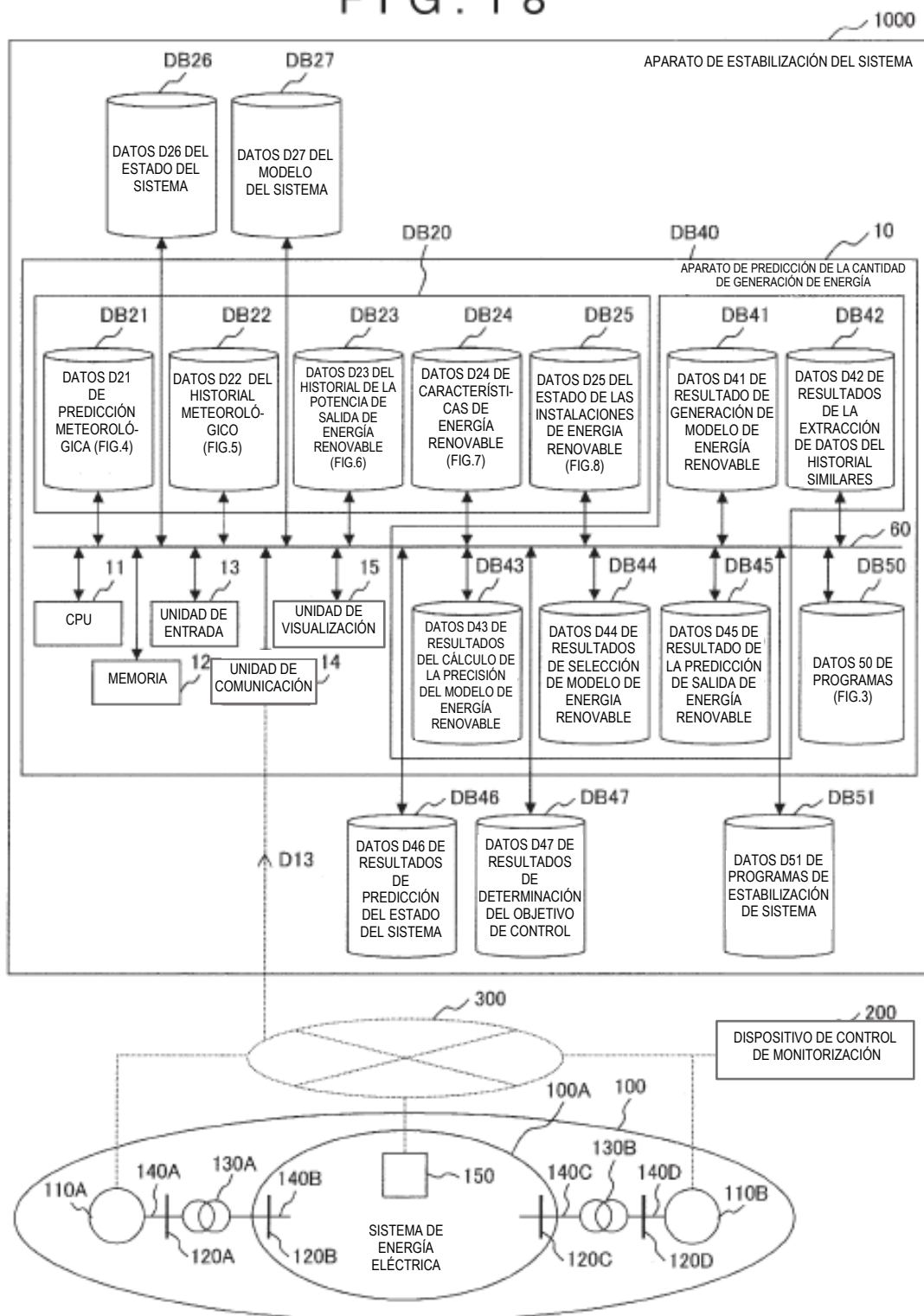


FIG. 19

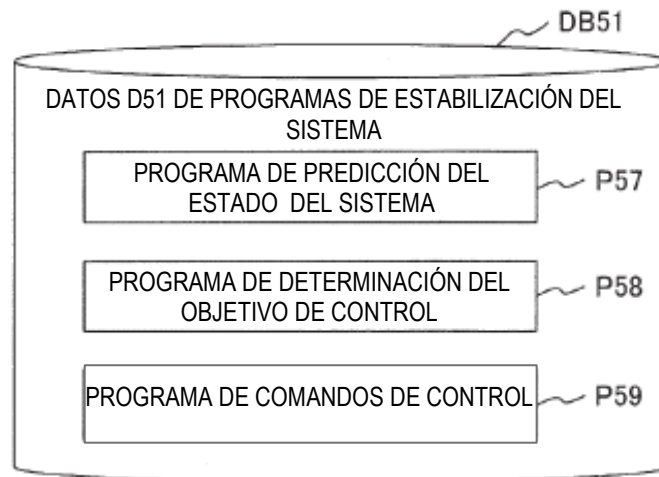


FIG. 20

ÁNGULO DE FASE INTERNA (grados) DEL GENERADOR G1

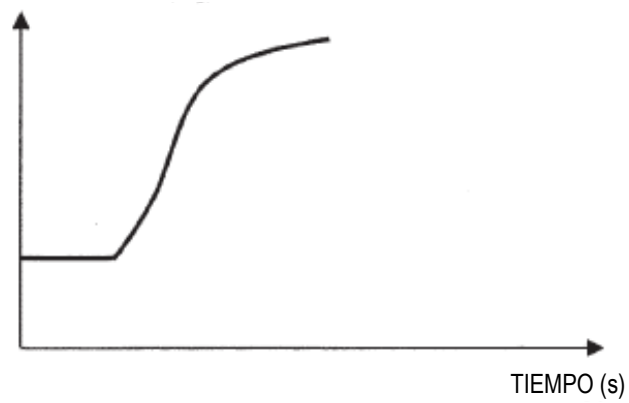


FIG. 21

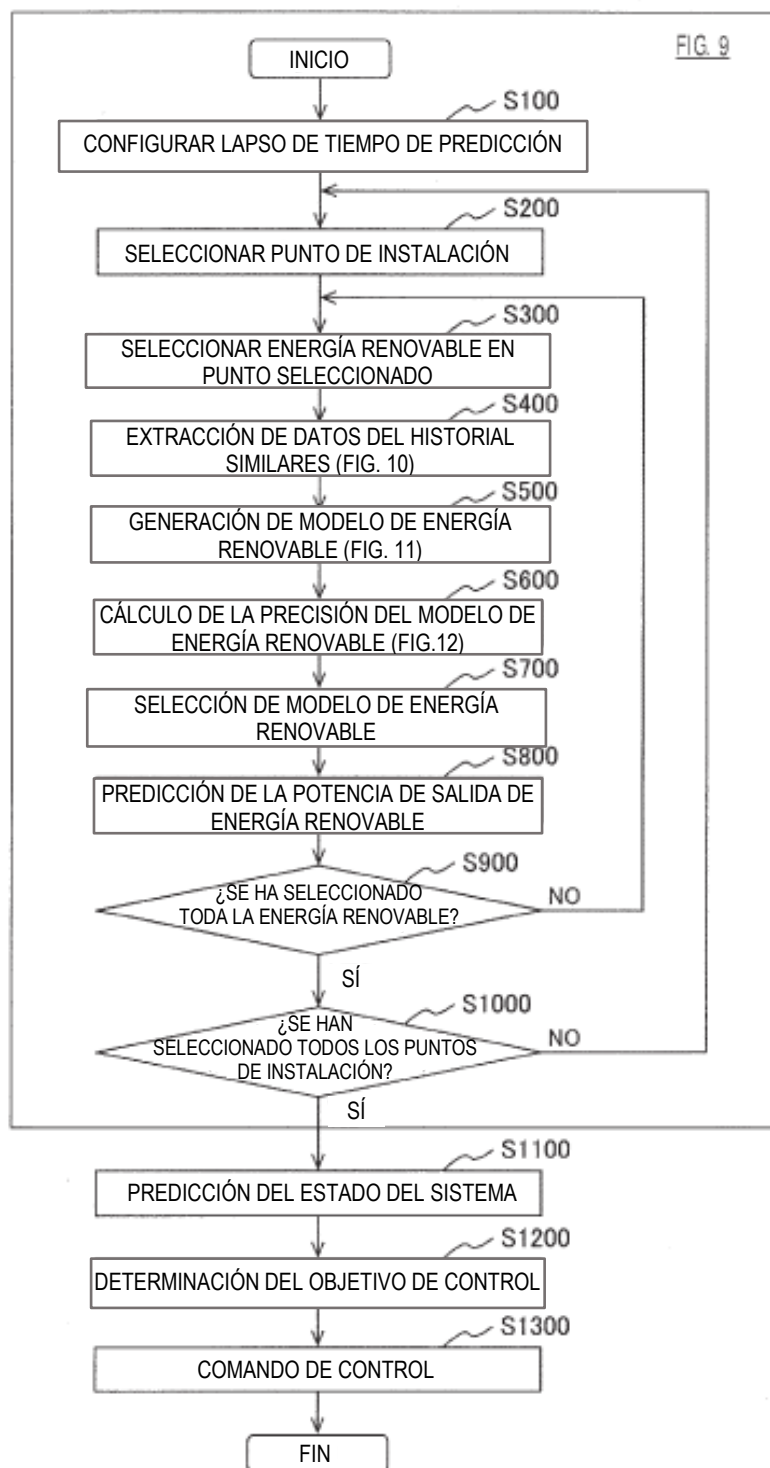


FIG. 22

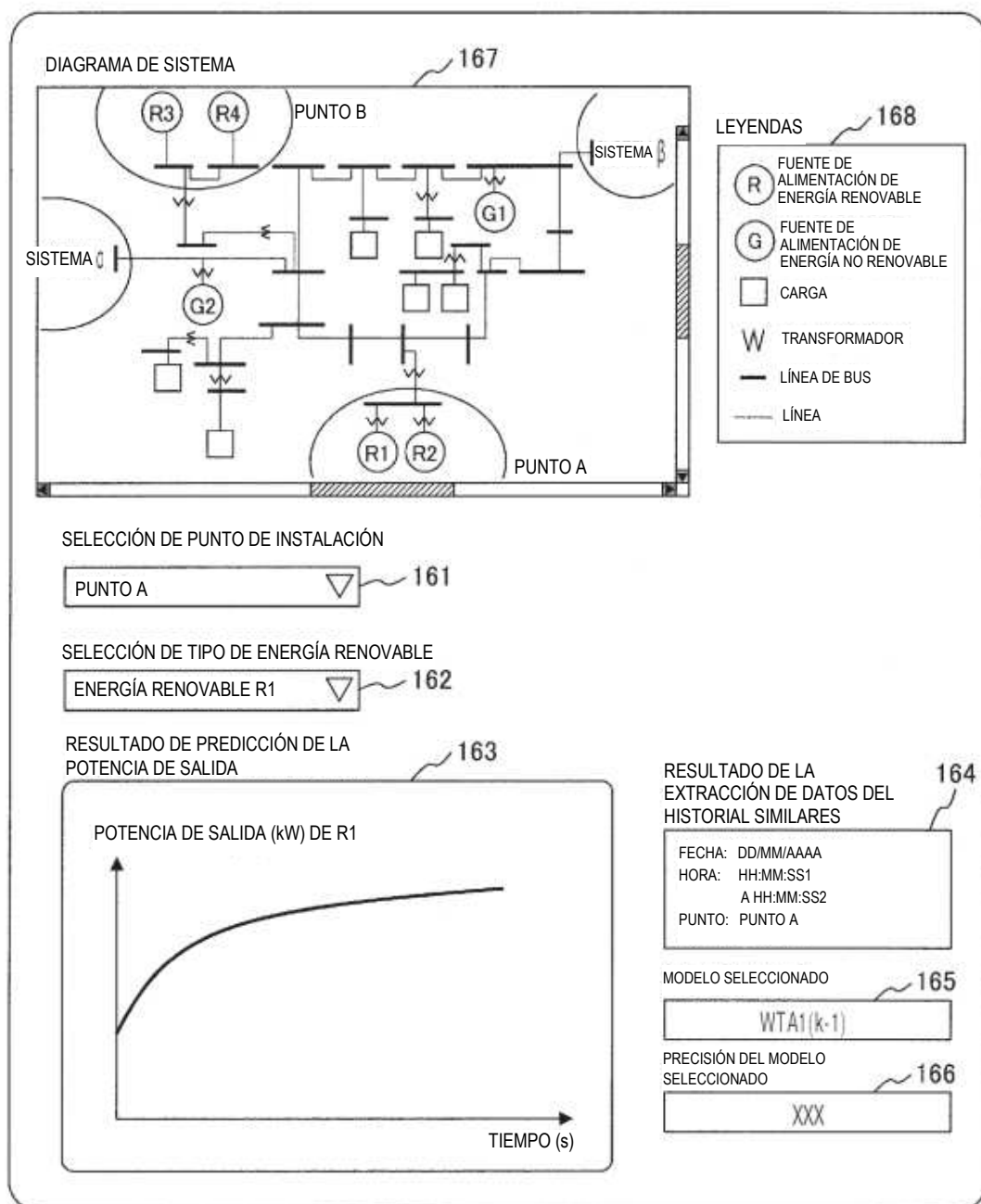


FIG. 23

