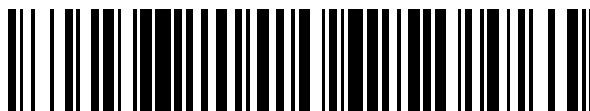


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 829 564**

51 Int. Cl.:

H02J 3/24 (2006.01)

G06Q 50/06 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.11.2017 PCT/EP2017/080702**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.06.2018 WO18099921**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2017 E 17823042 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2020 EP 3549225**

54 Título: **Determinación de una característica de una contribución inercial a una red de energía eléctrica**

30 Prioridad:

30.11.2016 GB 201620329

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

01.06.2021

73 Titular/es:

**REACTIVE TECHNOLOGIES LIMITED (100.0%)
9400 Garsington Road Oxford Business Park
Oxford, Oxfordshire OX4 2HN, GB**

72 Inventor/es:

**VENTOLA, MIKA;
ALAKONTIOLA, JUKKA;
BORRETT, MARC;
PAJU, VILLE y
PELTOLA, TIMO**

74 Agente/Representante:

VIDAL GONZÁLEZ, Maria Ester

ES 2 829 564 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

Determinación de una característica de una contribución inercial a una red de energía eléctrica

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a métodos y sistemas para determinar una característica de una contribución inercial a una red de energía eléctrica.

10 Antecedentes

El intercambio de energía eléctrica entre proveedores y consumidores se realiza a través de una red de energía eléctrica. En una red de energía eléctrica de este tipo, la energía eléctrica se suministra típicamente mediante una combinación de centrales eléctricas de capacidad relativamente grande y fuentes de energía renovable de capacidad relativamente pequeña.

15 Los generadores en las grandes centrales eléctricas, tales como las centrales nucleares o de combustibles fósiles, comprenden típicamente piezas giratorias que tienen una masa relativamente alta que giran a velocidades relativamente altas y, por consiguiente, se denominan generación giratoria. En el curso de su funcionamiento normal, los generadores giratorios almacenan cantidades relativamente grandes de energía cinética y contribuyen con la inercia a la red de energía eléctrica. Las fuentes de energía renovable más pequeñas, tales como las turbinas eólicas y los generadores de energía solar, almacenan una cantidad mucho menor de energía, o incluso ninguna, y contribuyen con poca o ninguna inercia a la red de energía eléctrica.

20 De manera similar, las máquinas rotativas en, por ejemplo, las fábricas consumen energía eléctrica y almacenan energía cinética que contribuyen a la inercia total en la red de energía eléctrica.

La contribución relativa al suministro total de energía por los generadores de contribución y sin contribución inercial se conoce como mezcla de producción. Los datos de la mezcla de producción pueden, por ejemplo, indicar las proporciones relativas de energía proporcionada por las instalaciones de generación de carbón, nuclear y gas frente a la energía proporcionada por las instalaciones de producción de energía eólica y solar. La información sobre la mezcla de producción actual y las mezclas de producción futuras probables es valiosa para los operadores de sistemas, operadores de redes y comerciantes del mercado energético, ya que proporciona una indicación de la estabilidad de la red de energía eléctrica y el nivel de producción anticipado de la producción de energía eléctrica, lo que podría indicar un suministro insuficiente o excesivo en el mercado energético. La inercia total de la red se puede calcular, por ejemplo, sumando los valores de la constante de inercia y la potencia nominal de cada generador activo.

30 Los datos de la mezcla de producción basados en datos de producción de energía anteriores se publican periódicamente. Los datos de la mezcla de producción pueden basarse, por ejemplo, en valores de la potencia de salida nominal de cada generador de energía en la red de energía eléctrica, así como en el número y ubicación de los generadores de energía que proporcionan energía a la red de energía eléctrica. Sin embargo, estos datos generalmente no están disponibles en tiempo real y, cuando los datos se utilizan para producir pronósticos de la mezcla de producción futura, los pronósticos pueden ser inexactos. Por ejemplo, los datos de la mezcla de producción pueden publicarse 15 minutos, 1 hora o 1 día después de que se haya producido la producción real. Además, un inconveniente de calcular la inercia a partir de los datos de producción conocidos es que el método no proporciona ninguna idea de la contribución de los dispositivos consumidores de energía a la inercia de la red de energía eléctrica.

Es un objeto de la presente invención mitigar al menos algunos de los problemas de la técnica anterior.

50 El documento GB2515358A muestra métodos y aparatos para determinar una característica de respuesta de frecuencia de la red eléctrica, tal como la inercia de la red, dentro de un área síncrona de una red de energía eléctrica.

Resumen

55 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para determinar una característica de una contribución inercial a una red de energía eléctrica, el método que comprende:

determinar un cambio de inercia en la red de energía eléctrica en base a las mediciones de inercia realizadas en un primer período de tiempo; y

60 determinar, por un segundo período de tiempo diferente al primer período de tiempo, una característica de una contribución inercial a la red de energía eléctrica sobre la base del cambio determinado y los datos indicativos de una característica de contribución inercial de una o más instalaciones de producción de energía y/o uno o más dispositivos consumidores de energía en la red de energía eléctrica.

65 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema para determinar una característica de contribución inercial a una red de energía eléctrica, el sistema que comprende:

un medio de medición dispuesto para determinar un cambio de inercia en la red de energía eléctrica en base a las mediciones de inercia realizadas en un primer período de tiempo; y
 un procesador dispuesto para determinar, por un segundo período de tiempo diferente al primer período de tiempo, una característica de una contribución inercial a la red de energía eléctrica sobre la base del cambio determinado y los datos indicativos de una o más características de contribución inercial de una o más instalaciones de producción de energía y/o uno o más dispositivos consumidores de energía en la red eléctrica.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un programa informático que, cuando es ejecutado por un procesador, hace que el procesador:

determine un cambio de inercia en la red de energía eléctrica en base a las mediciones de inercia realizadas en un primer período de tiempo;
 determine, por un segundo período de tiempo diferente al primer período de tiempo, una característica de una contribución inercial a la red de energía eléctrica en base al cambio determinado y los datos indicativos de una o más características de contribución inercial de una o más instalaciones de producción de energía y/o uno o más dispositivos consumidores de energía en la red de energía eléctrica.

Las características y ventajas adicionales de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones de la invención, dada sólo a modo de ejemplo, que se hace con referencia a los dibujos acompañantes.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra una red de energía eléctrica en la que puede implementarse la invención;
 La figura 2 es un diagrama de flujo que muestra un método para determinar una característica de una contribución inercial a una red de energía eléctrica;
 La figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra los procesos de entrenamiento y pronóstico usados para determinar una característica de una contribución inercial a una red de energía eléctrica;
 La figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra los procesos de entrenamiento y pronóstico usados para determinar una característica de una contribución inercial a una red de energía eléctrica;
 La figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra los procesos de entrenamiento y pronóstico usados para determinar una característica de una contribución inercial a una red de energía eléctrica; y
 La figura 6 es un diagrama de flujo que muestra un método para determinar una característica de una contribución inercial a una red de energía eléctrica.

Descripción detallada

Normalmente, una red de energía eléctrica funciona a una frecuencia de red nominal que es uniforme en toda un área sincrónica de la red. Por ejemplo, la red de distribución eléctrica del Reino Unido funciona nominalmente a 50 Hz. Los operadores de red generalmente están obligados a mantener la frecuencia de la red dentro de límites predefinidos, por ejemplo, la red de distribución eléctrica del Reino Unido debe mantenerse dentro del 0,4 % de la frecuencia de red nominal de 50 Hz. Si no se mantiene el equilibrio entre la generación y el consumo de energía eléctrica (por ejemplo, si la cantidad total de generación no puede cubrir el consumo durante los períodos de alta demanda, o si la salida de un generador de energía cambia, quizás debido a una falla en el generador) la cantidad neta de energía almacenada en los generadores de la red puede variar. Esto da como resultado un cambio de la velocidad de rotación de los generadores giratorios y un cambio correspondiente en la frecuencia de funcionamiento de la red. Por lo tanto, los operadores de la red utilizan la frecuencia de funcionamiento del sistema como una medida del equilibrio entre consumo y generación de energía eléctrica en la red.

La inercia de la red es una medida de la cantidad de energía almacenada en la red de energía eléctrica e influye en la velocidad a la que cambia la frecuencia de funcionamiento de la red en respuesta a un cambio en el equilibrio de la red. Las regiones de una red de energía eléctrica sincrónica que tienen una alta proporción de generación de contribución inercial (es decir, giratoria) suelen tener una gran cantidad de energía almacenada como energía cinética rotacional en los generadores (es decir, tienen una alta inercia) y, por lo tanto, tienen una mayor capacidad para mantener la frecuencia de funcionamiento de la red a la frecuencia nominal de la red. Por el contrario, las regiones de una red de energía eléctrica sincrónica que tienen una baja proporción de generación de contribución inercial y un grado relativamente mayor de generación sin contribución inercial (como, por ejemplo, la energía solar) tienen una cantidad relativamente baja de energía almacenada (es decir, tienen baja inercia) y, por lo tanto, tienen menos capacidad para mantener la frecuencia de funcionamiento de la red a la frecuencia de red nominal.

De manera similar, las regiones de la red en las que hay grandes cantidades de carga giratoria (tales como las fábricas que utilizan máquinas rotativas) contribuyen a la inercia total de la red, mientras que las regiones de la red con una cantidad baja de carga giratoria contribuyen poco a la inercia total de la red.

5 En consecuencia, la cantidad de inercia en una red de energía eléctrica puede proporcionar una indicación de la cantidad relativa de generación de contribución inercial y/o consumo en relación con la cantidad de generación y/o consumo que no contribuye a la inercia. Esto puede proporcionar, por ejemplo, una indicación de la contribución
10 relativa a la generación total de energía a partir de fuentes tradicionales de energía (tales como turbinas de vapor alimentadas con combustibles fósiles o nucleares) con respecto a fuentes de energía renovables tales como los generadores de energía solar.

El suministro de electricidad desde proveedores tales como las centrales eléctricas, a los consumidores, tales como los hogares y las empresas, típicamente se realiza a través de una red de energía eléctrica. La Figura 1 muestra una red de energía eléctrica ilustrativa 100, en la que pueden implementarse las realizaciones de la presente invención,
15 que comprende una red de transmisión 102 y una red de distribución 104.

La red de transmisión 102 se conecta a los generadores de energía 106, que pueden ser plantas nucleares o plantas de gas, por ejemplo, desde las cuales se transmiten grandes cantidades de energía eléctrica a tensiones muy altas (típicamente del orden de cientos de kV), sobre líneas eléctricas tales como líneas eléctricas aéreas, a la red de
20 distribución 104.

La red de transmisión 102 se une a la red de distribución 104 a través de un transformador 108, que convierte el suministro eléctrico a una tensión más baja (típicamente del orden de 50 kV) para su distribución en la red de
25 distribución 104.

La red de distribución 104 se conecta a través de las subestaciones 110 que comprenden transformadores adicionales para convertir a tensiones aún más bajas para redes locales que proporcionan energía eléctrica a dispositivos consumidores de energía conectados a la red de energía eléctrica 100. Las redes locales pueden incluir redes de consumidores domésticos, tal como una red de ciudad 112, que suministra energía a electrodomésticos dentro de las
30 residencias privadas 113 que consumen una cantidad relativamente pequeña de energía del orden de unos pocos kW. Las residencias privadas 113 también pueden usar los dispositivos fotovoltaicos 117 para proporcionar cantidades relativamente pequeñas de energía para el consumo, ya sea por electrodomésticos en la residencia o para suministrar energía a la red de energía eléctrica 100. Las redes locales también pueden incluir instalaciones industriales, tal como una fábrica 114, en la que los aparatos eléctricos más grandes que operan en las instalaciones industriales consumen
35 grandes cantidades de energía del orden de varios kW a MW. Las redes locales también pueden incluir redes de generadores de energía más pequeños, tales como los parques eólicos 116 que proporcionan energía a la red de energía eléctrica 100.

Aunque, para ser concisos, en la Figura 1 solo se muestra una red de transmisión 102 y una red de distribución 104, en la práctica una red de transmisión típica 102 suministra energía a múltiples redes de distribución 104 y una red de
40 transmisión 102 también puede interconectarse a una o más de otras redes de transmisión 102.

La energía eléctrica fluye en la red de energía eléctrica 100 como corriente alterna (CA), que fluye a una frecuencia del sistema, que puede denominarse como una frecuencia de la red (típicamente 50 o 60 Hz, en dependencia del país). La red de energía eléctrica 100 opera a una frecuencia sincronizada de modo que la frecuencia es
45 sustancialmente la misma en cada punto de la red.

La red de energía eléctrica 100 puede incluir una o más interconexiones de corriente continua (CC) 119 que proporcionan una conexión de CC entre la red de energía eléctrica 100 y otras redes de energía eléctrica. Típicamente, las interconexiones de CC 119 se conectan a la red de transmisión de alta tensión 102 de la red de energía eléctrica 100. Las interconexiones de CC 119 proporcionan un enlace de CC entre las diversas redes de energía eléctrica, de modo que la red de energía eléctrica 100 define un área que opera a una frecuencia de la red dada, sincronizada, que no se ve afectada por los cambios en la frecuencia de la red de otras redes de energía eléctrica. Por ejemplo, la red de transmisión del Reino Unido se conecta a la red sincrónica de Europa continental a través de interconexiones de
55 CC.

La red de energía eléctrica 100 también puede incluir uno o más dispositivos para usar en la medición de la inercia en la red de energía eléctrica 100 (denominados en lo sucesivo dispositivos de medición de inercia 118). Los dispositivos de medición de inercia 118 pueden estar ubicados en la red de distribución 104 o en la red de transmisión 102, o en cualquier otra ubicación de la red de energía eléctrica 100. En algunos ejemplos, los dispositivos de medición de inercia 118 pueden estar integrados en dispositivos consumidores de energía que extraen energía eléctrica de la red de transmisión 104. En otros ejemplos, los dispositivos de medición de inercia 118 pueden estar separados de cualquier dispositivo consumidor de energía. Cada dispositivo de medición de inercia 118 puede estar ubicado en una ubicación conocida en la red de energía eléctrica 100. Aunque, en aras de la simplicidad, solo se muestran siete dispositivos de medición de inercia 118 en la Figura 1, se entenderá que, en la práctica, la red de energía eléctrica 100 puede comprender cientos o miles de tales dispositivos.

Un ejemplo de un dispositivo de medición de inercia 118 adecuado para medir la inercia en la red de energía eléctrica 100 se describe en la solicitud de patente mancomunada del solicitante publicada con el número de publicación GB2515358. Sin embargo, se entenderá que las realizaciones de la presente invención pueden utilizar cualquier medio para medir la inercia en la red de energía eléctrica 100.

5 En algunos ejemplos, un centro de medición 120 puede recopilar datos de inercia de uno o más de los dispositivos de medición de inercia 118. El centro de medición 120 junto con uno o más dispositivos de medición de inercia 118 forma un sistema para determinar una característica de contribución inercial a una red de energía eléctrica 100.

10 El centro de medición 120 puede estar ubicado dentro del área geográfica de la red de energía eléctrica 100 como se muestra en la Figura 1, o puede estar ubicado fuera del área geográfica de la red de energía eléctrica 100. El centro de medición 120 puede comprender, por ejemplo, un dispositivo informático dispuesto para procesar y analizar datos de inercia de acuerdo con los métodos descritos a continuación.

15 Los dispositivos de medición de inercia 118 pueden incluir una interfaz de comunicaciones dispuesta para permitir la comunicación con el centro de medición 120 de modo que los datos de inercia medidos por los dispositivos de medición de inercia 118 puedan enviarse al centro de medición 120 para su procesamiento y análisis (indicado por las flechas discontinuas en la Figura 1). De manera similar, el centro de medición 120 puede comprender una interfaz de comunicaciones para recibir tales datos. El centro de medición 120 también puede recuperar datos de producción y/o consumo (indicados por la flecha sólida en la Figura 1) almacenados en una base de datos 122 a través de la interfaz de comunicaciones. El centro de medición 120 puede estar dispuesto para agregar mediciones de inercia de una pluralidad de ubicaciones en la red de energía eléctrica 100 para determinar mediciones granulares de inercia para diferentes regiones de la red de energía eléctrica 100. En algunos ejemplos, el centro de medición 100 puede configurarse para determinar un valor medio de inercia sobre regiones configurables de la red. Las regiones configurables pueden incluir, por ejemplo, la red de energía eléctrica 100 como un todo, un condado, ciudad, pueblo, etc. o cualquier otra región definible de la red de energía eléctrica 100.

25 La Figura 2 es un diagrama de flujo que muestra un método 200 para determinar una característica de una contribución inercial a una red de energía eléctrica, tal como la red de energía eléctrica 100 descrita anteriormente con referencia a la Figura 1.

30 La contribución inercial a la red de energía eléctrica 100 puede ser una contribución proporcionada por una o más instalaciones de producción de energía y/o por uno o más dispositivos consumidores de energía.

35 En el bloque 202, se determina un cambio de inercia en la red de energía eléctrica 100 basándose en las mediciones de inercia realizadas en un primer período de tiempo. Las mediciones de inercia se pueden realizar, por ejemplo, utilizando los dispositivos de medición de inercia 118 descritos anteriormente con referencia a la Figura 1. Las mediciones pueden realizarse en una o más ubicaciones y pueden representar un valor local de inercia (es decir, para una región particular de la red de energía eléctrica 100) o para la red de energía eléctrica 100 como un todo.

40 El cambio de inercia se puede determinar, por ejemplo, analizando dos o más mediciones de inercia realizadas en momentos diferentes. En algunos ejemplos, el cambio de inercia se puede determinar analizando una serie temporal de mediciones de inercia.

45 En el bloque 204, una característica de una contribución inercial a la red de energía eléctrica por un segundo período de tiempo, diferente al primer período de tiempo, se determina sobre la base del cambio de inercia determinado y en los datos indicativos de una característica de contribución inercial de una o más instalaciones de producción de energía y/o uno o más dispositivos consumidores de energía en la red de energía eléctrica.

50 La característica de la contribución inercial puede ser, por ejemplo, un valor de mezcla de producción relativo a una proporción de la producción de energía eléctrica total en la red de energía eléctrica 100 generada por instalaciones de producción de contribución inercial. Por ejemplo, los datos de la mezcla de producción pueden, por ejemplo, indicar las proporciones relativas de energía proporcionada por las instalaciones de generación de carbón, nuclear y gas frente a la energía proporcionada por las instalaciones de producción de energía eólica y solar, y pueden incluir datos que indiquen una cantidad de energía proporcionada por las instalaciones de producción individuales. En otros ejemplos, la característica puede ser un valor que indica una mezcla de consumo, es decir, que se refiere a una proporción del consumo total de energía en la red de energía eléctrica 100 que es consumida por los dispositivos de consumo de energía de contribución inercial. En algunos ejemplos, la característica de contribución inercial puede indicar tanto la mezcla de producción como la mezcla de consumo.

60 Una característica de contribución inercial de las instalaciones de producción de energía puede incluir una tasa de cambio nominal del suministro de energía eléctrica por esas instalaciones de producción de energía. Por ejemplo, para una instalación de producción de energía en particular, se puede saber que la generación de energía aumenta a un ritmo particular. De manera similar, una característica de contribución inercial de los dispositivos consumidores de energía puede incluir una tasa nominal de cambio de consumo de energía eléctrica por el uno o más dispositivos consumidores de energía.

65

La característica de una contribución inercial a la red de energía eléctrica 100 se puede determinar identificando una diferencia de comportamiento entre el cambio determinado en la inercia y un cambio en el consumo o producción de energía en la red de energía eléctrica 100, ya sea sobre la red de energía eléctrica 100 como un todo o en una región de la red de energía eléctrica 100. El cambio en el consumo o producción de energía puede ser medido en tiempo real por un operador de red, por ejemplo. Basándose en la diferencia de comportamiento identificada, se puede determinar un cambio en el suministro y/o consumo de energía por parte de las instalaciones de producción de energía y/o dispositivos consumidores de energía en la red de energía eléctrica 100. Los cambios en la inercia medida, que no siguen a un cambio en el consumo o la producción de energía eléctrica, pueden indicar un cambio en la mezcla de producción (es decir, la proporción relativa de generación de contribución inercial) o en la mezcla de consumo (es decir, la proporción relativa del consumo de contribución inercial) en la red de energía eléctrica 100, o una región de la red de energía eléctrica 100. Por ejemplo, como se describe con más detalle a continuación, un cambio identificado de inercia medida puede identificarse como potencialmente el resultado de un cambio en la producción por una o más instalaciones de producción en base a datos anteriores que especifican las características operativas de una o más instalaciones de producción, o un cambio en el consumo de uno o más dispositivos consumidores de energía basado en datos anteriores que especifican las características operativas del uno o más dispositivos consumidores de energía. En particular, si se conoce que una instalación de generación de energía o dispositivo de consumo de energía en particular (o un grupo de tales instalaciones o dispositivos) se comporta de una manera particular cuando cambia el suministro o el consumo de energía, se puede afirmar que una instalación de producción particular o el dispositivo de consumo de energía (o grupo de tales instalaciones o dispositivos) puede ser responsable del cambio identificado en la inercia medida. Por ejemplo, se puede saber que la producción de energía de una instalación de producción de energía particular aumenta o disminuye a una velocidad conocida durante un tiempo conocido, y que dicha instalación ha comenzado a aumentar (o disminuir). Cuando las instalaciones de generación de energía a gran escala, tales como las centrales nucleares o eléctricas a gas, aumentan la potencia suministrada a la red de energía eléctrica 100, estas normalmente se sincronizan primero con la red de energía eléctrica 100 para hacer coincidir la magnitud de la frecuencia, el ángulo de fase y la tensión del generador, con la frecuencia de tensión, el ángulo de fase y la magnitud de la red respectivamente y, una vez sincronizados, aumentan la potencia que proporcionan. Es en el punto en el que las instalaciones de generación se sincronizan con la red de energía eléctrica 100 que estos aportan la mayor parte de su contribución inercial a la red de energía eléctrica 100, pero hay un desfase entre el punto en el que se sincronizan y el momento en que proporcionan una cantidad significativa de energía eléctrica a la red de energía eléctrica 100. A la inversa, cuando tales instalaciones de generación de energía disminuyen, estas normalmente primero reducen su suministro de energía eléctrica a la red de energía eléctrica 100 y solo cuando su suministro de energía está en un nivel bajo, se desconectan de la red de energía eléctrica 100; es en el punto de desconexión donde se pierde la mayor parte de su contribución inercial, pero hay un desfase entre la reducción en la cantidad de energía proporcionada y un cambio en la contribución inercial. Dado que se puede conocer el tiempo que tarda una instalación de generación de energía en disminuir, se puede hacer una predicción con respecto al comportamiento futuro esperado de esa instalación y su efecto, por ejemplo, en la mezcla de producción dentro del marco de tiempo conocido del cambio. Además, al continuar monitoreando la inercia medida, es posible verificar y volver a verificar si la predicción es cierta.

En algunos ejemplos, los datos que especifican las características operativas pueden relacionarse con un tipo particular de instalación de producción o dispositivo consumidor de energía, en lugar de una instalación o dispositivo particular, y se puede hacer una predicción con respecto al comportamiento futuro esperado de ese tipo de instalación o dispositivo y su efecto, por ejemplo, en la mezcla de producción dentro del marco de tiempo conocido del cambio.

El segundo período de tiempo puede ser posterior al primer período de modo que la determinación de la contribución inercial a la red de energía eléctrica es una previsión o predicción de la contribución inercial en algún momento futuro o durante un período futuro. Sin embargo, en algunos ejemplos, el segundo período de tiempo puede ser anterior al primer período de tiempo, de modo que el método se utiliza para determinar la contribución inercial a la red de energía eléctrica 100 en un momento anterior al período de tiempo en el que se determina el cambio de la inercia.

Para determinar la característica de una contribución inercial a la red de energía eléctrica 100 para el segundo período de tiempo (por ejemplo, una previsión de la mezcla de producción futura), se puede generar un modelo que relacione cambios de inercia con la característica de contribución inercial. El cambio determinado en la inercia y los datos indicativos de una o más características de contribución inercial (tal como, por ejemplo, los datos relacionados con las características operativas de las instalaciones de producción o los dispositivos consumidores de energía) se pueden aplicar al modelo para determinar la característica de contribución inercial.

La Figura 3 representa un ejemplo de un proceso 300 para desarrollar y usar un modelo para determinar una característica de contribución inercial a la red de energía eléctrica 100. El proceso comprende un proceso de entrenamiento 302 y un proceso de determinación, denominado en lo sucesivo proceso de pronóstico 304. Aunque en general se prevé que el proceso de pronóstico se utilice predominantemente para determinar características futuras de contribución inercial (tal como predecir mezclas de producción futuras), se entenderá que el modelo es igualmente capaz de ser aplicado para determinar características pasadas de contribución inercial. Por ejemplo, el proceso de pronóstico 304 puede recibir como entradas una serie temporal de puntos de datos y la salida del proceso de pronóstico 304 puede ser un punto posterior en la serie temporal, o un punto anterior en la serie temporal.

65

5 Durante el proceso de entrenamiento 302, un modelo 306 recibe datos de entrenamiento relacionados con un período de tiempo anterior. Los datos de entrenamiento comprenden datos de inercia conocidos 308 para el período t_0 (que pueden haber sido medidos usando los dispositivos de medición de inercia 118, por ejemplo), datos de producción conocidos 310 para el período de tiempo para una o más instalaciones de producción, y datos de producción conocidos 312 para un período de tiempo diferente a t_0 ; por ejemplo, para un período de tiempo posterior t_1 . Los datos de producción conocidos 310, 312 pueden obtenerse, por ejemplo, de la base de datos 122.

10 Opcionalmente, los datos de entrenamiento pueden incluir datos adicionales 314 relevantes para la determinación de la característica de una contribución inercial a la red de energía eléctrica 100. Por ejemplo, los datos adicionales 314 pueden incluir datos indicativos de uno o más de: tiempo; hora del día; día de la semana; mes; temporada; precios del mercado energético; un cambio en la frecuencia de la red; eventos públicos; y transmisiones televisivas. Los datos adicionales 314 pueden obtenerse de la base de datos 122 o de cualquier otra fuente apropiada.

15 Usando los datos de entrenamiento, el proceso de entrenamiento 302 determina los parámetros 316 del modelo 306 para uso posterior durante el proceso de pronóstico 304. Por ejemplo, puede medirse un conjunto de valores de inercia 308 en un primer período de tiempo (es decir, hasta). Se puede acceder a datos indicativos de una primera característica de contribución inercial en el primer período de tiempo. Por ejemplo, los datos de la mezcla de producción 310 para el primer período de tiempo pueden obtenerse de un operador de red. También se puede acceder a datos indicativos de una segunda característica de contribución inercial en un segundo período de tiempo, tales como datos de la mezcla de producción 312 para el segundo período de tiempo. Usando los datos indicativos de la primera y segunda características de contribución inercial (por ejemplo, datos de la mezcla de producción 310, 312 para el primer y segundo períodos de tiempo) y los valores de inercia medidos 308 para el primer período de tiempo, una relación entre el conjunto de valores de inercia 308 medidos en el primer período de tiempo, se puede determinar la primera característica de contribución inercial y la segunda característica de contribución inercial. En base a la relación determinada, se pueden determinar los parámetros 316 del modelo 306. En otras palabras, el modelo 306 puede entrenarse para determinar una mezcla de producción esperada durante un tiempo para el que no hay datos de medición de inercia (por ejemplo, un período de tiempo futuro) basado en valores de inercia conocidos y una mezcla de producción conocida para un período de tiempo correspondiente, y los parámetros 316 pueden ser representativos de una relación estadística entre las entradas al modelo 306 y la salida del modelo 306.

30 Una vez que se han determinado los parámetros 316 del modelo 306, esos parámetros 316 pueden ser utilizados por el proceso de pronóstico 304 para operar el modelo 306 para determinar características desconocidas de una contribución inercial a la red de energía eléctrica 100 en base a mediciones adicionales de inercia. En particular, como se muestra en la Figura 3, durante el proceso de pronóstico 304, el modelo 306 puede recibir más datos de inercia 318 durante un período de tiempo t_2 . El modelo 306, para el cual se han determinado los parámetros 316 durante el proceso de entrenamiento 302, puede entonces proporcionar una determinación de una característica de una contribución inercial a la red de energía eléctrica 100 durante un período de tiempo t_3 basado en un cambio determinado en la inercia en la red de energía eléctrica 100 (es decir, determinada usando los datos de inercia adicionales 318) y los datos 320 indicativos de una característica de contribución inercial de una o más instalaciones de producción de energía en la red de energía eléctrica. Por ejemplo, el modelo 306 puede emitir datos de la mezcla de producción 322 para el periodo de tiempo t_3 .

45 En algunos ejemplos, para el proceso de pronóstico 304, el modelo 306 puede recibir datos adicionales 324 relevantes para la determinación de la contribución inercial a la red de energía eléctrica 100. Por ejemplo, los datos adicionales 324 se pueden recuperar de la base de datos 122. Los datos adicionales 324 recibidos por el modelo 306 para el proceso de pronóstico 304 pueden comprender datos equivalentes a los datos adicionales 314 usados por el modelo 306 para el proceso de entrenamiento 302. Por ejemplo, los datos adicionales 324 pueden incluir datos indicativos de uno o más de: tiempo; hora del día; día de la semana; mes; temporada; tarifas energéticas; precios del combustible; cargos de distribución y/o transmisión de energía; ejecutar solicitudes o instrucciones; solicitudes o instrucciones de reducción; precios del mercado energético; un cambio en la frecuencia de red; eventos públicos; y transmisiones televisivas.

50 El tipo de modelo 306 utilizado, y los parámetros 316 del modelo 306 determinados durante el proceso de entrenamiento 302, y posteriormente utilizados por el modelo 306 en el proceso de pronóstico 304, pueden seleccionarse de acuerdo con las propiedades de la red de energía eléctrica 100 (o región del mismo que sea de interés). Por ejemplo, el modelo puede incluir uno o más de: un algoritmo de aprendizaje automático; un ajuste por mínimos cuadrados; un algoritmo de bosques aleatorios; y una red neuronal.

60 Aunque en el ejemplo descrito anteriormente con referencia a la Figura 3, los datos de producción 310, 312 se utilizan para entrenar el modelo 306 a fin de determinar los parámetros 316 del modelo 306 en el proceso de entrenamiento 302, y el modelo 306 se usa posteriormente para determinar datos de producción 322 en el proceso de pronóstico 304, en algunos ejemplos se pueden usar datos de consumo en lugar de, o además de, datos de producción.

65 La Figura 4 representa un ejemplo de un proceso 400 para desarrollar y usar el modelo 306 para determinar una característica de una contribución inercial a la red de energía eléctrica 100. De manera similar al ejemplo descrito con referencia a la Figura 3, el proceso 400 comprende un proceso de entrenamiento 402 y un proceso de pronóstico 404.

5 Durante el proceso de entrenamiento 402, el modelo 306 recibe datos de entrenamiento relacionados con un período de tiempo anterior, a. Los datos de entrenamiento comprenden datos de inercia conocidos 308 para el período (que pueden haber sido medidos usando los dispositivos de medición de inercia 118, por ejemplo), datos de consumo conocidos 406 para el período de tiempo hasta para uno o más dispositivos de consumo de energía, y datos de consumo conocidos 408 por un período de tiempo diferente; por ejemplo, para un período de tiempo posterior t_1 .

10 Usando los datos de entrenamiento, el proceso de entrenamiento 402 determina los parámetros 410 del modelo 306 para uso posterior durante el proceso de pronóstico 404. Por ejemplo, se puede medir un conjunto de valores de inercia en un primer período de tiempo (es decir, hasta). Se puede acceder a datos indicativos de una primera característica de contribución inercial en el primer período de tiempo. Por ejemplo, los datos de la mezcla de consumo para el primer período de tiempo se pueden obtener de un operador de red. También se puede acceder a datos indicativos de una segunda característica de contribución inercial en un segundo período de tiempo, tales como los datos de la mezcla de consumo para el segundo período de tiempo. Utilizando los datos indicativos de la primera y segunda características de contribución inercial (por ejemplo, datos de la mezcla de consumo para el primer y segundo períodos de tiempo) y los valores de inercia medidos para el primer período de tiempo, una relación entre el conjunto de valores de inercia medidos en el primer período de tiempo, se puede determinar la primera característica de contribución inercial y la segunda característica de contribución inercial. Basándose en la relación determinada, se pueden determinar los parámetros 410 del modelo 306. En otras palabras, el modelo 306 puede entrenarse para determinar una mezcla de consumo esperado durante un tiempo para el cual no hay datos de medición de inercia (por ejemplo, un período de tiempo futuro) basado en valores de inercia conocidos y una mezcla de consumo durante un período de tiempo correspondiente, y los parámetros 410 pueden ser representativos de una relación estadística entre las entradas al modelo 306 y la salida del modelo 306.

25 Una vez que se han determinado los parámetros 410 del modelo 306, esos parámetros 410 pueden ser usados por el proceso de pronóstico 404 para operar el modelo 306 para determinar características desconocidas de una contribución inercial a la red de energía eléctrica 100 en base a mediciones adicionales de inercia. En particular, como se muestra en la Figura 3, durante el proceso de pronóstico 404, el modelo 306 puede recibir más datos de inercia 412 durante un período de tiempo t_2 . El modelo 306, para el cual se han determinado los parámetros 410 durante el proceso de entrenamiento 402, puede entonces proporcionar una determinación de una característica de contribución inercial a la red de energía eléctrica 100 durante un período de tiempo t_3 basado en un cambio determinado en la inercia en la red de energía eléctrica 100 (es decir, determinada usando los datos de inercia adicionales 412) y los datos 414 indicativos de una característica de contribución inercial de uno o más dispositivos consumidores de energía en la red de energía eléctrica. Por ejemplo, el modelo 306 puede emitir datos de la mezcla de consumo 416 para el período de tiempo t_3 .

35 De manera similar al modelo 300 descrito con referencia a la Figura 3, el proceso de entrenamiento 402 puede usar datos adicionales 314 para determinar los parámetros 410 del modelo 306 y el proceso de pronóstico puede usar datos adicionales equivalentes 324 en su determinación de la contribución inercial a la red de energía eléctrica 100. Por ejemplo, los datos adicionales 314 pueden recuperarse de la base de datos 122.

40 La Figura 5 representa otro ejemplo de un proceso 500 para desarrollar y usar un modelo para determinar una característica de una contribución inercial a la red de energía eléctrica 100. El proceso comprende un proceso de entrenamiento 502 y un proceso de determinación, denominado en lo sucesivo proceso de pronóstico 504. Aunque en general se prevé que el proceso de pronóstico se utilice predominantemente para determinar características futuras de contribución inercial (tal como predecir mezclas de producción futuras), se entenderá que el modelo es igualmente capaz de ser aplicado para determinar características pasadas de contribución inercial.

50 Durante el proceso de entrenamiento 502, el modelo 306 recibe datos de entrenamiento relacionados con un período de tiempo anterior, a. Los datos de entrenamiento comprenden datos de inercia conocidos 308 para el período (que pueden haber sido medidos usando los dispositivos de medición de inercia 118, por ejemplo), datos de producción conocidos 310 para el período de tiempo hasta para una o más instalaciones de producción, datos de consumo conocidos 406 para el período de tiempo para uno o más dispositivos de consumo de energía, los datos de producción conocidos 312 para un período de tiempo diferente, y datos de consumo conocidos 408 para un período de tiempo diferente.

55 Usando los datos de entrenamiento, el proceso de entrenamiento 502 determina los parámetros 510 del modelo 306 para uso posterior durante el proceso de pronóstico 504. Por ejemplo, un conjunto de valores de inercia se puede medir en un primer período de tiempo (es decir, hasta). Los datos indicativos de una primera característica de contribución inercial en el primer período de tiempo pueden comprender datos de la mezcla de producción y datos de la mezcla de consumo para el primer período de tiempo y los datos indicativos de una segunda característica de contribución inercial en un segundo período de tiempo pueden comprender datos de la mezcla de producción y datos de la mezcla de consumo para el segundo período de tiempo. Utilizando los datos indicativos de la primera y segunda características de contribución inercial (por ejemplo, datos de la mezcla de producción y consumo para el primer y segundo períodos de tiempo) y los valores de inercia medidos para el primer período de tiempo, una relación entre el conjunto de valores de inercia medidos en el primer período de tiempo, se puede determinar la primera característica de contribución inercial y la segunda característica de contribución inercial. Basándose en la relación determinada, se

5 pueden determinar los parámetros 510 del modelo 306. El modelo 306 se puede entrenar para determinar una mezcla de producción esperada, una mezcla de consumo esperado o una mezcla de producción y una mezcla de consumo esperados combinados durante un tiempo para el cual no hay datos de medición de inercia (por ejemplo, un período de tiempo futuro) basado en valores de inercia conocidos y una mezcla de producción conocida y datos de la mezcla de consumo para un período de tiempo correspondiente.

10 Una vez que se han determinado los parámetros 510 del modelo 306, durante el proceso de pronóstico 304, el modelo 306 puede recibir más datos de inercia 512 durante un período de tiempo t_2 . El modelo 306, para el cual se han determinado los parámetros 510 durante el proceso de entrenamiento 502, puede entonces proporcionar una determinación de una característica de contribución inercial a la red de energía eléctrica 100 durante un período de tiempo t_3 basado en un cambio determinado en la inercia en la red de energía eléctrica 100 (es decir, determinada utilizando los datos de inercia adicionales 318) y los datos 320 indicativos de una característica de contribución inercial de una o más instalaciones de producción de energía y/o uno o más dispositivos consumidores de energía en la red de energía eléctrica. Por ejemplo, el modelo 306 puede emitir datos de la mezcla de producción 322 y/o datos de la mezcla consumo de 416 para el periodo de tiempo t_3 .

15 En algunos ejemplos, los datos relacionados con la mezcla de consumo se pueden usar para mejorar la precisión de los datos de la mezcla de producción de salida. Dado que la inercia medida comprende contribuciones inerciales de instalaciones de producción de energía y dispositivos consumidores de energía, en algunos ejemplos un valor determinado de la mezcla de producción futura (por ejemplo) basado en una medición de inercia puede ser inexacto debido a las contribuciones relativas desconocidas a la inercia de las instalaciones de producción y dispositivos consumidores de energía. Por lo tanto, utilizando datos de consumo y producción en el proceso de entrenamiento 502 y el proceso de pronóstico 504, el modelo 306 puede tener en cuenta las contribuciones relativas a la inercia de las instalaciones de producción y los dispositivos consumidores de energía al determinar una mezcla de producción. De manera similar, los datos relacionados con la mezcla de producción se pueden utilizar para mejorar la precisión de los datos de la mezcla de consumo de salida.

20 El modelo 306 descrito anteriormente con referencia a las Figuras 3 a 5, puede usarse para determinar datos de la mezcla de producción o datos de la mezcla de consumo (o ambos) en base a mediciones de inercia. La inercia medida puede, como se describió anteriormente, ser la de la red de energía eléctrica 100 en su conjunto (por ejemplo, basado en un promedio agregado de mediciones de inercia), o una medición local de inercia en una región de la red de energía eléctrica (por ejemplo, local a la inercia dispositivo de medición 118). En algunos ejemplos, el centro de medición 120 puede recopilar múltiples dispositivos de medición de inercia 118 para mapear la inercia dentro de la red de energía eléctrica 100.

25 En algunos ejemplos, la salida del modelo 306 puede especificar una medida probabilística con la determinación de la contribución inercial a la red de energía eléctrica 100. Por ejemplo, la salida puede especificar una certeza (por ejemplo, un porcentaje de probabilidad) de que una instalación de producción particular o un dispositivo consumidor de energía (o un grupo de tales instalaciones o dispositivos) está cambiando su producción o consumo, el tiempo durante el cual es probable que el cambio continúe, y/o el efecto en la mezcla de producción y/o la mezcla de consumo.

30 El centro de medición 120 puede usar la ubicación de los valores medidos de inercia junto con la ubicación de las instalaciones de producción y/o los dispositivos de consumo de energía y sus características operativas para identificar cambios locales (regionales) y para determinar los datos de la mezcla de producción local y/o de la mezcla de consumo. Por ejemplo, el centro de medición 120 puede tener datos de ubicación que especifiquen las ubicaciones de un tipo particular de instalación de producción (por ejemplo, plantas de energía nuclear) y, basándose en los datos de ubicación, el centro de medición 120 puede identificar que esas instalaciones de producción están ubicadas en regiones particulares de la red de energía eléctrica 100. El centro de medición 120 puede por tanto utilizar la ubicación de las instalaciones de producción para predecir con mayor precisión los cambios en la mezcla de producción (o mezcla de consumo, o ambos) en regiones específicas de la red de energía eléctrica 100.

35 La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo 600 mediante el cual el centro de medición 120 puede usar la ubicación de las instalaciones de producción para predecir cambios en la mezcla de producción (o mezcla de consumo, o ambas) en regiones específicas de la red de energía eléctrica 100.

40 En el bloque 602, se determina un cambio de inercia en una o más regiones conocidas de la red de energía eléctrica 100. Por ejemplo, el centro de medición 120 puede determinar un cambio en la inercia en una región particular de la red de energía eléctrica 100 sobre la base de datos de ubicación que identifican la ubicación de un dispositivo de medición de inercia 118.

45 En el bloque 604, la ubicación de una o más instalaciones de producción de energía puede correlacionarse con el cambio de inercia en la una o más regiones de la red de energía eléctrica 100. Por ejemplo, basándose en los datos de ubicación que identifican la ubicación de la una o más instalaciones de producción en la red de energía eléctrica 100, el centro de medición 120 puede determinar que una instalación de producción particular (o grupo de instalaciones) está ubicada en una región particular.

En el bloque 606, basado en la correlación entre la ubicación de la instalación de producción de energía y la región en la que se identifica el cambio en la inercia, se determina que una instalación de producción en particular está experimentando un cambio en el suministro de energía. Por ejemplo, el centro de medición 120 puede correlacionar el cambio de inercia con una inercia conocida proporcionada por una instalación de producción ubicada en la región en la que se detecta el cambio de inercia, basándose en características operativas conocidas de las instalaciones de producción en esa región.

En algunos ejemplos, el centro de medición 120 puede determinar que el cambio en la inercia en esa región no se corresponde con un cambio en el consumo o generación de energía eléctrica en la red de energía eléctrica 100. Sobre la base de la diferencia de comportamiento del cambio determinado en la inercia y los cambios en el suministro o consumo de energía, el centro de medición 120 puede predecir un cambio en la mezcla de producción en esa región en la que se determina el cambio en la inercia. En algunos ejemplos, el centro de medición 120 puede utilizar datos de ubicación que especifiquen las ubicaciones de las instalaciones de producción en la misma región y/o datos que especifiquen las características operativas de esas instalaciones de producción y, por lo tanto, puede determinar cuál de las instalaciones de producción de la región puede ser responsable del determinado cambio de inercia.

Además, el centro de medición 120 puede tener acceso a datos que indiquen una tasa a la que una instalación de producción particular o dispositivo de consumo de energía (o tipo de instalación o dispositivo) aumenta y/o disminuye su suministro o consumo de energía y puede usar esos datos para realizar predicciones sobre un estado futuro de inercia regional y/o inercia en la red de energía eléctrica 100 en su conjunto. Por ejemplo, el centro de medición 120 puede determinar que hace tres horas una planta de alta inercia (tal como una central eléctrica) comenzó a reducir su suministro de energía a una tasa de 100 MW/h en una región particular de la red de energía eléctrica 100. Conociendo que solo hay ciertas instalaciones de producción (o tipos de instalaciones) en esa región que podrían provocar este comportamiento, el centro de medición 120 puede determinar que esto se debe a una instalación en particular (o una de un grupo de instalaciones similares) y, conociendo las características operativas de dicha instalación, puede predecir que el comportamiento continuará durante un período adicional de, por ejemplo, seis horas.

De manera similar, el centro de medición 120 puede tener acceso a los datos relacionados con cambios conocidos o esperados en el consumo, que son indicativos de cambios en la contribución a la inercia de los dispositivos consumidores de energía, a los que se puede acceder desde la base de datos 122. Por ejemplo, el centro de medición 120 puede tener acceso a programas de producción para sitios industriales a gran escala, proporcionando datos previos que especifiquen cuándo se encenderá o apagará la maquinaria industrial que contribuye a la inercia, las tasas a las que cambia el consumo de energía de esa maquinaria y/o la contribución inercial de esa maquinaria. Otros datos a los que puede tener acceso el centro de medición 120 incluyen datos externos de precios/costos y programas de eventos que pueden tener un efecto sobre el consumo de energía sin un efecto correspondiente en una contribución inercial a la red de energía eléctrica 100. Dichos eventos pueden incluir eventos públicos, como feriados nacionales, eventos deportivos y conciertos. Los datos pueden incluir tarifas de energía, precios de combustible, cargos de distribución y/o transmisión de energía, solicitudes o instrucciones de ejecución, solicitudes o instrucciones de reducción, precios del mercado energético, horarios de transmisión por televisión, que pueden indicar cuándo un aumento en el uso relativo de los dispositivos sin contribución inercial (tales como hervidores de agua) y dispositivos de contribución inercial (tales como refrigeradores). Los datos también pueden incluir horarios de viaje, tales como horarios de trenes, que pueden indicar momentos en los que se puede esperar un aumento en la carga de contribución inercial.

Las realizaciones anteriores deben entenderse como ejemplos ilustrativos de la invención. Se prevén otras realizaciones. Por ejemplo, aunque en las realizaciones descritas anteriormente, las mediciones de inercia se utilizan para determinar una característica de contribución inercial a una red de energía eléctrica, en algunas realizaciones se pueden utilizar otras métricas estrechamente relacionadas con la inercia, tales como la tasa de cambio de frecuencia (RoCoF). Debe entenderse que cualquier característica descrita en relación con cualquier realización puede usarse sola, o en combinación con otras características descritas, y puede usarse además en combinación con una o más características de cualesquiera otras de las realizaciones, o cualquier combinación de cualesquiera otras de las realizaciones. Además, los equivalentes y modificaciones no descritos anteriormente también pueden emplearse sin apartarse del alcance de la invención, que se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método (200) para determinar una característica de una contribución inercial a una red de energía eléctrica (100), el método que comprende (200):
 - 5 determinar (202) un cambio de inercia en la red de energía eléctrica (100) en base a las mediciones de inercia realizadas en un primer período de tiempo; y determinar (204), por un segundo período de tiempo diferente al primer período de tiempo, una característica de una contribución inercial a la red de energía eléctrica (100) sobre la base del cambio determinado y los datos indicativos de una característica de contribución inercial de una o más instalaciones de producción de energía (106) y/o uno o más dispositivos consumidores de energía (118) en la red de energía eléctrica (100).
2. Un método (200) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la contribución inercial a la red de energía eléctrica (100) es una contribución proporcionada por una o más instalaciones de producción de energía (106) y, opcionalmente,
 - 15 en donde la característica de contribución inercial se refiere a una proporción de la producción total de energía eléctrica en la red de energía eléctrica (100) generada por las instalaciones de producción de energía de contribución inercial (106).
3. Un método (200) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la contribución inercial a la red eléctrica (100) es una contribución proporcionada por uno o más dispositivos consumidores de energía (118) y, opcionalmente,
 - 20 en donde la característica de contribución inercial se refiere a una proporción del consumo total de energía eléctrica en la red de energía eléctrica (100) consumida por los dispositivos consumidores de energía de contribución inercial (118).
4. Un método (200) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende:
 - 25 determinar una diferencia de comportamiento entre el cambio de inercia determinado y un cambio en el consumo total de energía en la red eléctrica (100); y
 - 30 determinar, sobre la base de la diferencia de comportamiento identificada, un cambio en el suministro de energía eléctrica por parte de una o más instalaciones de producción de energía (106) y, opcionalmente en donde el cambio en el suministro de energía eléctrica comprende un aumento o disminución en la producción de energía eléctrica.
5. Un método (200) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde los datos indicativos de una o más características de contribución inercial comprenden datos que especifican una tasa nominal de cambio de suministro de energía eléctrica por la una o más instalaciones de producción de energía (106) y/o una tasa nominal de cambio de consumo de energía eléctrica por el uno o más dispositivos consumidores de energía (118).
6. Un método (200) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende determinar un cambio en la inercia en una primera ubicación en la red de energía eléctrica (100) y determinar la característica de contribución inercial sobre la base de la ubicación de la una o más instalaciones de producción de energía (106) y/o uno o más dispositivos consumidores de energía (118) y, opcionalmente, que comprende, sobre la base de los datos de ubicación, identificar que una entidad particular de contribución inercial está experimentando un cambio en el suministro o consumo de energía y determinar la característica de contribución inercial sobre la base de una característica operativa de esa entidad.
7. Un método (200) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la característica determinada de contribución inercial a la red de energía eléctrica (100) es una característica futura predicha.
8. Un método (200) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende:
 - 55 generar un modelo (306) que relaciona cambios de inercia con la característica de contribución inercial; y
 - aplicar el cambio de inercia determinado y los datos indicativos de una o más características de contribución inercial al modelo (306) para determinar la característica de contribución inercial.
9. Un método (200) de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende:
 - 60 medir un conjunto de valores de inercia en un primer período de tiempo;
 - acceder a datos indicativos de una primera característica de contribución inercial en el primer período de tiempo; y determinar una relación entre el conjunto medido de valores de inercia y la primera característica de contribución inercial.
10. Un método (200) de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende:

- medir un conjunto de valores de inercia en un primer período de tiempo;
 acceder a datos indicativos de una primera característica de contribución inercial en el primer período de tiempo;
 acceder a datos indicativos de una segunda característica de contribución inercial en un segundo período de tiempo;
 5 determinar una relación entre el conjunto de valores medidos en el primer período de tiempo, la primera característica de contribución inercial y la segunda característica de contribución inercial; determinar los parámetros del modelo en base a la relación determinada; y
 10 en donde, opcionalmente, la relación determinada se determina al menos en parte sobre la base de una ubicación de una o más instalaciones de producción de energía (106) y/o uno o más dispositivos consumidores de energía (118).
11. Un método (200) de acuerdo con la reivindicación 10, en donde la relación determinada se determina al menos en parte sobre la base de una propiedad de generación de energía de la una o más instalaciones de producción de energía (106).
 15
12. Un método (200) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en donde el modelo (306) incluye uno o más de: un algoritmo de aprendizaje automático; un ajuste por mínimos cuadrados; un algoritmo de bosques aleatorios; y una red neuronal.
 20
13. Un método (200) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende determinar una relación entre el cambio determinado en la inercia y los datos adicionales, los datos adicionales son indicativos de uno o más de: clima; hora del día; día de la semana; mes; temporada; tarifas energéticas; precios del combustible; cargos de distribución y/o transmisión de energía; ejecutar solicitudes o instrucciones; solicitudes o instrucciones de reducción; precios del mercado energético; un cambio en la frecuencia de la red (100); eventos públicos; y transmisiones televisivas.
 25
14. Un sistema para determinar una característica de contribución inercial a una red de energía eléctrica (100), el sistema que comprende:
 30 un medio de medición dispuesto para determinar un cambio de inercia en la red de energía eléctrica (100) en base a las mediciones de inercia realizadas en un primer período de tiempo; y
 un procesador dispuesto para determinar, por un segundo período de tiempo diferente al primer período de tiempo, una característica de contribución inercial a la red de energía eléctrica (100) sobre la base del cambio determinado y los datos indicativos de una o más características de contribución inercial de una o más instalaciones de producción de energía (106) y/o uno o más dispositivos consumidores de energía (118) en la red de energía eléctrica (100).
 35
15. Un programa informático que, cuando es ejecutado por un procesador, hace que el procesador:
 40 determine un cambio de inercia en la red de energía eléctrica (100) en base a las mediciones de inercia realizadas en un primer período de tiempo;
 determine, por un segundo período de tiempo diferente al primer período de tiempo, una característica de contribución inercial a la red de energía eléctrica (100) sobre la base del cambio determinado y de los datos
 45 indicativos de una o más características de contribución inercial de una o más instalaciones de producción de energía (106) y/o uno o más dispositivos consumidores de energía (118) en la red de energía eléctrica (100).

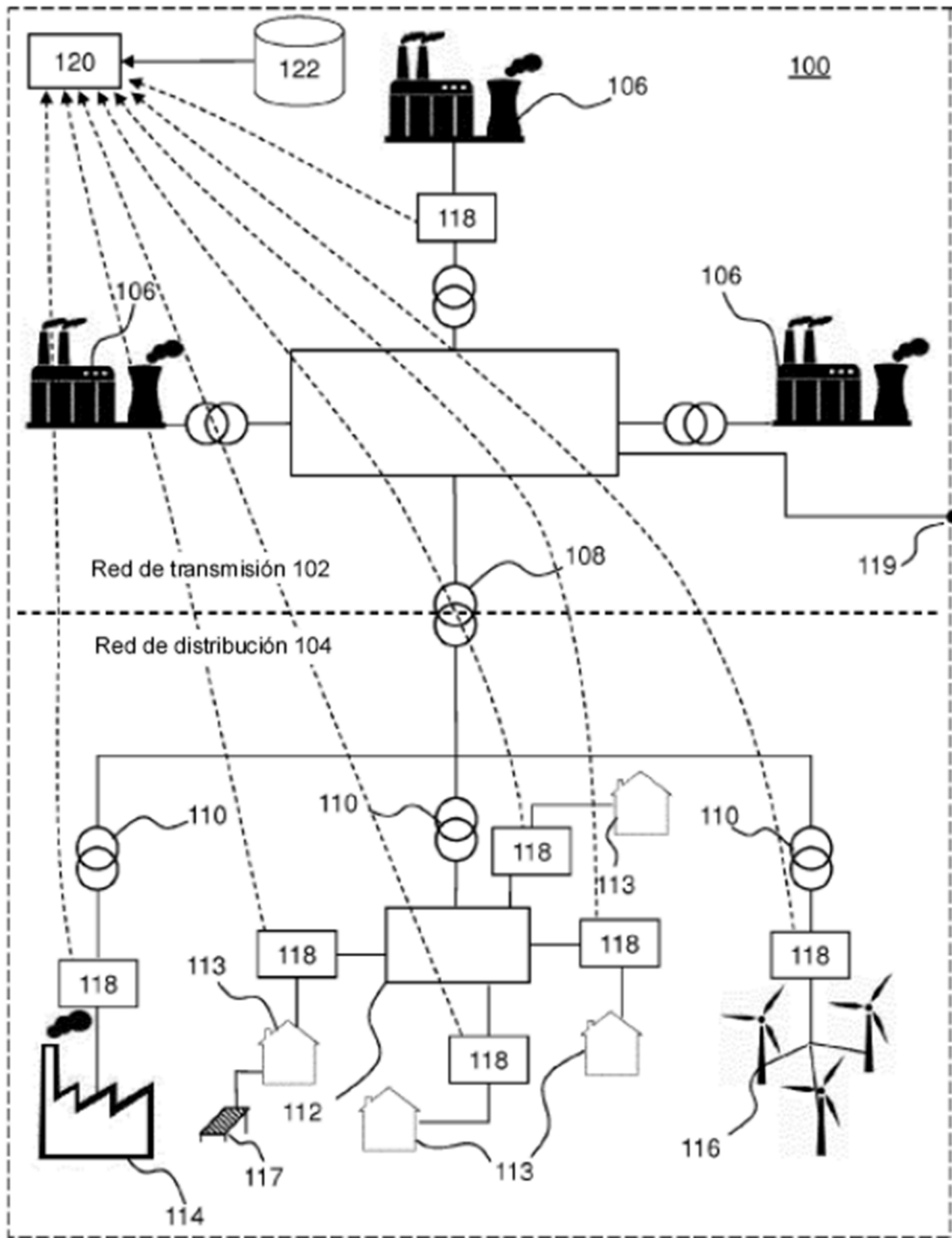


Figura 1

200

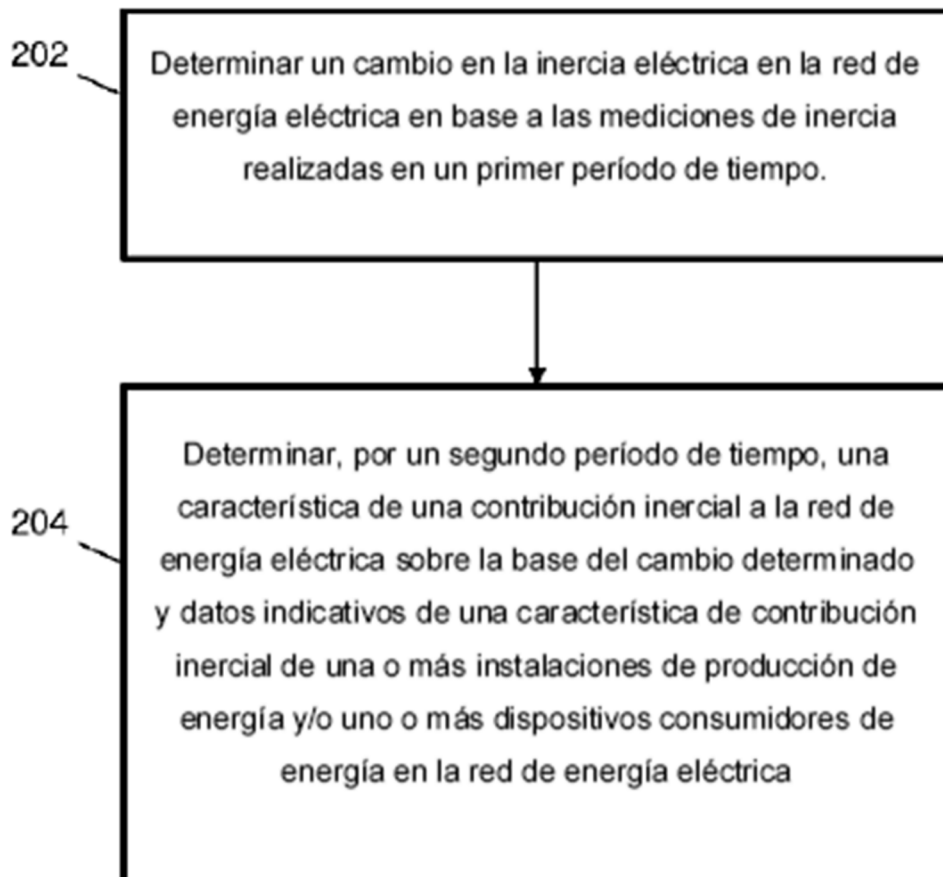


Figura 2

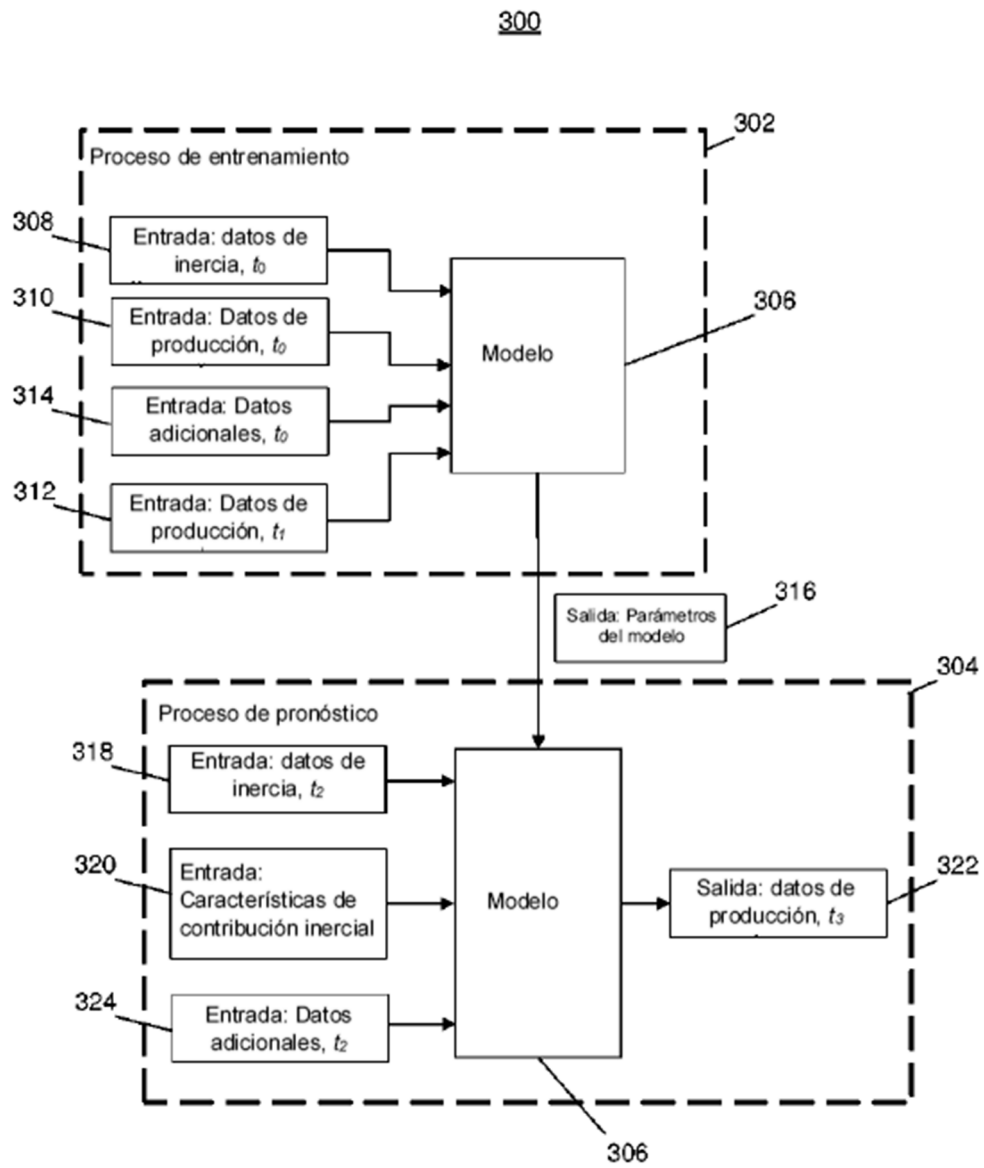


Figura 3

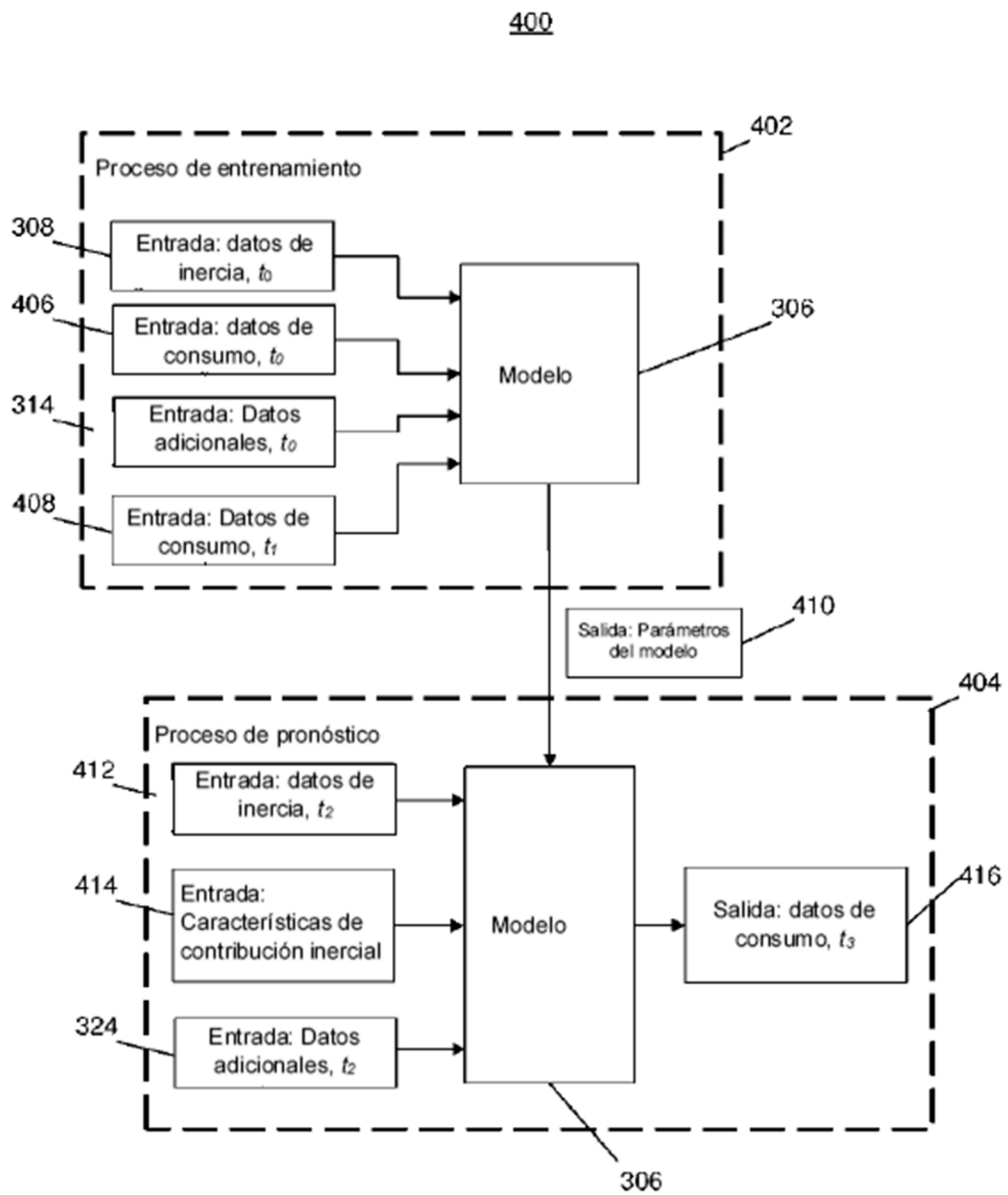


Figura 4

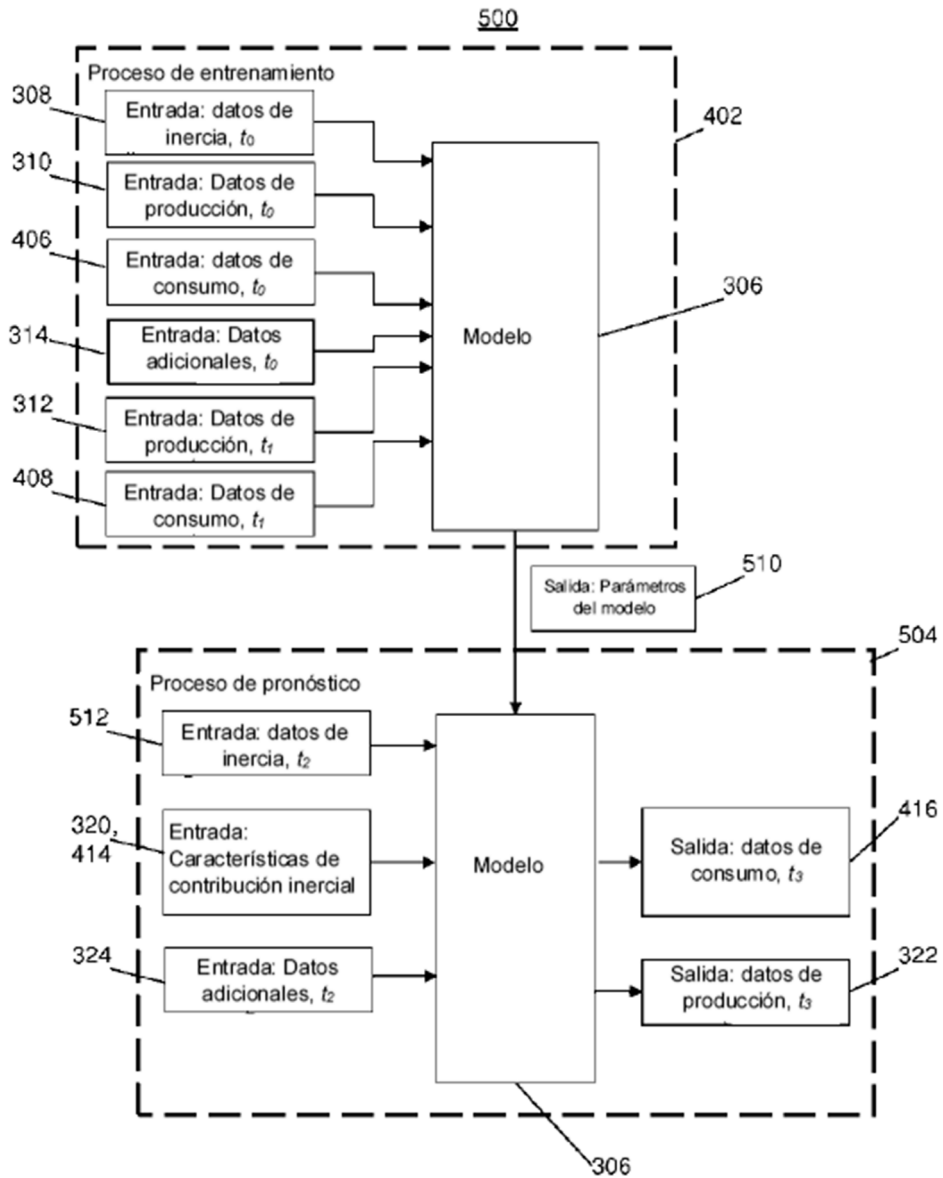


Figura 5

600

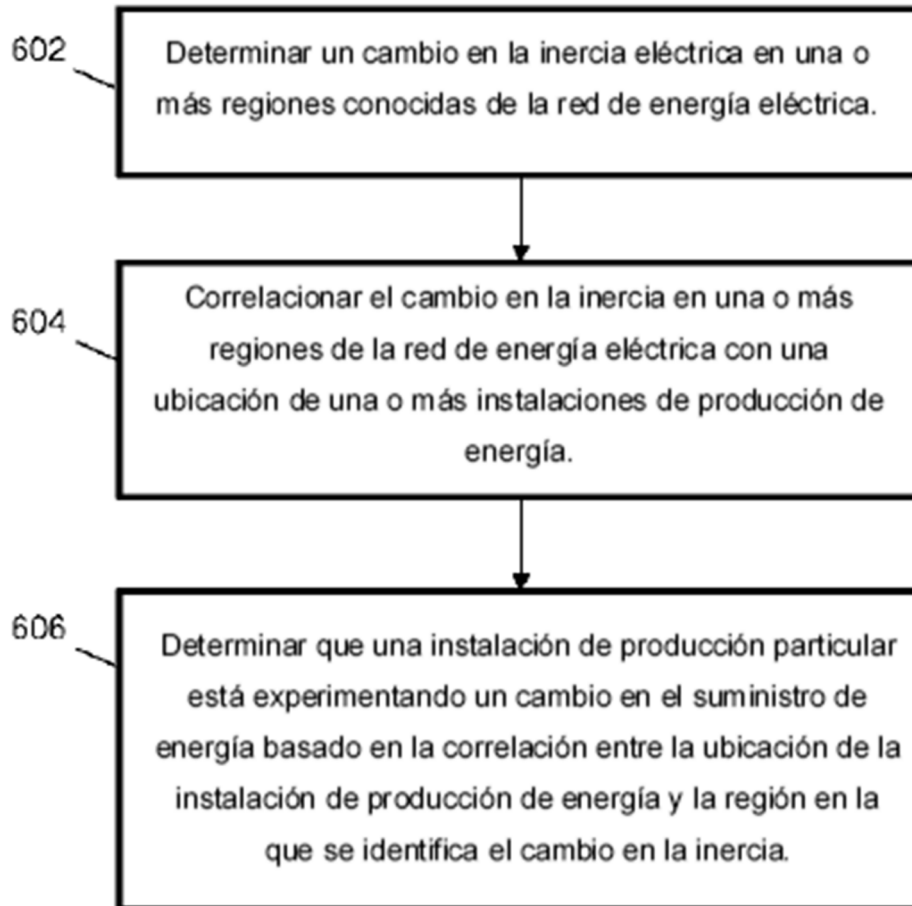


Figura 6