

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 287**

51 Int. Cl.:

H02J 3/32 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.09.2015** **PCT/US2015/052284**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2016** **WO16049488**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2015** **E 15843176 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2023** **EP 3198699**

54 Título: **Sistema y método energético híbridos**

30 Prioridad:

26.09.2014 US 201414497685

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

19.06.2024

73 Titular/es:

WELLHEAD POWER SOLUTIONS, LLC (100.0%)
650 Bercut Drive, Suite C
Sacramento, CA 95811, US

72 Inventor/es:

MCDANIEL, JOHN y
DITTMER, HAROLD

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 973 287 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema y método energético híbridos

5 Antecedentes

Las instalaciones energéticas están diseñadas para proporcionar energía a una red eléctrica de manera fiable. Un ejemplo de una instalación energética incluye un sistema de generación alimentado por gas, tal como un generador de turbina de gas (GTG), configurado para proporcionar energía a la red eléctrica mientras se mantienen la frecuencia y la tensión de la red eléctrica dentro de límites aceptables, tales como límites establecidos por un organismo gubernamental, un organismo regulador, operaciones de red de transmisión o una instalación energética. Las demandas de la red eléctrica cambian dependiendo de una serie de factores, incluidos la meteorología, las demandas del mercado y otros eventos impulsados por la fiabilidad. La instalación energética suele estar diseñada para aumentar, incluyendo el inicio, o disminuir en respuesta a estos factores.

Un ejemplo de una instalación energética incluye una turbina de gas de ciclo combinado (CCGT, por sus siglas en inglés) configurada para permanecer en línea una mayoría sustancial del tiempo a fin de responder a los factores de fiabilidad en la red eléctrica.

El documento US 2012/0323396, en base al cual se caracterizan las reivindicaciones independientes, divulga una planta de generación de energía eléctrica híbrida.

Visión de conjunto

Los presentes inventores han reconocido, entre otras cosas, que un problema que se debe resolver puede incluir la reducción de los tiempos de respuesta de un GTG, tal como iniciar, aumentar o disminuir, ante un factor de fiabilidad en la red eléctrica. Un ejemplo de una instalación energética incluye un GTG de ciclo simple que se configura, más comúnmente, para estar en estado de espera, listo para iniciarse y funcionar solo cuando se le solicite, lo que da como resultado una menor capacidad de respuesta ante los factores de fiabilidad en la red eléctrica. Las instalaciones energéticas suelen diseñarse para satisfacer alguna combinación de necesidades energéticas y de fiabilidad en la red eléctrica. Las compensaciones suelen realizarse entre uno o más de tamaño, cantidad de energía que se puede producir, eficiencia, hora de inicio, tasa de capacidad para aumentar o disminuir la emisión, capacidad para funcionar a niveles de emisión de potencia bajos en relación con los niveles de emisión máximos, y capacidad para proporcionar productos que soporten la fiabilidad, tales como servicios auxiliares y reservas. Los servicios auxiliares, generalmente, incluyen reservas operativas que se reservan para tipos específicos de eventos de fiabilidad, que incluyen, pero sin limitación:

- Reservas de regulación: normalmente, la regulación se proporciona mediante generación sincronizada y está dedicada a mantener la frecuencia de la red eléctrica;
- Reservas giratorias: normalmente proporcionadas a partir de la parte descargada de un generador sincronizado, las reservas giratorias están disponibles inmediatamente para detener una excursión de frecuencia;
- Reservas no giratorias: normalmente proporcionadas mediante unidades generadoras fuera de línea en un estado de espera que pueden iniciar y aumentar su emisión de energía en 10 minutos a fin de restaurar la frecuencia de la red eléctrica después de que las reservas giratorias la hayan detenido;
- Soporte de tensión: normalmente proporcionado mediante generación en línea, condensadores síncronos y sistemas inversores, los sistemas de soporte de tensión mantienen la tensión de la red eléctrica y la carga reactiva (VAR); y
- Restablecimiento: normalmente proporcionado mediante instalaciones energéticas con la capacidad de iniciar y generar electricidad sin que contribuya la red eléctrica. Estas unidades están disponibles para reiniciar la red eléctrica después de condiciones de apagón.

La calidad de estas reservas operativas tiene un impacto directo en la fiabilidad en la red eléctrica.

En un ejemplo, la presente materia objeto puede proporcionar una solución a este problema, tal como mediante un sistema energético híbrido que agrega e integra un sistema de almacenamiento, tal como una batería y un GTG, para combinar las funciones de cada uno en un sistema receptivo. Por ejemplo, la presente materia objeto proporciona sistemas energéticos híbridos configurados para ser receptivos, a fin de proporcionar reservas de mayor calidad en al menos una de velocidad, tasa, magnitud y duración de la respuesta ante un evento transitorio. Al proporcionar un sistema energético híbrido receptivo, la presente materia objeto reduce, en términos económicos, los tiempos de respuesta de un GTG. La reducción económica de los tiempos de respuesta incluye al menos una de reducción del tiempo de arranque en general o el tiempo de aumento/disminución hasta la carga deseada, reducción del tiempo de respuesta ante una perturbación de frecuencia, como se describe en el presente documento, y reducción de la producción de contaminantes durante el arranque o el aumento/la disminución, lo que da como resultado reservas de mayor calidad. En otro ejemplo, la presente materia objeto incluye una batería que tiene una capacidad de descarga sustancialmente inmediata y un GTG que puede iniciar y complementar rápidamente la emisión de potencia de la batería en la materia deseada mediante los operadores de la red eléctrica. En otro ejemplo, la presente materia objeto

puede proporcionar una solución a este problema, tal como por un sistema energético híbrido que tiene un GTG configurado para tener un inicio rápido, capacidad de aumento/disminución rápida en combinación con una capacidad de descarga sustancialmente inmediata desde un dispositivo de almacenamiento, tal como una batería. Tales ejemplos proporcionan el beneficio de reducir el tiempo que el sistema energético híbrido tarda en responder ante un cambio en la demanda de la red eléctrica.

Los presentes inventores han reconocido, además, que otro problema que se debe resolver puede incluir la reducción de una cantidad de contaminantes producidos por una instalación energética (tal como una CCGT) que permanece en línea a fin de responder ante las demandas de la red eléctrica. La presente materia objeto proporciona una solución a este problema, gracias a un sistema energético híbrido que incluye un sistema de almacenamiento, tal como una batería, que está sincronizado y listo para responder ante los factores de fiabilidad en la red eléctrica, aumentar y proporcionar energía sustancialmente inmediata durante un período de tiempo limitado, y un GTG en un estado de espera (p. ej., fuera de línea, pero sustancial e inmediatamente listo para iniciarse) que reduce significativamente o elimina la producción de contaminantes cuando el GTG no está asignada para proporcionar energía a la red eléctrica. Se considera que un GTG fuera de línea es un GTG en un estado sin producción energética. Los beneficios de un ejemplo de este tipo incluyen escalonar el GTG para una respuesta de inicio rápido ante una demanda de la red eléctrica al mismo tiempo que se reduce o elimina el perfil contaminante del sistema energético híbrido cuando no se proporciona energía a la red eléctrica.

Los presentes inventores han reconocido, además, que otro problema que se debe resolver puede incluir la reducción del coste que supone proporcionar servicios energéticos y de fiabilidad producidos por una instalación energética. La energía basada en hidrocarburos, tal como la quema o combustión de gas natural, puede ser un enfoque de producto energético costoso y que no resulta económico, en comparación con otras formas alternativas de producción energética. La presente materia objeto, en un ejemplo, puede proporcionar una solución a este problema, tal como al aprovechar los cambios del mercado para almacenar energía en un dispositivo de almacenamiento configurado para descargar, de manera sustancialmente inmediata, la energía a fin de contribuir en lo que respecta a la capacidad de inicio rápido del GTG, así como proporcionar energía a la red eléctrica en respuesta a las demandas de la red eléctrica. En un ejemplo, la presente materia objeto puede proporcionar una solución a este problema, tal como al permanecer fuera de línea para no producir energía cuando no resulta económico.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos, que no están necesariamente dibujados a escala, los números similares pueden describir componentes similares en diferentes vistas. Los dibujos ilustran, en términos generales, a modo de ejemplo, pero no a modo de limitación, diversos ejemplos ilustrativos y una realización de acuerdo con la invención reivindicada que se analiza en el presente documento.

La figura 1 es un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema energético híbrido.

La figura 2 es un gráfico de un ejemplo de un perfil de inicio del sistema energético híbrido, de acuerdo con la invención reivindicada.

La figura 3 es un gráfico de un ejemplo de una operación del sistema energético híbrido.

La figura 4 ilustra una respuesta transitoria de un sistema energético híbrido y un sistema de turbina de gas únicamente.

La figura 5 es un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema energético híbrido.

La figura 6 es un gráfico de un sistema estándar que usa dos generadores de turbina de gas.

La figura 7 es un gráfico de un ejemplo de un sistema energético híbrido.

Descripción detallada

De acuerdo con un aspecto, la presente invención proporciona un sistema energético híbrido, como se reivindica en la reivindicación 1.

La figura 1 muestra un ejemplo de un diagrama de bloques de un sistema energético híbrido 10, que incluye un transformador elevador de generador 16, un GTG 12 y un dispositivo de almacenamiento 14 que puede hacerse funcionar de acuerdo con la invención reivindicada. El transformador elevador 16 está configurado, en un ejemplo, para convertir la emisión del GTG 12, el dispositivo de almacenamiento 14, o ambos, a una tensión más alta antes de proporcionarse a una red eléctrica 20, donde la impedancia de la red eléctrica está representada por el bloque 18. Si bien la figura 1 muestra únicamente un GTG 12 y un dispositivo de almacenamiento 14, los ejemplos no se limitan a esto. Por ejemplo, el sistema energético híbrido 10 puede incluir uno o más GTG 12 acoplados a uno o más dispositivos de almacenamiento 14. Es decir, el GTG 12 puede acoplarse a una pluralidad de los dispositivos de almacenamiento 14 o una pluralidad de los GTG 12 puede acoplarse a una pluralidad de los dispositivos de almacenamiento 14, tal como un banco de almacenamiento energético. Como se muestra, el dispositivo de almacenamiento 14 está acoplado al GTG 12 y cada uno está coubicado eléctricamente en un lado bajo 22 del transformador elevador de generador 16. En un ejemplo, la coubicación eléctrica del GTG 12 y el dispositivo de almacenamiento 14 permite que el sistema energético híbrido 10 funcione como un único recurso de generación o de no generación (p. ej., almacenamiento) con un intervalo operativo desde la capacidad negativa total del uno o más dispositivos de almacenamiento hasta la

capacidad positiva combinada del dispositivo de almacenamiento y el GTG. Como se analiza en el presente documento, coubicar eléctricamente el GTG 12 y el dispositivo de almacenamiento 14 permite que el inversor-rectificador 15 de respuesta más rápida del dispositivo de almacenamiento 14 contribuya en lo que respecta al tiempo de respuesta del GTG en el caso de transitorios de frecuencia de la red eléctrica. De igual manera, la misma coubicación eléctrica permite que el inversor-rectificador 15 tenga la capacidad de soportar transitorios en las tensiones de la red eléctrica siempre que el GTG 12 esté en línea.

En un ejemplo, el sistema 10 está ubicado en múltiples ubicaciones geográficas, de manera que el GTG 12 pueda separarse del dispositivo de almacenamiento 14. Es decir, la huella de la instalación energética híbrida no se limita a una única ubicación contigua, siempre que el GTG 12 y el dispositivo de almacenamiento 14 estén coubicados eléctricamente en el mismo punto de la red eléctrica 20 (p. ej., el lado bajo 22 del transformador elevador 16).

GTG

El GTG 12 está configurado para proporcionar una emisión de potencia, incluyendo hasta una emisión de potencia a plena carga. En un ejemplo, el GTG 12 incluye una turbina, tal como una turbina de gas aeroderivada o de servicio pesado que tiene la emisión de potencia a plena carga en cualquier lugar desde aproximadamente 10 MW hasta aproximadamente 350 MW o más. El GTG 12, en un ejemplo, está configurado para un inicio rápido, tal como aproximadamente 20 minutos o menos, aproximadamente 10 minutos o menos, aproximadamente 5 minutos o menos, o aproximadamente 2 minutos o menos. Iniciar el GTG 12 incluye desde el estado de espera (p. ej., fuera de línea, pero sustancial e inmediatamente listo para iniciarse) hasta una carga deseada del GTG, incluyendo hasta la emisión de potencia a plena carga. Fuera de línea incluye, en un ejemplo, un estado de no producción energética de un GTG. En un ejemplo, el estado de espera del GTG 12 incluye el GTG 12 fuera de línea, pero sustancial e inmediatamente listo para iniciarse. En un ejemplo, el GTG 12 incluye una función de inicio automático configurada para iniciar el GTG 12 en respuesta a un evento de perturbación de frecuencia. Es decir, en un ejemplo, el sistema energético híbrido 10 está configurado para proporcionar la capacidad similar a caída del GTG 12 cuando está fuera de línea en respuesta a un evento de perturbación de frecuencia, tal como un transitorio o un descenso en la frecuencia. Este ejemplo también permite que el inversor-rectificador 15 del dispositivo de almacenamiento suministre soporte de tensión con el GTG 12 en el estado de espera. En un ejemplo, el GTG 12 puede incluir un embrague entre la turbina de gas y el generador, a fin de proporcionar una condensación sustancialmente síncrona. Una configuración de este tipo permite que el sistema 10 proporcione una respuesta sustancialmente continua y sustancialmente inmediata ante los eventos de tensión transitoria de la red eléctrica, que se puede lograr sin quemar combustible ni crear emisiones de combustión.

DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO

El dispositivo de almacenamiento 14 está configurado para almacenar energía. En un ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 14 incluye una batería, tal como un sistema de batería de acción rápida, que incluye un inversor-rectificador 15 para convertir la energía de corriente continua (CC) que se descarga del dispositivo de almacenamiento 14 en energía de corriente alterna (CA) requerida por la red eléctrica 20 o la energía de CA que se produce desde la red eléctrica 20 o el GTG 12 en energía de CC almacenada en el dispositivo de almacenamiento 14. En un ejemplo, el inversor-rectificador 15 es, pero sin limitación, un inversor de cuatro cuadrantes. En un ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 14 está configurado para responder o proporcionar potencia (p. ej., al menos una parte de la energía almacenada) en aproximadamente 60 segundos o menos, aproximadamente 30 segundos o menos, aproximadamente 10 segundos o menos, aproximadamente 5 segundos o menos, aproximadamente 2 segundos o menos, 1,0 segundos o menos, 0,5 segundos o menos, o 0,1 segundos o menos. En un ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 14 y el inversor-rectificador asociado están configurados para recibir (p. ej., cargar) y proporcionar (p. ej., descargar) energía.

En un ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 14 está configurado para cargarse mediante la red eléctrica 20, tal como cuando los costes de mercado de la red eléctrica son inferiores al coste de la producción energética con el GTG 12 (p. ej., el coste de carga del GTG). El coste de mercado de la red es al menos uno de los costes ambientales, monetarios y otros asociados con la obtención de potencia a partir de la red eléctrica 20 y el coste de carga del GTG es al menos uno de los costes ambientales, monetarios y otros asociados con la producción de potencia a un coste de combustible y una tasa de calor establecidos del GTG. En otro ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 14 está configurado para cargarse mediante el GTG 12 cuando los costes de mercado de la red eléctrica son más costosos que el coste de la producción energética con el GTG 12. En un ejemplo, tanto la red eléctrica 20 como el GTG 12 pueden usarse para cargar el dispositivo de almacenamiento 14. En un ejemplo, una parte o toda la emisión del GTG 12 se convierte en CC y se entrega a un bus de CC del dispositivo de almacenamiento 14 y el inversor-rectificador 15 a fin de permitir una mejora adicional en la respuesta de frecuencia primaria, como se describe en el presente documento. La respuesta de frecuencia primaria incluye, por ejemplo, una respuesta dentro de aproximadamente 30 segundos del evento que pretende detener una perturbación de frecuencia. El GTG 12 incluye, en un ejemplo, capacidad de inicio automático de respuesta de frecuencia, de manera que, cuando el GTG 12 está en el estado de espera, la emisión del dispositivo de almacenamiento 14 aumenta sustancialmente de inmediato y el GTG 12 se inicia automáticamente en el caso de un descenso o transitorio de la frecuencia de la red eléctrica. En un ejemplo, la instalación energética híbrida 10 incluye un generador de recuperación de calor residual. El generador de recuperación de calor residual, en un ejemplo, se basa en el ciclo de Rankine orgánico y sustancialmente toda la emisión se

convierte en CC y fluye hasta el bus de CC del inversor-rectificador 15 del dispositivo de almacenamiento.

En un ejemplo, la energía de almacenamiento puede ser de cualquier capacidad siempre que el dispositivo de almacenamiento 14 sea capaz de mantener y proporcionar la energía almacenada mínima necesaria para proporcionar una respuesta de frecuencia primaria durante el período de tiempo mientras el GTG 12 se inicia y aumenta/disminuye hasta una carga deseada, tal como un punto de ajuste de carga del operador, hasta, e incluyendo, a plena carga. En un ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 14 tiene una capacidad de almacenamiento energético de al menos aproximadamente el 5 % de la potencia de emisión a plena carga hasta aproximadamente el 100 % de la potencia de emisión a plena carga del GTG 12. Así mismo, el dispositivo de almacenamiento 14, en un ejemplo, incluye una pluralidad de inversores-rectificadores 15 que tienen al menos el 10 % de la emisión de potencia a plena carga del GTG 12.

En otro ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 14 tiene una capacidad de almacenamiento energético aproximadamente igual a, o mayor que, la emisión de potencia a plena carga del GTG 12. Es decir, el dispositivo de almacenamiento 14 tiene al menos, en un ejemplo, aproximadamente la misma capacidad de descarga de potencia inmediata que el GTG 12 cuando se inicia y está a plena carga. Como se describe en el presente documento, el dispositivo de almacenamiento 14 proporciona una sustitución a corto plazo de la capacidad de generación completa del GTG 12. En un ejemplo, la capacidad energética almacenada del dispositivo de almacenamiento 14 es de al menos aproximadamente 30 minutos, aproximadamente 1 hora, aproximadamente 1,5 horas, aproximadamente 2 horas, o aproximadamente 4 horas o más de descarga de potencia en, o más allá de, la emisión de potencia a plena carga del GTG 12.

Configuraciones

Las configuraciones descritas en el presente documento son ejemplos ilustrativos y una realización de acuerdo con la invención reivindicada que usa el sistema como se describe en relación con la figura 1.

GTG mejorado (EGT, por sus siglas en inglés)

En un ejemplo, el sistema energético híbrido 10 está configurado para usar el dispositivo de almacenamiento 14 con el fin de mejorar las características operativas del GTG 12. Por ejemplo, la capacidad energética almacenada del dispositivo de almacenamiento 14 se usa como reserva giratoria y se usa para proporcionar una respuesta de frecuencia primaria inicial mientras se inicia el GTG 14 desde el estado de espera hasta una emisión de carga deseada del sistema energético híbrido (p. ej., punto de ajuste de carga del operador), tal como hasta, e incluyendo, la emisión de potencia a plena carga. En un ejemplo, el estado de espera incluye un modo sin quema de combustible, en el que se quema entre poco y ningún combustible. Durante los períodos en los que la red eléctrica 20 está funcionando dentro de sus límites operativos normales, tales como los límites operativos de frecuencia o tensión establecidos por los operadores de transmisión o distribución, el GTG 12 está configurado para permanecer en el estado de espera (p. ej., fuera de línea, pero listo para iniciarse sustancialmente de inmediato). En un ejemplo de este tipo, el dispositivo de almacenamiento 14 permanece en línea y la protección transitoria primaria se proporciona mediante la energía almacenada y el inversor-rectificador 15 del dispositivo de almacenamiento 14. Por ejemplo, el sistema energético híbrido 10 está configurado para iniciar el GTG 12 desde el estado de espera hasta la emisión de carga deseada, tal como la emisión de potencia a plena carga, en aproximadamente 20 minutos o menos, aproximadamente 10 minutos o menos, aproximadamente 5 minutos o menos, o en aproximadamente 2 minutos o menos.

Cuando se produce un transitorio de red eléctrica, la energía almacenada del dispositivo de almacenamiento 14 se usa para protección transitoria, de manera que el GTG 12 se inicia, tal como sustancial e instantáneamente, y al menos una parte de una energía almacenada del dispositivo de almacenamiento 14 se transfiere a la red eléctrica. En el caso en el que la red eléctrica 20 requiera energía económica adicional, el generador alimentado por gas puede iniciarse y cargarse sin el uso del dispositivo de almacenamiento 14.

En una realización de acuerdo con la invención reivindicada, la emisión de almacenamiento del dispositivo de almacenamiento 14 no necesita ser aditiva a la emisión del GTG 12, sino que proporciona (p. ej., sustancial e instantáneamente) emisión hasta que el GTG 12 pueda entregar la emisión necesaria para proporcionar una curva de aumento/disminución sustancialmente similar a la del GTG 12 solo, como se describe en el presente documento. Es decir, el dispositivo de almacenamiento 14 está subordinado a una emisión total del sistema energético híbrido 10 de manera que el dispositivo de almacenamiento 14 descarga la diferencia entre la emisión esperada deseada si el GTG 12 se sincronizó inicialmente y la emisión del GTG real, a nivel neto. Por ejemplo, la configuración de EGT mejora el GTG 12 de manera que el sistema energético híbrido funciona de manera suave y continua con una única curva de suministro de energía que aumenta monótonamente.

En un ejemplo, en lugar de estar en el estado de espera, el GTG 12 está configurado para funcionar a una emisión de potencia mínima de menos de aproximadamente el 5 %, menos de aproximadamente el 3 %, o menos de aproximadamente el 1 % de la emisión de potencia a plena carga del GTG 12. La emisión de potencia mínima es la emisión mínima a la que el GTG 12 puede funcionar de manera estable. En una configuración de este tipo, por ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 14 tiene una capacidad energética almacenada de al menos aproximadamente el

5 % de la potencia de emisión a plena carga hasta aproximadamente el 100 % de la potencia de emisión a plena carga del GTG. En un ejemplo de este tipo, cuando se produce un transitorio de red eléctrica, la energía almacenada del dispositivo de almacenamiento 14 se usa para protección transitoria, de tal manera que el GTG 12 aumenta/disminuye, tal como sustancial e instantáneamente, y al menos una parte de una energía almacenada del dispositivo de almacenamiento 14 se transfiere a la red eléctrica. En el caso en el que la red eléctrica 20 requiera energía económica adicional, el generador alimentado por gas puede iniciarse y cargarse sin el uso del dispositivo de almacenamiento 14.

La figura 2 muestra un gráfico 30 de un perfil de inicio del sistema energético híbrido en una realización de acuerdo con la invención reivindicada. Los valores representados en la figura 2 son meramente para fines ilustrativos y no son limitantes. Por ejemplo, la figura 2 ilustra el inicio del GTG (12, figura 1) y el aumento/la disminución posterior del GTG en una configuración de sistema de EGT. En el gráfico 30, el eje "y" representa la emisión de potencia en megavatios (MW) y el eje "x" representa el tiempo transcurrido en minutos. Si bien se muestran la emisión de potencia específica, el almacenamiento energético y los tiempos, estos deben entenderse solo como a modo de ejemplo y no limitan la divulgación actual. El sistema energético híbrido representado en el gráfico 20 incluye un dispositivo de almacenamiento con una capacidad de almacenamiento energético de al menos aproximadamente el 10 % de la emisión de potencia a plena carga del GTG. Así mismo, en el ejemplo representado en la figura 2, el dispositivo de almacenamiento incluye un inversor-rectificador que tiene al menos el 20 % de la emisión de potencia a plena carga del GTG 12.

En el tiempo $T = 0$ minutos, el sistema energético híbrido (10, figura 1) recibe una orden, tal como la detección de un evento transitorio, un evento de mercado, o similares, para iniciar y aumentar/disminuir el GTG hasta una carga deseada 38 de 50 MW. En un ejemplo, la carga deseada 38 es una emisión de carga deseada para el sistema energético híbrido o la emisión de carga deseada del GTG. La carga deseada 38 puede ser una emisión a plena carga parcial del GTG o una emisión a plena carga del GTG. Así mismo, como se ha descrito anteriormente, el GTG está en el estado de espera. Como se muestra mediante la línea 32, el dispositivo de almacenamiento (14, figura 1) descarga al menos una parte de la capacidad energética almacenada sustancial y simultáneamente a la entrega de una orden para iniciar el GTG. Como se muestra en el gráfico 30, una emisión de sistema energético híbrido total 36 es sustancialmente igual a la emisión de dispositivo de almacenamiento 32 desde el tiempo $T = 0$ minutos hasta $T = 3$ minutos. Es decir, la emisión de dispositivo de almacenamiento 36 es igual a la emisión de sistema energético híbrido total 36 cuando la emisión del GTG 34 es de cero MW (p. ej., poner en marcha una secuencia de inicio). La emisión de dispositivo de almacenamiento 32 desde el tiempo $T = 0$ minutos hasta el tiempo $T = 3$ minutos sigue un perfil de aumento/disminución (p. ej., pendiente de 32) similar (p. ej., aumentando de manera continua hacia la carga deseada 38) a ese como si el GTG fuera a aumentar/disminuir por sí solo desde un modo en línea y sincronizado, tal como una emisión de sistema energético híbrido total 36. Sin embargo, a diferencia del aumento/la disminución de un GTG en línea, la descarga del dispositivo de almacenamiento no da como resultado la producción de emisiones, incluyendo, pero sin limitación, los contaminantes del aire, tales como los gases de efecto invernadero. Así mismo, sustancial y simultáneamente al dispositivo de almacenamiento que descarga al menos una parte de su energía almacenada, el GTG pone en marcha su secuencia de inicio, indicada mediante la línea 34.

A modo de ejemplo, mostrado mediante la emisión de GTG 34, la secuencia de sincronización del generador de GTG, el perfil de carga y el calentamiento se pone en marcha en aproximadamente el tiempo $T = 3$ minutos hasta aproximadamente el tiempo $T = 4$ minutos. Como se muestra, en el tiempo $T = 3$ minutos, el dispositivo de almacenamiento reduce su emisión 32 a medida que el GTG comienza a proporcionar una emisión de carga de GTG positiva 34 a la emisión de sistema energético híbrido total 36. El gráfico 30 ilustra un estándar mínimo para el perfil de aumento/disminución de la emisión de sistema energético híbrido total 36. Alternativamente, la emisión de dispositivo de almacenamiento 32 puede mantener un perfil de aumento/disminución positivo sustancialmente constante (p. ej., pendiente de 32) desde el tiempo $T = 3$ minutos hasta el tiempo $T = 4$ minutos o puede mantener una emisión de dispositivo de almacenamiento 32 sustancialmente constante (p. ej., pendiente de cero). En un ejemplo, la emisión de sistema energético híbrido total 36 aumenta de manera continua hacia la carga deseada 38 o tiene un perfil de aumento/disminución con una pendiente de cero durante 1 minuto o menos al mismo tiempo que aumenta/disminuye hasta la emisión de carga deseada. En el tiempo $T = 4$ minutos, el GTG se ha calentado lo suficiente como para continuar aumentando/disminuyendo la emisión 34 hasta la carga de GTG deseada 38. Sustancial y simultáneamente, el dispositivo de almacenamiento reduce la emisión de dispositivo de almacenamiento 32 hasta que ya no se esté descargando, al mismo tiempo que se mantiene un aumento continuo de la emisión de sistema energético híbrido 36 hacia la carga de almacenamiento deseada 38. Como se muestra en la figura 2, en un ejemplo, un sistema energético híbrido total está configurado, tal como la configuración de EGT, para iniciar el GTG desde el estado de espera hasta la emisión de potencia a plena carga y descargar al menos una parte de la energía almacenada del dispositivo de almacenamiento a una tasa de aumento/disminución híbrida que coincide, sustancialmente, con una tasa de aumento/disminución de turbina de gas por sí sola.

De esta manera, la configuración de EGT puede proporcionar respuestas sustancialmente continuas y sustancialmente inmediatas a transitorios y contingencias de la red eléctrica sin al menos una parte de los atributos no deseados de quema innecesaria de combustible, los contaminantes no deseados y la energía no requerida aportada por las unidades de generación de gas habituales de la red eléctrica actual. Por ejemplo, los contaminantes no deseados incluyen la reducción del perfil contaminante (p. ej., contaminantes producidos por MW, tiempo o unidad de

combustible).

Almacenamiento mejorado (ES, por sus siglas en inglés)

En un ejemplo ilustrativo, el sistema energético híbrido (10, figura 1) está configurado para usar el GTG (12, figura 1) con el fin de complementar el dispositivo de almacenamiento (14, figura 1), tal como, por ejemplo, mantener un estado de carga del dispositivo de almacenamiento durante el funcionamiento del sistema energético híbrido, de manera que el dispositivo de almacenamiento de respuesta más rápida esté disponible para responder ante un transitorio de frecuencia de la red eléctrica. En un ejemplo, una parte o toda la emisión del GTG puede convertirse en CC y entregarse a un bus de CC del dispositivo de almacenamiento, tal como el inversor-rectificador (15, figura 1), para permitir una mejora uniforme (p. ej., más rápida) en lo que respecta a la respuesta de frecuencia primaria. Adicionalmente, en un ejemplo, el GTG está equipado con una capacidad de inicio automático de respuesta de frecuencia para casos en los que el GTG está en el estado de espera. En un ejemplo, el sistema energético híbrido incluye un generador de recuperación de calor residual.

La configuración de ES incluye, en un ejemplo, que la capacidad energética almacenada del dispositivo de almacenamiento sea aproximadamente igual a, o mayor que, la emisión de potencia a plena carga del GTG. Es decir, el dispositivo de almacenamiento tiene al menos, en un ejemplo, aproximadamente la misma capacidad de descarga de potencia inmediata que el GTG cuando se inicia y está a plena carga. Como se describe en el presente documento, el dispositivo de almacenamiento proporciona una sustitución a corto plazo de la capacidad de generación completa del GTG. En un ejemplo, la capacidad energética almacenada del dispositivo de almacenamiento es de al menos aproximadamente 15 minutos, aproximadamente 1 hora, aproximadamente 1,5 horas, aproximadamente 2 horas, o aproximadamente 4 horas o más de descarga de potencia en, o más allá de, la emisión de potencia a plena carga del GTG.

La figura 3 muestra un gráfico 40 de un ejemplo de una operación, tal como la emisión de regulación, del sistema energético híbrido, tal como gestionar un estado de carga del dispositivo de almacenamiento con el GTG. Los valores representados por la figura 3 y la tabla 1 son, simplemente, a modo de ejemplo y no son limitantes. En el gráfico 40, el eje "y" izquierdo representa MW y pertenece a las líneas 44, 46 y 48; el eje "y" derecho representa MWh y pertenece a la línea 42; el eje "x" representa el tiempo en minutos y pertenece a cada una de las líneas 42, 44, 46 y 48. Como se muestra en la figura 3, la emisión de GTG 46, desde aproximadamente el tiempo $T = 1$ minuto hasta aproximadamente el tiempo $T = 5$ minutos es

aproximadamente una constante de 25 MW. Durante esta ventana de tiempo (1 a 5 minutos), el aumento/la disminución de regulación 48 varía significativa y aleatoriamente. En respuesta al aumento/a la disminución de regulación 48 variable, el dispositivo de almacenamiento responde sustancial e inmediatamente de manera similar en su descarga 44. Por ejemplo, desde el tiempo $T = 3$ minutos hasta el tiempo $T = 4$ minutos, el aumento/la disminución de regulación 48 disminuye y la emisión de dispositivo de almacenamiento 44 también disminuye. Esto se logra mediante la emisión de GTG 46 en exceso con respecto a la emisión de regulación requerida. El exceso de energía se desvía para cargar el dispositivo de almacenamiento con el fin de mantener su estado de carga 42 relativamente constante en aproximadamente 100 MWh. De manera similar, cuando el aumento/la disminución de regulación aumenta 48, por ejemplo, desde el tiempo $T = 4$ minutos hasta el tiempo $T = 5$ minutos, la emisión de dispositivo de almacenamiento 44 aumenta la emisión para que coincida con la demanda. Como se puede observar en la figura 3, esta relación es cierta incluso en lo que respecta a los aumentos de emisión de sistema energético híbrido general de aproximadamente 25 MW a aproximadamente 44 MW. En un ejemplo, el dispositivo de almacenamiento está configurado para responder (p. ej., sustancial y simultáneamente) antes que el GTG cuando se detecta la demanda de regulación durante el funcionamiento del sistema energético híbrido. Al mantener el estado de carga 42 del dispositivo de almacenamiento, el sistema energético híbrido es capaz de responder de manera sustancialmente inmediata ante las operaciones, tal como la regulación, mientras el GTG está en línea.

Como se muestra en la figura 3, durante las fluctuaciones en el aumento/la disminución de regulación 48, el estado de carga del dispositivo de almacenamiento 42 permanece sustancialmente constante, aproximadamente 100 MWh. Esto se logra mediante la carga y descarga del dispositivo de almacenamiento en respuesta a cada uno de los cambios del aumento/la disminución de regulación 48. La tabla 1, titulada "Gestión del estado de carga con el GTG en la figura 3", corresponde al gráfico 40, que incluye el estado de carga 42, la emisión de dispositivo de almacenamiento 44, la emisión de GTG 46, el aumento/la disminución de regulación 48. Como se muestra en la Tabla 1, desde el tiempo $T = 1$ minuto hasta el tiempo $T = 5$ minutos, la emisión de GTG deseada es de 24 MW, lo que permite que el GTG, suponiendo un GTG de 50 MW para este ejemplo, funcione a media potencia. Sin embargo, en el tiempo $T = 5$ minutos, el aumento/la disminución de regulación aumenta hasta 43,4 MW. De este modo, la emisión de dispositivo de almacenamiento aumenta sustancialmente de inmediato hasta 19,4 MW para proporcionar una emisión además de la emisión de GTG de 24 MW, a fin de proporcionar la emisión de aumento/disminución de regulación de 43,4 MW (p. ej., $19,4 \text{ MW} + 24 \text{ MW} = 43,4 \text{ MW}$). Debido a los requisitos de carga más altos iniciados por el aumento/la disminución de regulación en el tiempo $T = 5$ minutos, la emisión de GTG aumenta hasta 40 MW desde el tiempo $T = 6$ minutos hasta el tiempo $T = 10$ minutos, como se muestra mediante la pendiente positiva de la línea 46 en la figura 3. Durante ese marco de tiempo de aumento/disminución del GTG desde el tiempo $T = 6$ minutos hasta el tiempo $T = 10$ minutos, el dispositivo de almacenamiento continúa respondiendo ante cualquier aumento/disminución de

regulación. Por ejemplo, en el tiempo $T = 6$ minutos, el aumento/la disminución de regulación disminuye hasta 21,9 MW. Sin embargo, el GTG ya ha comenzado a aumentar su emisión por encima de 24 MW. La emisión del GTG en exceso de la emisión de aumento/disminución de regulación de 21,9 MW se proporciona al dispositivo de almacenamiento para mantener el estado de carga del dispositivo de almacenamiento. Por ejemplo, la emisión del dispositivo de almacenamiento se reduce hasta -18,10 MW (p. ej., cargando) mientras la emisión del GTG es de 40 MW, a fin de proporcionar el aumento/la disminución de regulación de 21,9 MW en el tiempo $T = 6$ minutos (p. ej., $40 \text{ MW} + (-18,1 \text{ MW}) = 21,9 \text{ MW}$).

Así mismo, como se muestra en la Tabla 1, desde el tiempo $T = 1$ hasta el tiempo $T = 15$, la emisión de aumento/disminución de regulación total para el ejemplo fue de 9,12 MWh. Si bien el dispositivo de almacenamiento está configurado para responder, en primer lugar, al aumento/a la disminución de regulación, la emisión total para el dispositivo de almacenamiento fue de 0,45 MWh, mientras que la emisión de la turbina de gas fue de 8,67 MWh. Como se muestra en la figura 3 y la tabla 1 correspondiente, el dispositivo de almacenamiento realiza la regulación de acción rápida y el GTG mantiene el estado de carga del dispositivo de almacenamiento, de modo que el dispositivo de almacenamiento continúa respondiendo a una tasa rápida sin que se agote la carga del dispositivo de almacenamiento.

Tabla 1. Gestión del estado de carga con el GTG en la figura 3

Tiempo (minuto)	Emisión de dispositivo de almacenamiento 44 (MW)	Emisión de GTG 46 (MW)	Regulación de aumento/disminución 48 (MW)	Emisión de dispositivo de almacenamiento (MWh)	Emisión de GTG (MWh)	Aumento/disminución de regulación (MWh)	Estado de carga de dispositivo de almacenamiento 42 (MWh)
1	20,00	24,00	44,00	0,33	0,40	0,73	99,67
2	-25,00	24,00	-1,00	-0,42	0,40	-0,02	100,08
3	-2,20	24,00	21,80	-0,04	0,40	0,36	100,12
4	-30,00	24,00	-6,00	-0,50	0,40	-0,10	100,62
5	19,40	24,00	43,40	0,32	0,40	0,72	100,30
6	-18,10	40,00	21,90	-0,30	0,67	0,37	100,60
7	44,30	40,00	84,30	0,74	0,67	1,41	99,86
8	-50,00	40,00	-10,00	-0,83	0,67	-0,17	100,69
9	20,00	40,00	60,00	0,33	0,67	1,00	100,36
10	-5,00	40,00	35,00	-0,08	0,67	0,58	100,44
11	-35,00	40,00	5,00	-0,58	0,67	0,08	101,03
12	43,20	40,00	83,20	0,72	0,67	1,39	100,31
13	43,80	40,00	83,80	0,73	0,67	1,40	99,58
14	-6,80	40,00	33,20	-0,11	0,67	0,55	99,69
15	8,60	40,00	48,60	0,14	0,67	0,81	99,55
MWh totales				0,45	8,67	9,12	

EGT, ES, Comparación de únicamente batería y únicamente GTG

La tabla 2, titulada "Configuraciones de ejemplo de sistema energético híbrido", proporciona, a continuación, un ejemplo de una configuración de EGT, una configuración de ES, una configuración de únicamente almacenamiento de batería y una configuración de únicamente GTG. Como se muestra en la Tabla 2, la configuración de EGT es una mejora sustancial con respecto a la configuración de únicamente GTG por el hecho de que el intervalo operativo se alarga en el extremo inferior en aproximadamente un 50 % y proporciona productos libres de emisiones y de fiabilidad en la red eléctrica hasta el momento en que el GTG sea realmente necesario para responder ante un evento de fiabilidad. Como se demuestra, adicionalmente, en la tabla 2, la configuración de ES es una mejora sustancial con respecto a la configuración de únicamente batería por el hecho de que su intervalo operativo se alarga aproximadamente un 50 % en el extremo superior y proporciona tiempos de funcionamiento más largos.

Tabla 2. Configuraciones de ejemplo de sistema energético híbrido

	GTG mejorado (EGT, por sus siglas en inglés)	Almacenamiento mejorado (ES, por sus siglas en inglés)	Únicamente almacenamiento de batería	Únicamente turbina de gas
Pmín	0,1 MW	-50 MW	-50 MW	25 MW

(continuación)

	GTG mejorado (EGT, por sus siglas en inglés)	Almacenamiento mejorado (ES, por sus siglas en inglés)	Únicamente almacenamiento de batería	Únicamente turbina de gas
P _{máx}	49 MW	99 MW	50 MW	49 MW
Respuesta de frecuencia primaria	49 MW	99 MW	50 MW	24 MW
Regulación de tensión libre de emisiones	10 MVAR	50 MVAR	50 MVAR	0 MVAR
Reserva giratoria libre de emisiones	49 MW	99 MW	50 MW	0 MW
Emisión de energía	49 MW durante horas ilimitadas	99 MW durante 4 horas, 49 MW durante horas ilimitadas	50 MW durante 4 horas	49 MW durante horas ilimitadas
Tasa de calor de la energía, BTU/kWh	9.850	Tasa de calor del mercado limitada a aproximadamente 12 000	Tasa de mercado	9.850

Respuesta transitoria de ES

- 5 La figura 4 ilustra una respuesta transitoria de una configuración de sistema energético híbrido de ES que tiene un GTG de 50 MW y un dispositivo de almacenamiento que tiene una capacidad energética almacenada de 50 MW en comparación con un sistema de turbina de gas únicamente de 100 MW. Por ejemplo, se usa la configuración de sistema energético híbrido de ES y no debe interpretarse como limitante de la presente materia objeto a únicamente una configuración de este tipo. La figura 4 ilustra un gráfico 50 de una caída de frecuencia de 0,3 hercios (Hz) cuando un sistema energético híbrido y un sistema de turbina de gas únicamente están en línea. Como se muestra en el gráfico 50, la emisión de ES de sistema energético híbrido 52 proporciona una respuesta de frecuencia primaria más rápida que la emisión de sistema de turbina de gas únicamente 54 de 100 MW. Según lo diseñado siguiendo los estándares de la industria, la respuesta de frecuencia primaria mejorada del sistema energético híbrido de ES vale aproximadamente el triple que la de un GTG síncrono promedio reajustado. Véase "FREQUENCY RESPONSE STUDY", ISO de California, 2011. De este modo, la figura 4 ilustra que el sistema energético híbrido de ES proporciona al menos el doble del servicio de regulación de frecuencia que el sistema de turbina de gas únicamente de 100 MW.

Aplicación de un sistema energético híbrido (sistema híbrido)

- 20 Como se analiza en el presente documento, el sistema híbrido también se puede utilizar en diversas aplicaciones de potencia industriales y/o insulares (p. ej., un bus aislado). En aplicaciones de potencia industriales y/o insulares, los conjuntos de generación de turbina de gas (p. ej., más de un generador de turbina de gas, tal como dos generadores de turbina de gas) pueden someterse a grandes oscilaciones rutinarias de carga. A modo de ejemplo, en operaciones de minería, las oscilaciones de carga se pueden atribuir al equipo descendente y ascendente. La potencia requerida para la oscilación de la carga, generalmente, no es consistente, sino que aumenta y disminuye rápida e intermitentemente. Estas oscilaciones de carga pueden resultar difíciles de gestionar y pueden provocar problemas relacionados con la fiabilidad debido a las paradas de la unidad y al desgaste acelerado de los componentes de la turbina, lo que conduce a altos costes de ciclo de vida.
- 30 Con el fin de mantener la fiabilidad, los enfoques anteriores tienen una turbina de gas adicional que trabaja con una carga mínima o comparte alguna parte de la carga. Si bien esta disposición protege la fiabilidad al permitir que una segunda turbina de gas recoja la carga en caso de que la turbina de gas se pare y quede fuera de línea, también requiere que una o ambas turbinas de gas trabajen con una carga más baja, lo que resulta menos eficiente.
- 35 En un ejemplo, el sistema híbrido de la presente divulgación puede usarse en aplicaciones de potencia industriales y/o insulares a fin de permitir que las turbinas de gas trabajen de la manera más eficiente y minimizar el desgaste acelerado de los componentes de la turbina. La figura 5 ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema energético híbrido 60, de acuerdo con la presente divulgación. El sistema energético híbrido 60 incluye dos o más generadores de turbina de gas (GTG) 62, 64 y uno o más dispositivos de almacenamiento 66 que pueden proporcionar potencia a una aplicación 68, tal como una aplicación de potencia industrial y/o insular. Los GTG 62, 64 pueden ser los GTG 12 descritos en la figura 1 y el dispositivo de almacenamiento 66 puede ser el dispositivo de almacenamiento 14 descrito en la figura 1. En un ejemplo, El GTG 62 puede ser un GTG primario y el GTG 64 puede ser un GTG adicional o secundario.
- 40 En un ejemplo, la aplicación 68 es una aplicación que no está conectada a una red eléctrica, tal como la red eléctrica 20 de la figura 1. Aunque, en la figura 5, se muestran únicamente dos GTG 62, 64 y un dispositivo de almacenamiento 66, se puede usar cualquier número de GTG primarios y secundarios y dispositivos de almacenamiento. Como se

muestra en la figura 5, el dispositivo de almacenamiento 66 está acoplado a los GTG primario y secundario 62, 63. El sistema 60 mostrado en la figura 5 permite que los GTG primario y secundario 62, 64 trabajen en el punto operativo más eficiente y permanezcan con una carga estable, mientras que el dispositivo de almacenamiento 66 puede controlar cualquier oscilación de carga o una parte de la oscilación de carga.

En un ejemplo, uno o más GTG primarios (p. ej., el GTG primario 62) pueden configurarse para funcionar en un modo de caída a fin de controlar oscilaciones de carga dentro del umbral de tasa de aumento/disminución, que es un intervalo predefinido de una carga que el GTG 62 puede proporcionar, de manera que el GTG 62 sea estable. Si la oscilación de carga está fuera del umbral de tasa de aumento/disminución, el dispositivo de almacenamiento 66 puede configurarse para controlar la totalidad de la oscilación de carga o la parte de la oscilación de carga fuera del umbral de tasa de aumento/disminución. La emisión de carga estable para cada GTG puede variar y puede depender de su aplicación y otros parámetros. Si la oscilación de carga está dentro del umbral de oscilación de carga, el GTG primario 62 puede proporcionar la carga adicional. Sin embargo, si la oscilación de carga es mayor que, o está fuera de, el umbral de tasa de aumento/disminución, el dispositivo de almacenamiento 66 puede proporcionar la carga para acomodar la oscilación de carga. En un ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 66 puede proporcionar la potencia para acomodar cualquier oscilación de carga mayor que la emisión de carga estable. En otro ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 66 puede proporcionar la potencia para acomodar cualquier oscilación de carga que esté por encima del umbral de tasa de aumento/disminución.

En un ejemplo con un sistema con una carga base de 90 MW y una oscilación de carga máxima de ± 10 MW, donde hay tres (3) turbinas de gas, cada una con una capacidad nominal de 50 MW y un sistema de batería de 20 MW (p. ej., sistema de almacenamiento), el sistema híbrido tendría dos (2) turbinas de gas trabajando a 45 MW y una turbina de gas apagada en modo de espera, y el sistema de almacenamiento gestionaría todas las oscilaciones de carga. Por lo tanto, el sistema híbrido 60 permite que uno o más GTG primarios 62 funcionen con la carga estable, incluso cuando hay una oscilación de carga porque el dispositivo de almacenamiento 66 puede proporcionar la potencia para la carga adicional.

En otro ejemplo, en el caso de que el GTG 62 primario se quede fuera de línea, p. ej., se pare o se someta a mantenimiento, el dispositivo de almacenamiento 66 puede soportar todas las cargas críticas hasta que el GTG secundario (tal como el GTG 64) se ponga en línea. Por lo tanto, el GTG secundario 64 no necesita trabajar a una carga mínima solo en caso de que el GTG primario 62 se pare o se quede fuera de línea. El sistema 60 de la figura 5 protege la fiabilidad al tener el dispositivo de almacenamiento 66 listo para proporcionar una respuesta inmediata si el GTG 62 primario se para y queda fuera de línea, sino que también proporciona ahorros de combustible y ciclos de mantenimiento reducidos para los GTG 62, 64.

La figura 6 ilustra un gráfico de un sistema estándar. El gráfico incluye la potencia de emisión (MW) en el eje "y" y el tiempo (min) en el eje "x" para dos GTG (p. ej., un GTG primario (GT1) y un GTG secundario (GT2)). La línea 70 representa la emisión del GTG primario y la línea 72 representa la emisión del GTG secundario. Como se observa en la figura 6, la emisión del GTG primario (línea 70) permanece constante y la emisión del GTG secundario (línea 72) fluctúa y cambia con las oscilaciones de carga correspondientes a las necesidades de potencia variables. Es decir, durante el funcionamiento, el GTG secundario está trabajando al mínimo con el fin de estar listo para proporcionar la potencia para cualquier oscilación de carga. Así, el GTG secundario trabaja de manera ineficiente y puede aumentar el coste, así como acelerar el desgaste del GTG secundario.

En contraste con la figura 6, la figura 7 es un gráfico de un sistema energético híbrido (p. ej., el sistema híbrido 60 mostrado en la figura 5), de acuerdo con la presente divulgación. El gráfico incluye la emisión de potencia (MW) en el eje "y" y el tiempo (min) en el eje "x" para dos GTG (GTG primario (GT1); línea 80 y GTG secundario (GT2); línea 84), el dispositivo de almacenamiento (batería; línea 86) y la emisión neta de la planta (es decir, la emisión del GTG más la emisión de la batería; línea 82). Como se observa en la figura 7, el GTG secundario (línea 84) puede permanecer fuera de línea, mientras que el dispositivo de almacenamiento (línea 86) puede usarse para proporcionar la potencia adicional para cualquier oscilación de carga. Por lo tanto, el sistema híbrido 60 puede mantener la fiabilidad al hacer que el dispositivo de almacenamiento 66 proporcione una respuesta inmediata cuando el GTG primario 62 se queda fuera de línea. El GTG secundario 64 únicamente se iniciará si el GTG primario 62 se queda fuera de línea. En ese caso, el dispositivo de almacenamiento 66 proporcionará la potencia inicial hasta que el GTG secundario 64 esté en funcionamiento.

En un sistema de ejemplo con una carga base de 90 MW y una oscilación de carga máxima de ± 10 MW, donde hay tres (3) turbinas de gas, cada una con una capacidad nominal de 50 MW y un sistema de batería de 20 MW (p. ej., sistema de almacenamiento), el sistema híbrido mantendría la fiabilidad si una de las dos (2) turbinas de gas se quedase fuera de línea. Por ejemplo, el sistema de almacenamiento podría proporcionar la potencia para la carga adicional que se proporcionó a la turbina de gas que se desconectó hasta que se pudo iniciar la tercera turbina de gas. Así mismo, el sistema híbrido también podría hacer trabajar las dos turbinas de gas a una carga de entre 45 MW y 50 MW, según sea necesario, para cargar la batería.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema energético híbrido, que comprende:

- 5 un transformador elevador de generador (16);
un generador de turbina de gas, GTG, (12) configurado para proporcionar una emisión de potencia a plena carga;
un dispositivo de almacenamiento (14) configurado para almacenar energía,
10 en donde el GTG (12) y el dispositivo de almacenamiento (14) están coubicados eléctricamente en un lado bajo del transformador elevador de generador (16),
en donde el sistema energético híbrido está configurado para usar el GTG (12) con el fin de complementar el
dispositivo de almacenamiento (14) para mantener un estado de carga del dispositivo de almacenamiento (14)
dentro de un intervalo especificado desde un estado de carga objetivo,
15 caracterizado por que el sistema energético híbrido está configurado para iniciar el GTG (12) desde un estado de espera a una emisión de potencia deseada del sistema energético híbrido y descargar al menos una parte de la
energía almacenada del dispositivo de almacenamiento (14) a una tasa de aumento/disminución híbrida para
descargar energía de acuerdo con una diferencia entre una tasa de aumento/disminución de turbina de gas por sí
sola como si el GTG (12) fuera a aumentar/disminuir por sí solo de estar en un modo en línea y sincronizado, y la
emisión de potencia real del GTG (12), a nivel neto.
- 20 2. El sistema energético híbrido de la reivindicación 1, en donde el dispositivo de almacenamiento (14) está configurado para cargarse mediante el GTG (12).
3. El sistema energético híbrido de una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en donde el dispositivo de
almacenamiento (14) está configurado para cargarse mediante una red eléctrica si un coste de mercado de la red es
25 menor que un coste de carga del GTG.
4. El sistema energético híbrido de una cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 y 3, en donde el dispositivo de
almacenamiento (14) está configurado para cargarse mediante el GTG (12) si un coste de carga del GTG (12) es
menor que un coste de mercado de la red.
- 30 5. El sistema energético híbrido de cualquier reivindicación anterior, en donde una emisión del GTG (12) en exceso
de una emisión de regulación requerida se desvía para cargar el dispositivo de almacenamiento (14) con el fin de
mantener el estado de carga del dispositivo de almacenamiento (14) dentro del intervalo especificado desde el estado
de carga objetivo.
- 35 6. El sistema energético híbrido de la reivindicación 5, en donde la emisión del GTG (12) en exceso de la emisión de
regulación requerida se determina mediante una diferencia entre la emisión del GTG (12) y la emisión de regulación
requerida.
- 40 7. El sistema energético híbrido de cualquier reivindicación anterior, en donde el intervalo especificado desde el estado
de carga objetivo está dentro de dos megavatios hora desde el estado de carga objetivo.
8. El sistema energético híbrido de cualquier reivindicación anterior, en donde el intervalo especificado desde el estado
de carga objetivo está dentro de un megavatio hora desde el estado de carga objetivo.
- 45 9. El sistema energético híbrido de cualquier reivindicación anterior, en donde el sistema energético híbrido está
configurado de manera que el estado de carga del dispositivo de almacenamiento (14) varía menos del cinco por
ciento durante el funcionamiento del sistema energético híbrido.

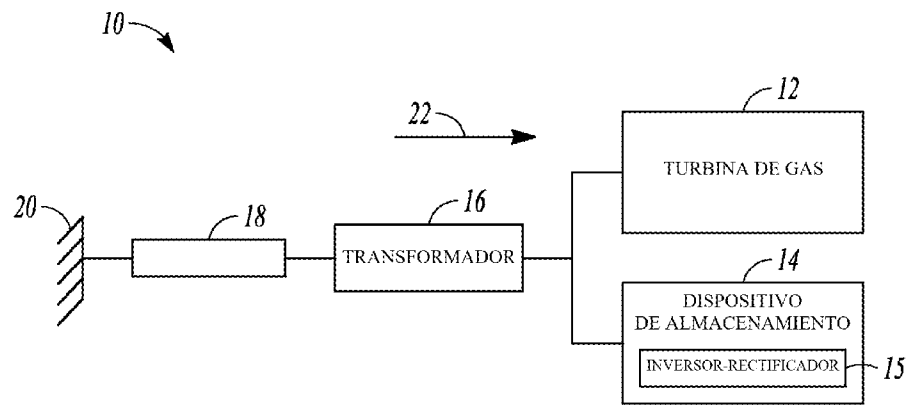


FIG. 1

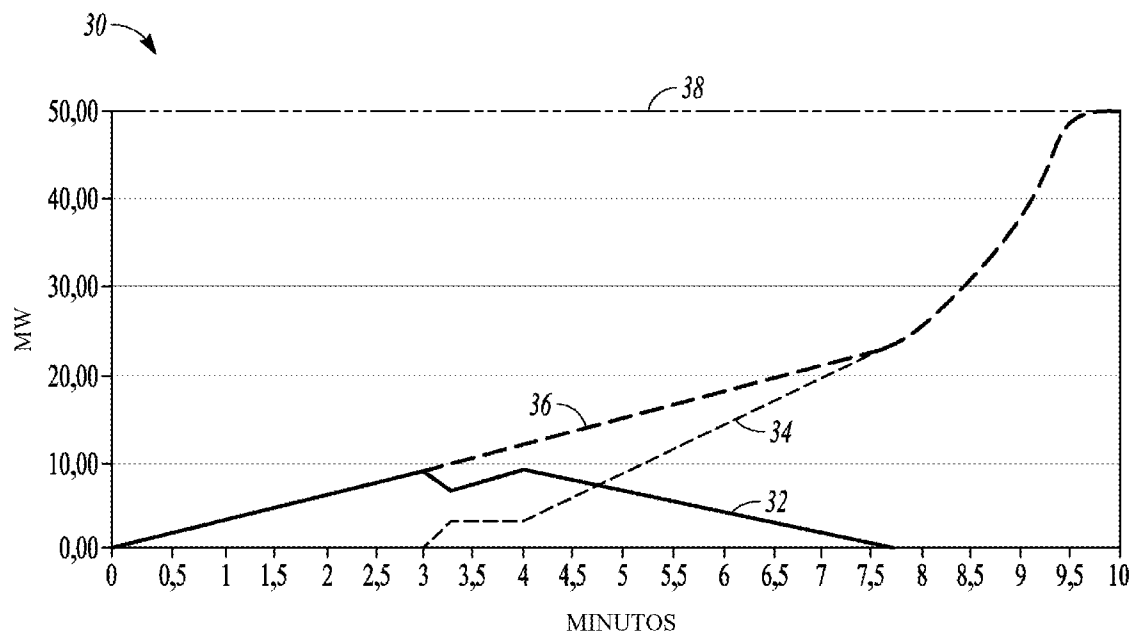


FIG. 2

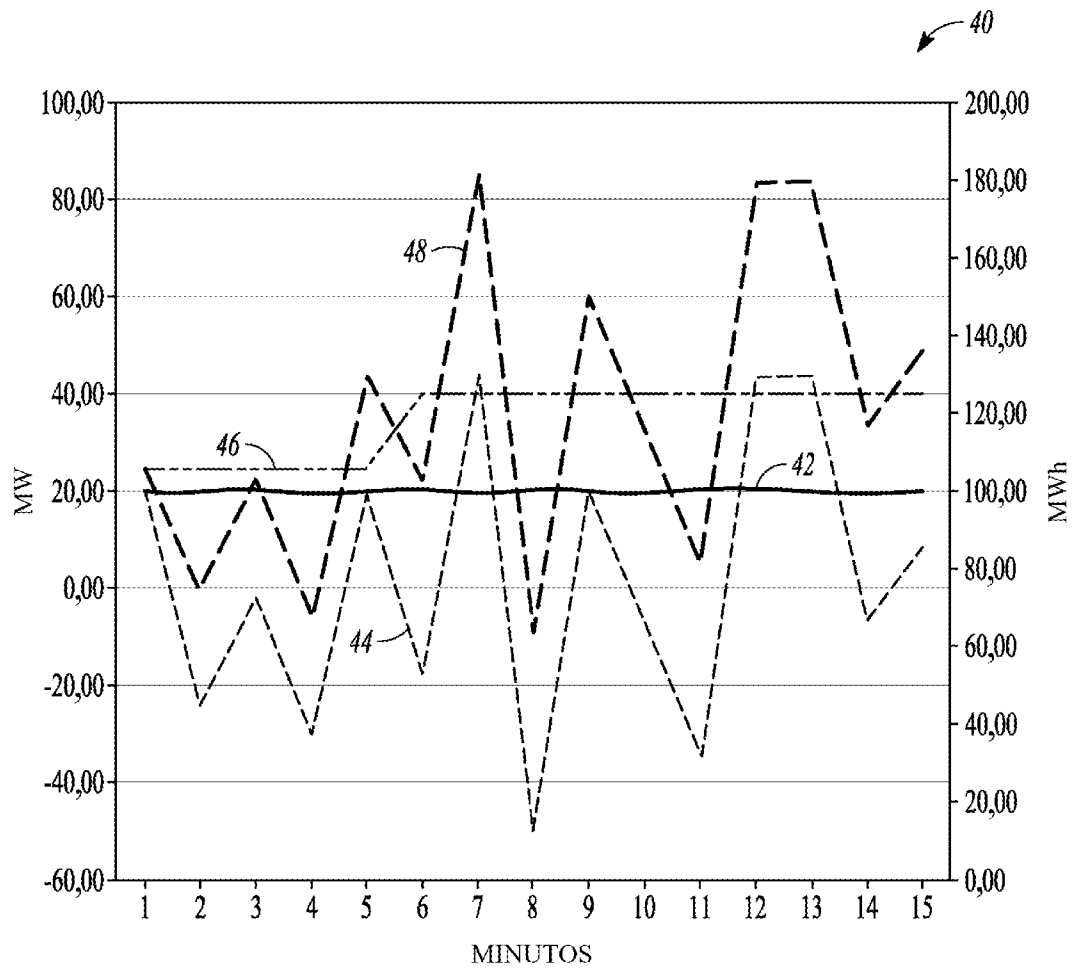


FIG. 3

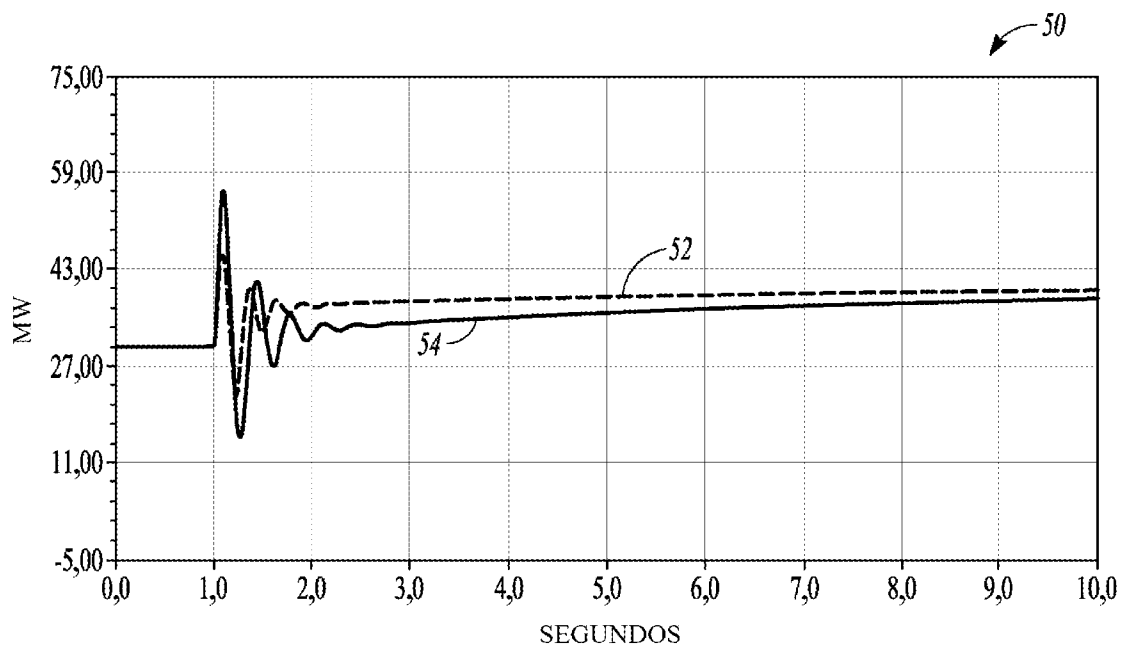


FIG. 4

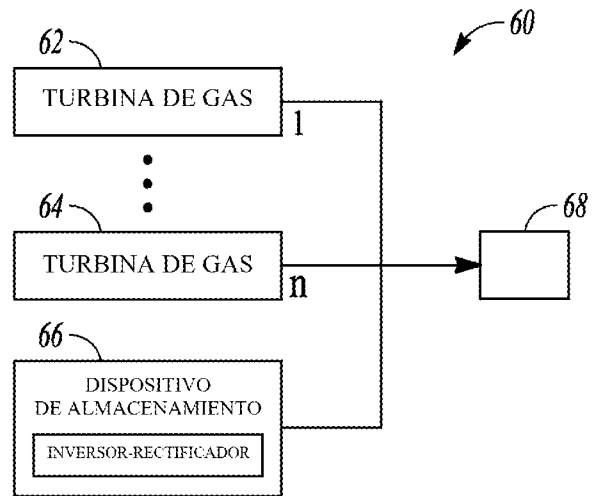


FIG. 5

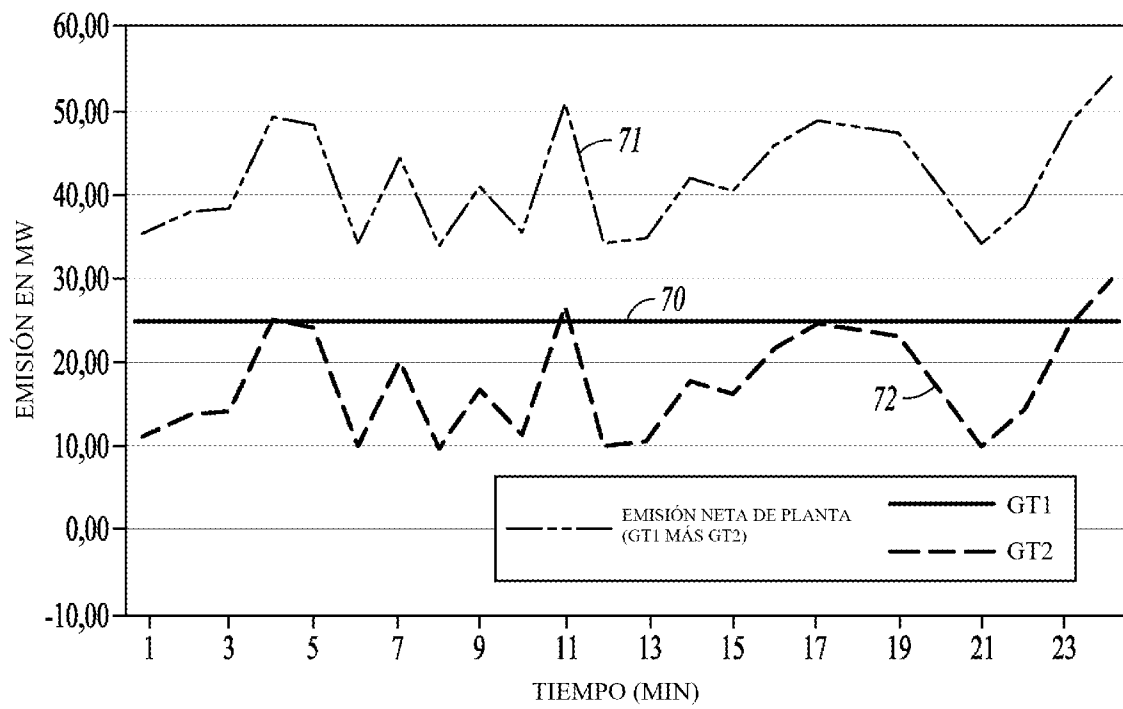


FIG. 6

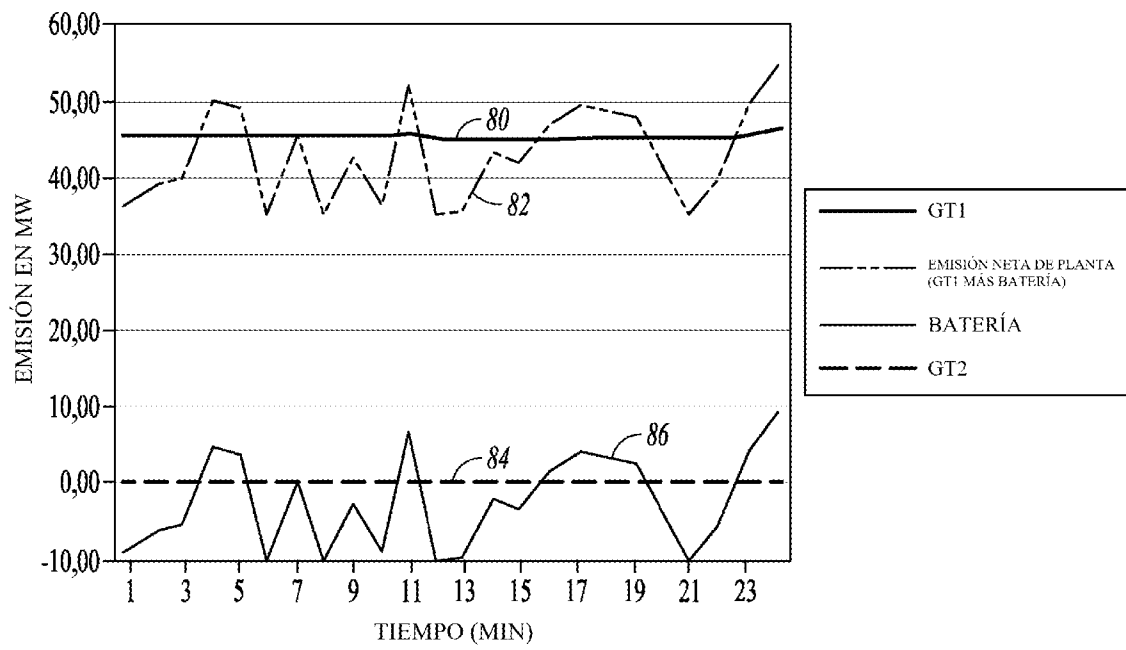


FIG. 7