

SISTEMAS INFORMÁTICOS AUTÓNOMOS DE ALTA DENSIDAD ENERGÉTICA Y MÉTODOS DE USO

ÁMBITO TÉCNICO

[001] El presente documento se refiere a sistemas informáticos autónomos de alta densidad energética, sistemas de minería de cadenas de bloques y métodos de uso relacionados.

ANTECEDENTES

[002] Los párrafos siguientes no constituyen una admisión de que nada de lo que se expone en ellos sea parte del estado de la técnica o del conocimiento de los expertos en la materia.

[003] Los centros de datos tradicionales suelen centrarse en proporcionar recursos informáticos escalables, almacenamiento y servicios de red para dar soporte a una variedad de aplicaciones y cargas de trabajo multiinquilino de uso general, dando prioridad a la fiabilidad, la flexibilidad, la escalabilidad, la disponibilidad, la facilidad de uso y la seguridad. Los centros de datos de computación de alta densidad energética (HEDC) están diseñados y optimizados específicamente para tareas que requieren un uso intensivo de la computación, como la minería de cadenas de bloques, la computación de alto rendimiento (HPC), la supercomputación, el entrenamiento de modelos de lenguaje grandes (LLM), el aprendizaje automático (ML), la inteligencia artificial (IA), las redes neuronales y la modelización del clima global. Los sistemas HEDC dan prioridad a la potencia de cálculo bruta utilizando configuraciones de hardware especializadas de unidades de procesamiento gráfico (GPU) de alto rendimiento, unidades de procesamiento tensorial (TPU), unidades centrales de procesamiento (CPU), matrices de puertas programables en campo (FPGA) y circuitos integrados específicos para aplicaciones (ASIC) optimizados para acelerar la tarea computacional específica del HEDC en detrimento de la computación de uso general. Los sistemas HEDC requieren amplias tecnologías de energía y refrigeración para funcionar con éxito. En muchas aplicaciones HEDC, como la minería de cadenas de bloques, los sistemas no son rentables, ya que el coste de la energía es similar o superior a los ingresos potenciales obtenidos de las actividades informáticas. Bitcoin es el sistema blockchain más famoso que existe y es un ejemplo de moneda digital descentralizada que funciona independientemente de los bancos centrales y utiliza criptografía (autenticada mediante procesos de minería) para asegurar y verificar las transacciones en un libro de contabilidad público llamado blockchain. Bitcoin requiere una cantidad significativa de energía para funcionar, ya que su proceso de

minería implica resolver problemas matemáticos complejos que requieren una gran potencia de cálculo.

[004] La conversión de energía térmica oceánica (OTEC) es una tecnología de energía renovable que aprovecha la diferencia de temperatura del agua del océano para generar electricidad. La OTEC tiene el potencial de proporcionar una fuente importante de energía limpia y sostenible. Sin embargo, los proyectos anteriores de OTEC no han logrado proporcionar soluciones energéticas escalables, fiables y rentables, y no se han adoptado de forma generalizada en todo el mundo.

RESUMEN

[005] Se describe un sistema autónomo de centro de datos informáticos de alta densidad energética (HEDC) que comprende: un motor térmico de baja temperatura (LTHE) con un circuito de fluido de trabajo que se extiende entre una fuente de calor y un disipador de calor; un dispositivo HEDC conectado para recibir la electricidad generada por el LTHE; un intercambiador de calor en el circuito de fluido de trabajo; y un circuito de refrigerante extendido entre el dispositivo HEDC y el circuito de fluido de trabajo (intercambiador de calor).

[006] También se describe un método que comprende: generar electricidad utilizando un motor térmico de baja temperatura (LTHE); operar un dispositivo HEDC, utilizando la electricidad generada por el LTHE, para llevar a cabo procesos informáticos; y enfriar el dispositivo HEDC mediante intercambio de calor con el fluido de trabajo del LTHE.

[007] También se describe un sistema informático autónomo de alta densidad energética que comprende: un motor térmico de baja temperatura (LTHE) con un circuito de fluido de trabajo extendido entre una fuente de calor y un disipador de calor; un centro de datos conectado para recibir la electricidad generada por el LTHE; un intercambiador de calor en el circuito de fluido de trabajo; y un circuito de refrigerante extendido entre el centro de datos y el intercambiador de calor.

[008] También se describe un método que comprende: generar electricidad utilizando un motor térmico de baja temperatura (LTHE); operar un dispositivo informático de alta densidad energética (HEDC), utilizando la electricidad generada por el LTHE, para llevar a cabo procesos del centro de datos; y enfriar el dispositivo HEDC mediante intercambio de calor con el fluido de trabajo del LTHE.

[009] Las realizaciones de la presente divulgación se refieren al campo de la conversión de energía y la computación, y específicamente a motores térmicos de baja temperatura y

computación de alta densidad energética. Más concretamente, algunas realizaciones se refieren a un sistema que mejora la eficiencia de un motor térmico de baja temperatura mediante la reintegración del calor generado por la computación de alta densidad energética, que es alimentada por el motor térmico. En algunos casos, la divulgación combina dos tecnologías, un motor térmico de baja temperatura y la computación de alta densidad energética, para crear un sistema sinérgico que maximiza la eficiencia energética y reduce los residuos. El sistema puede utilizar el calor residual generado por el sistema de computación de alta densidad energética como fuente de calor dentro de un motor térmico de baja temperatura, creando un sistema singular de circuito cerrado que mejora la eficiencia general de ambas tecnologías. La divulgación proporciona una solución al reto de utilizar eficazmente el calor residual de la computación de alta densidad energética en motores térmicos de baja temperatura y contribuye al campo de la conversión de energía mediante la creación de un sistema energético más sostenible y eficiente.

[0010] En algunos casos, se describe un método para extraer energía eléctrica de una fuente de calor de baja temperatura inicial mediante un motor térmico de baja temperatura (LTHE) para alimentar un centro de datos de computación de alta densidad energética (HEDC), en el que el calor residual generado por el subsistema HEDC se transfiere de nuevo al subsistema LTHE mediante un medio de transferencia de calor y una planta de intercambio de calor. El uso de un HEDC-LTHE acoplado, tal y como se describe, puede dar lugar a una solución de refrigeración eficiente y rentable para los sistemas HEDC, en comparación con los métodos de refrigeración convencionales, y aumenta la eficiencia al tiempo que reduce los costes de un LTHE.

[0011] En algunos casos, las realizaciones descritas proporcionan uno o más de los siguientes elementos: un diseño totalmente integrado, un sistema único; dispositivos informáticos que forman parte de un motor térmico; dispositivos mejorados de motor térmico de baja temperatura; un sistema HEDC basado en un barco; un método de funcionamiento mientras se navega (es decir, se mueve) un barco en una masa de agua, como el océano; procesos de conversión de energía térmica oceánica; un sistema de generación de energía y procesamiento de datos que no está conectado a tierra o que no tiene que estar conectado a tierra en todos los casos; una conexión de datos de baja latencia/bajo ancho de banda; un sistema operado por satélite; diseño modular; un sistema HEDC en contenedores; tecnología de refrigeración por inmersión para sistemas HEDC; un sistema OTEC centrado en el ecuador; la capacidad de

convertir barcos usados o preexistentes para llevar a cabo dichos procesos; un sistema operado a distancia; un sistema para su uso en aguas profundas; un sistema que realiza cálculos internos en lugar de cálculos en la nube; un sistema que incorpora minería de Bitcoin, computación de alto rendimiento (HPC), supercomputación, entrenamiento de modelos de lenguaje grande (LLM), aprendizaje automático (ML), inteligencia artificial (IA) y/o configuraciones de hardware especializadas en redes neuronales de unidades de procesamiento gráfico (GPU) de alto rendimiento, unidades de procesamiento tensorial (TPU), unidades centrales de procesamiento (CPU), matrices de puertas programables en campo (FPGA) y circuitos integrados específicos para aplicaciones (ASIC) equipos de tecnología de la información (TI) optimizados para acelerar la tarea computacional específica del HEDC; una combinación de minería de bitcoins, computación de alto rendimiento (HPC), supercomputación, entrenamiento de modelos de lenguaje grandes (LLM), aprendizaje automático (ML), inteligencia artificial (IA) y/o redes neuronales y tecnologías OTEC; y métodos de descarbonización de la minería de bitcoins, la computación de alto rendimiento (HPC), la supercomputación, el entrenamiento de modelos de lenguaje grandes (LLM), el aprendizaje automático (ML), la inteligencia artificial (IA) y/o las redes neuronales.

[0012] En diversas realizaciones, se pueden incluir una o varias de las siguientes características: el HEDC comprende una configuración de procesadores especializada en tareas que incluye uno o varios de los siguientes elementos: unidades de procesamiento gráfico (GPU) de alto rendimiento, unidades de procesamiento tensorial (TPU), matrices de puertas programables en campo (FPGA) y circuitos integrados específicos para aplicaciones (ASIC), dispuestos e interconectados para optimizar el rendimiento de tareas computacionales específicas. El HEDC comprende un dispositivo de minería de cadena de bloques. El HEDC está configurado para llevar a cabo una o más de las siguientes operaciones: inteligencia artificial, aprendizaje automático, modelos de lenguaje grandes, IA generativa, red neuronal y supercomputación. El LTHE comprende una turbomáquina conectada para generar electricidad para el dispositivo HEDC. El intercambiador de calor se encuentra en el circuito de fluido de trabajo aguas arriba de la turbomáquina. La turbomáquina comprende una pluralidad de turbomáquinas. La pluralidad de turbomáquinas comprende: una primera turbomáquina aguas abajo de la fuente de calor pero aguas arriba del intercambiador de calor; y una segunda turbomáquina aguas abajo del intercambiador de calor pero aguas arriba del disipador de calor. Un intercambiador de calor de la fuente de calor se encuentra entre la fuente de calor y el

circuito de fluido de trabajo; y el circuito de fluido de trabajo está estructurado para hacer circular el fluido de trabajo, en serie, desde el intercambiador de calor de la fuente de calor, a la primera turbomáquina, de vuelta al intercambiador de calor de la fuente de calor y a la segunda turbomáquina. El sistema tiene un separador de gas-líquido en el circuito de fluido de trabajo aguas abajo de la fuente de calor y aguas arriba de la turbomáquina, y está estructurado para separar el fluido de trabajo en: una corriente gasificada que se suministra a la turbomáquina; y una corriente licuada que se suministra al intercambiador de calor y luego a la turbomáquina. El intercambiador de calor y el circuito de refrigerante están estructurados para sobrecalentar fluido de trabajo en el circuito de fluido de trabajo. Se configura un controlador para operar el LTHE y el circuito de refrigerante con el fin de mantener un procesador del dispositivo HEDC dentro de un rango de temperatura de funcionamiento seguro. El fluido de trabajo comprende amoníaco. Una o más bombas de circulación se encuentran en el circuito de refrigerante o en el circuito de fluido de trabajo. Un intercambiador de calor de fuente de calor se encuentra entre la fuente de calor y el circuito de fluido de trabajo; y un intercambiador de calor de disipador de calor se encuentra entre el disipador de calor y el circuito de fluido de trabajo. El intercambiador de calor está conectado aguas abajo del intercambiador de calor de la fuente de calor. El LTHE lleva a cabo un proceso de conversión de energía térmica oceánica (OTEC). El sistema forma una instalación que colocaliza el dispositivo HEDC y el LTHE. La instalación forma un barco. El dispositivo HEDC comprende una pluralidad de procesadores conectados a una interfaz de red; la interfaz de red está conectada para recibir y transmitir datos a través de Internet. El HEDC comprende un dispositivo de minería de cadena de bloques; la interfaz de red está conectada a una red peer-to-peer que almacena o tiene acceso a una base de datos de cadena de bloques, que es una base de datos distribuida almacenada en varios nodos de la red peer-to-peer, y almacena información transaccional para una moneda digital; y los procesadores están conectados a la interfaz de red y adaptados para minar transacciones asociadas con la base de datos de cadena de bloques y para comunicarse con la base de datos de cadena de bloques. Funcionamiento del dispositivo HEDC utilizando la electricidad generada por el LTHE. La generación de electricidad comprende el ciclo del fluido de trabajo alrededor de un circuito de fluido de trabajo del LTHE entre una fuente de calor, una turbomáquina y un disipador de calor. La refrigeración comprende el ciclo del refrigerante alrededor de un circuito de refrigerante entre el dispositivo HEDC y un intercambiador de calor, que se encuentra en el circuito de fluido de trabajo aguas

arriba de la turbomáquina. La turbomáquina comprende una primera turbomáquina y una segunda turbomáquina; y el fluido de trabajo circula entre: la primera turbomáquina aguas abajo de la fuente de calor pero aguas arriba del intercambiador de calor; y la segunda turbomáquina aguas abajo del intercambiador de calor pero aguas arriba del disipador de calor. El circuito de fluido de trabajo circula en serie, desde un intercambiador de calor de la fuente de calor, a la primera turbomáquina, de vuelta al intercambiador de calor de la fuente de calor y a la segunda turbomáquina. El ciclo del fluido de trabajo comprende: hacer circular el fluido de trabajo desde la fuente de calor hacia un separador de gas-líquido en el circuito de fluido de trabajo aguas abajo de la fuente de calor y aguas arriba de la turbomáquina; y separar el fluido de trabajo, utilizando el separador de gas-líquido, en: una corriente gasificada que se suministra a la turbomáquina; y una corriente licuada que se suministra al intercambiador de calor y luego a la turbomáquina. El intercambio de calor con el fluido de trabajo sobrecalienta el fluido de trabajo en el circuito de fluido de trabajo. El enfriamiento comprende mantener un procesador del dispositivo HEDC dentro de un rango de temperatura de funcionamiento seguro. El LTHE lleva a cabo un proceso de conversión de energía térmica oceánica (OTEC). El método se lleva a cabo en un barco que flota en el océano. El circuito de fluido de trabajo comprende un fluido de trabajo seleccionado para alternar entre las fases líquida y gaseosa durante un ciclo del circuito. El circuito de fluido de trabajo está estructurado para hacer circular el fluido de trabajo, en serie, desde el intercambiador de calor de la fuente de calor, a la primera turbomáquina y al intercambiador de calor. El rango de funcionamiento seguro de temperaturas es igual o superior al punto de ebullición del fluido de trabajo. La fuente de calor comprende agua de mar relativamente fría, y el disipador de calor comprende agua de mar relativamente cálida. La planta OTEC está estructurada para funcionar generando electricidad mientras se desplaza por la superficie del océano. Ajustar la potencia de entrada del dispositivo HEDC para equilibrar otras cargas alimentadas por el LTHE.

[0013] El resumen anterior no pretende resumir cada posible realización o todos los aspectos del objeto de la presente divulgación. Estos y otros aspectos del dispositivo y del método se exponen en las reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0014] A continuación se describirán las realizaciones con referencia a las figuras, en las que los caracteres de referencia similares denotan elementos similares, a modo de ejemplo, y en las que: La figura 1 es una vista en perspectiva tanto de una instalación onshore de conversión

de energía térmica oceánica (OTEC) y de computación de alta densidad energética (HEDC) como de una instalación offshore de OTEC y HEDC. La figura 2 es una vista lateral en alzado, en perspectiva parcial, de una instalación OTEC y HEDC en alta mar, con un gráfico de la profundidad del océano superpuesto a la vista a modo de referencia. La figura 3 es un diagrama esquemático que representa un sistema que comprende un motor térmico de baja temperatura (LTHE) en el que una o dos corrientes de fluido de trabajo se sobrecalientan utilizando el calor residual transferido desde la refrigeración de un centro de datos de computación de alta densidad energética (HEDC), mediante un intercambio de calor y un sistema de turbina única que también proporciona energía al funcionamiento del HEDC. La figura 4 es un diagrama esquemático que representa una variación del sistema de la figura 1, en el que un medio de transferencia de calor empleado por el centro de datos HEDC permite eliminar la bomba de refrigerante de la figura 1. La figura 5 es un diagrama esquemático que representa una realización de un sistema que comprende un LTHE en el que una sola corriente o dos corrientes de fluido de trabajo se recalientan mediante el calor residual transferido desde el funcionamiento del centro de datos HEDC por medio de una central eléctrica de intercambio de calor y un sistema de turbina doble que proporciona energía al funcionamiento del centro de datos HEDC. La figura 6 es un diagrama esquemático que representa una variación del sistema de la figura 5, en el que una sola corriente o dos corrientes de fluido de trabajo se recalientan mediante un intercambiador de calor de doble flujo en un ciclo Rankine regenerativo, y luego se sobrecalientan mediante el calor residual transferido desde el funcionamiento del HEDC por medio de un aparato de intercambio de calor y un sistema de turbina doble que proporciona energía al funcionamiento del HEDC. La figura 7 muestra una realización de un sistema que comprende un LTHE en el que una sola corriente o dos corrientes de fluido de trabajo son precalentadas por el calor residual transferido desde el funcionamiento del centro de datos HEDC mediante una central eléctrica de intercambio de calor y un sistema de turbina única que proporciona energía al funcionamiento del centro de datos HEDC. La figura 8 muestra una realización de un sistema que comprende un LTHE en el que una o dos corrientes de fluido de trabajo se evaporan parcialmente, donde los componentes gaseosos y líquidos se separan mediante un aparato separador de gases y líquidos, y la corriente líquida se vaporiza completamente mediante el calor residual transferido desde el funcionamiento del HEDC por medio de un aparato de intercambio de calor y un sistema de turbina única que proporciona energía al funcionamiento del HEDC. La figura 9 es una vista en perspectiva de un

ejemplo de un dispositivo HEDC, un procesador de minería de cadena de bloques, en la forma ejemplar de un procesador de circuito integrado específico para la aplicación (ASIC) para la minería de Bitcoin. La figura 10 es un esquema de un circuito de refrigerante, un intercambiador de calor y un dispositivo HEDC, conectados para el intercambio de calor con un circuito de fluido de trabajo de un LTHE.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0015] Se pueden realizar modificaciones inmatrimiales a las realizaciones aquí descritas sin apartarse de lo que cubren las reivindicaciones.

[0016] En termodinámica e ingeniería, un motor térmico es un sistema que convierte el calor en energía utilizable, en particular energía mecánica, que luego puede utilizarse para realizar trabajo mecánico. Aunque originalmente se concibió en el contexto de la energía mecánica, el concepto de motor térmico se ha aplicado a otros tipos de energía, en particular la eléctrica, al menos desde finales del siglo XIX. El motor térmico lo hace llevando un fluido de trabajo de una temperatura más alta a una temperatura más baja, en algunos casos haciendo pasar el fluido de una fase a otra. Una fuente de calor genera energía térmica que lleva la sustancia de trabajo a un estado de temperatura más alta. La sustancia de trabajo genera trabajo en el cuerpo de trabajo del motor mientras transfiere calor al sumidero más frío hasta que alcanza un estado de temperatura más baja. Durante este proceso, parte de la energía térmica se convierte en trabajo aprovechando las propiedades de la sustancia de trabajo. La sustancia de trabajo puede ser cualquier sistema con una capacidad calorífica distinta de cero, pero normalmente es un gas o un líquido. Durante este proceso, normalmente se pierde algo de calor al entorno y no se convierte en trabajo. Además, parte de la energía es inutilizable debido a la fricción y la resistencia.

[0017] En general, un motor es cualquier máquina que convierte la energía en trabajo mecánico, y un motor térmico no es diferente. Los motores térmicos se distinguen de otros tipos de motores por el hecho de que su eficiencia está fundamentalmente limitada por el teorema de Carnot. Aunque esta limitación de la eficiencia puede ser un inconveniente, una ventaja de los motores térmicos es que la mayoría de las formas de energía pueden convertirse fácilmente en calor mediante procesos como reacciones exotérmicas (como la combustión), fisión nuclear, absorción de luz o partículas energéticas, fricción, disipación y resistencia. Dado que la fuente de calor que suministra energía térmica al motor puede alimentarse con prácticamente cualquier tipo de energía, los motores térmicos cubren una amplia gama de

aplicaciones. Los motores térmicos se confunden a menudo con los ciclos que intentan implementar. Por lo general, el término «motor» se utiliza para referirse a un dispositivo físico y «ciclo» para los modelos.

[0018] Un motor térmico puede llevar a cabo un ciclo de Rankine, que es un ciclo termodinámico idealizado que describe el proceso por el cual ciertos motores térmicos, como las turbinas de vapor o los motores de vapor alternativos, permiten extraer trabajo mecánico de un fluido mientras se mueve entre una fuente de calor y un disipador de calor. La energía térmica se suministra al sistema, en muchos casos a través de una caldera, donde el fluido de trabajo (normalmente agua) se convierte en un estado gaseoso a alta presión (como el vapor) para hacer girar una turbina. Después de pasar por la turbina, se deja que el fluido se condense de nuevo a estado líquido, ya que la energía térmica residual se rechaza antes de volver a la caldera, completando así el ciclo. Las pérdidas por fricción en todo el sistema suelen descuidarse con el fin de simplificar los cálculos, ya que dichas pérdidas suelen ser mucho menos significativas que las pérdidas termodinámicas, especialmente en sistemas de mayor tamaño.

[0019] Los motores térmicos de baja temperatura (LTHE) han ganado cada vez más atención como una tecnología prometedora para aprovechar fuentes de calor de baja calidad y convertirlas en energía útil. Un LTHE incluye uno que funciona por debajo de 100 grados Celsius (punto de ebullición del agua). En el contexto de la OTEC, el LTHE puede funcionar a 30 grados Celsius o menos. Están diseñados para funcionar a temperaturas significativamente más bajas que los motores térmicos convencionales y son más eficientes y rentables en la utilización de fuentes de calor de baja temperatura, como las energías renovables y el calor residual.

[0020] A pesar de las ventajas de los motores térmicos de baja temperatura, su eficiencia suele verse limitada por la baja temperatura de la fuente de calor y la baja eficiencia de conversión del propio motor térmico. La baja temperatura de la fuente de calor significa que hay menos energía disponible para convertirla en trabajo útil, lo que a su vez da lugar a una menor eficiencia de conversión. Además, los motores térmicos de baja temperatura también pueden enfrentarse a retos técnicos como la corrosión, la formación de incrustaciones y la degradación de los materiales, lo que puede reducir aún más su eficiencia. Para superar estos retos y mejorar la eficiencia de los motores térmicos de baja temperatura, se necesita un sistema que aproveche eficazmente las fuentes de calor de baja calidad y las convierta en energía útil. Otro

factor que reduce aún más la eficiencia termodinámica global de un motor térmico de baja temperatura es la pérdida asociada al suministro de los controles necesarios en la turbina para la regulación precisa de la frecuencia requerida para exportar energía a una red eléctrica. Esto introduce pérdidas de presión en el ciclo de la turbina que limitan aún más el trabajo que se puede extraer del sistema.

[0021] Por otra parte, la informática de alta densidad energética requiere una cantidad significativa de energía para alimentar los ordenadores y genera calor como subproducto. Este calor residual se suele considerar una carga debido al coste de los sistemas de refrigeración necesarios para eliminarlo de los sistemas informáticos y evitar el sobrecalentamiento. Sin embargo, este calor residual también puede ser valioso si se utiliza de forma eficaz. Un sistema HEDC puede denominarse tipo de centro de datos, que es un ejemplo de sistema informático, normalmente ubicado en un edificio, un espacio dedicado dentro de un edificio, un grupo de edificios o en contenedores modulares. Un centro de datos tradicional puede utilizarse para albergar sistemas informáticos y componentes asociados, como sistemas de telecomunicaciones y almacenamiento, que suelen centrarse en proporcionar recursos informáticos, almacenamiento y servicios de red escalables y de uso general para dar soporte a una variedad de aplicaciones y cargas de trabajo de uso general y multitenant que dan prioridad a la fiabilidad, la flexibilidad, la escalabilidad, la disponibilidad, la facilidad de uso y la seguridad. Por su parte, los centros de datos HEDC están diseñados y optimizados específicamente para tareas que requieren un uso intensivo de la computación, como la minería de cadenas de bloques, la computación de alto rendimiento (HPC), la supercomputación, el entrenamiento de modelos de lenguaje grandes (LLM), el aprendizaje automático (ML), la inteligencia artificial (IA), las redes neuronales y la modelización del clima global. Los sistemas HEDC dan prioridad a la potencia de cálculo bruta utilizando configuraciones de hardware especializadas de unidades de procesamiento gráfico (GPU) de alto rendimiento, unidades de procesamiento tensorial (TPU), unidades centrales de procesamiento (CPU), matrices de puertas programables en campo (FPGA) y circuitos integrados específicos para aplicaciones (ASIC) optimizados para acelerar la tarea computacional específica del HEDC en detrimento de la computación de uso general. Dado que las operaciones de tecnología de la información (TI) son cruciales para la continuidad del negocio, un centro de datos suele incluir componentes e infraestructura redundantes o de respaldo para el suministro de energía, las conexiones de comunicación de datos, los controles

ambientales (por ejemplo, aire acondicionado, extinción de incendios) y diversos dispositivos de seguridad. Un gran centro de datos es una operación a escala industrial que consume tanta electricidad como una pequeña ciudad.¹

[²0022] Los sistemas HEDC pueden diseñarse para funcionar con un medio de transferencia de calor y un sistema que transfiere el calor residual generado por un subsistema HEDC alimentado por un subsistema LTHE al fluido de trabajo utilizado en el ciclo termodinámico del subsistema LTHE por medio de una central de intercambio de calor que constituye un sistema combinado de bucle cerrado singular que no requiere conexión eléctrica externa. El medio de transferencia de calor utilizado en el subsistema HEDC de esta divulgación puede ser un gas, un líquido o un sistema de dos fases de composición monocomponente o multicomponente, dependiendo de la temperatura y la presión óptimas para la aplicación HEDC. El fluido de trabajo del LTHE utilizado en esta divulgación puede ser una corriente de un solo componente o múltiples corrientes multicomponentes de composición diferente. La presente divulgación se refiere en algunos casos a un sistema para fuentes de calor de baja temperatura inicial en centrales eléctricas de pequeña a gran potencia que combina un subsistema LTHE, que incluye al menos una turbina adaptada para convertir una parte de la energía térmica contenida en al menos una corriente parcial o totalmente vaporizada en trabajo, con un subsistema HEDC, que incluye un medio de transferencia de calor y un sistema de transferencia, que es alimentado por el subsistema LTHE y está adaptado para transferir el calor residual producido por los dispositivos eléctricos utilizados en el subsistema HEDC al subsistema LTHE.

[0023] Los sistemas HEDC pueden utilizarse para llevar a cabo procesos de sistemas de bases de datos blockchain, como procesos de criptomonedas (minería). Una criptomoneda (o moneda criptográfica) es un activo digital diseñado para funcionar como medio de intercambio que utiliza criptografía fuerte para proteger las transacciones financieras, controlar la creación de unidades adicionales y verificar la transferencia de activos. Las criptomonedas utilizan un control descentralizado, a diferencia de las monedas digitales centralizadas y los sistemas bancarios centrales³. El control descentralizado de cada criptomoneda funciona mediante tecnología de contabilidad distribuida, normalmente una cadena de bloques que sirve como base de datos pública de transacciones financieras.

[0024] Una cadena de bloques es una forma de base de datos que puede guardarse como un libro mayor distribuido en una red de nodos que mantiene una lista de registros en continuo crecimiento denominada bloques. Cada bloque contiene una marca de tiempo y un enlace al

⁴bloque anterior. Los datos de un bloque no pueden modificarse retrospectivamente sin un esfuerzo computacional significativo y el consenso mayoritario de la red. Mediante el uso de una red peer-to-peer y un servidor de sellado de tiempo distribuido, una base de datos de cadena de bloques se gestiona de forma autónoma. La administración de la moneda Bitcoin es actualmente el uso principal de la tecnología de cadena de bloques, pero existen otros casos de uso de la tecnología de cadena de bloques para mantener bases de datos precisas y a prueba de manipulaciones. Algunos ejemplos son el mantenimiento de registros de títulos de propiedad y eventos históricos. Si bien el potencial de la tecnología de cadena de bloques es enorme, Bitcoin sigue siendo la más utilizada en la actualidad.

[0025] Por su diseño, las cadenas de bloques son intrínsecamente resistentes (y se supone que son efectivamente impermeables) a la modificación de los datos: una vez registrados, los datos de un bloque no pueden modificarse retroactivamente sin el consenso de la red. Las cadenas de bloques son un libro de contabilidad abierto y distribuido que puede registrar transacciones entre dos partes de manera eficiente y de forma verificable y permanente. El libro de contabilidad en sí mismo también puede programarse para activar transacciones automáticamente. Las cadenas de bloques son seguras por diseño y son un ejemplo de sistema informático distribuido con alta tolerancia a fallos bizantinos. Por lo tanto, con una cadena de bloques se puede lograr un consenso descentralizado. Esto hace que el modelo de cadena de bloques sea adecuado para el registro de eventos, historiales médicos y otras actividades de gestión de registros, gestión de identidades, procesamiento de transacciones y comprobación de procedencia. Esto ofrece el potencial de una desintermediación masiva y enormes repercusiones en la forma en que se lleva a cabo el comercio mundial.

[0026] Una cadena de bloques facilita las transacciones en línea seguras. Una cadena de bloques es un libro de contabilidad digital descentralizado que registra las transacciones en miles de ordenadores de todo el mundo de tal manera que las transacciones registradas no pueden modificarse retrospectivamente. Esto permite a los participantes verificar y auditar las transacciones de forma económica. Las transacciones se autentican mediante la colaboración masiva impulsada por los intereses colectivos. El resultado es un flujo de trabajo robusto en el que la incertidumbre de los participantes con respecto a la seguridad de los datos es marginal. El uso de una cadena de bloques elimina la característica de reproducibilidad infinita de un activo digital. Confirma que cada unidad de dinero digital se gastó solo una vez, lo que resuelve el antiguo problema del doble gasto. Las cadenas de bloques se han descrito como un

protocolo de intercambio de valor. Este intercambio de valor se puede completar de forma más rápida, segura y económica con una cadena de bloques. Una cadena de bloques puede asignar derechos de titularidad porque proporciona un registro que obliga a la oferta y la aceptación. Desde el punto de vista técnico, una cadena de bloques es una cadena hash dentro de otra cadena hash.

[0027] Una base de datos de cadena de bloques puede comprender dos tipos de registros: transacciones y bloques. Los bloques pueden contener lotes de transacciones válidas que se someten a un proceso hash y se codifican en un árbol Merkle. Cada bloque puede incluir el hash del bloque anterior de la cadena de bloques, vinculando ambos. Anteriormente se utilizaban variantes de este formato, por ejemplo en Git, y es posible que por sí solas no sean suficientes para considerarse una cadena de bloques. Los bloques vinculados forman una cadena. Este proceso iterativo confirma la integridad del bloque anterior, hasta llegar al bloque génesis original. Algunas cadenas de bloques crean un nuevo bloque con una frecuencia de cinco segundos o menos. A medida que las cadenas de bloques envejecen, se dice que crecen en altura. Los bloques se estructuran por división en capas.

[0028] A veces, los bloques separados pueden validarse simultáneamente, creando una bifurcación temporal. Además de un historial seguro basado en hash, cada cadena de bloques tiene un algoritmo específico para puntuar las diferentes versiones del historial, de modo que se pueda seleccionar la que tenga un valor más alto frente a las demás. Los bloques que no se seleccionan para su inclusión en la cadena se denominan bloques huérfanos. Los pares que soportan la base de datos no tienen exactamente la misma versión del historial en todo momento, sino que conservan la versión de la base de datos con la puntuación más alta que conocen en ese momento. Cada vez que un par recibe una versión con una puntuación más alta (normalmente la versión antigua con un solo bloque nuevo añadido), amplía o sobrescribe su propia base de datos y retransmite la mejora a sus pares. Nunca hay una garantía absoluta de que una entrada concreta permanezca para siempre en la mejor versión del historial, pero como las cadenas de bloques suelen estar diseñadas para añadir la puntuación de los nuevos bloques a los antiguos y existen incentivos para trabajar solo en la ampliación con nuevos bloques en lugar de sobrescribir los antiguos, la probabilidad de que una entrada sea sustituida disminuye exponencialmente a medida que se construyen más bloques sobre ella, hasta llegar a ser muy baja. Por ejemplo, en una cadena de bloques que utiliza el sistema de prueba de trabajo, la cadena con la mayor acumulación de prueba de trabajo siempre se considera válida

por la red. En la práctica, existen varios métodos que pueden demostrar un nivel suficiente de computación. Dentro de una cadena de bloques, la computación se lleva a cabo de forma redundante, en lugar de la forma tradicional segregada y paralela.

[0029] El mantenimiento de una base de datos de cadena de bloques se denomina minería, que se refiere al proceso de revisión computacional distribuido que se realiza en cada bloque de datos de una cadena de bloques. Esto permite alcanzar un consenso en un entorno en el que ninguna de las partes se conoce ni confía en la otra. Quienes se dedican a la minería de bitcoins son recompensados por su esfuerzo con bitcoins recién creados y comisiones por transacción, que pueden transferirse a la cartera digital de un usuario una vez completada una tarea designada. Los mineros de Bitcoin pueden estar ubicados en cualquier parte del mundo y pueden ser operados por cualquier persona. El hardware de minería está conectado a la red blockchain a través de una conexión a Internet. Por lo tanto, se necesita poca infraestructura para operar y contribuir al sistema. Todo lo que se necesita para convertirse en un minero de Bitcoin es el hardware informático adecuado, una conexión a Internet y electricidad de bajo coste. Cuanto más barata sea la electricidad, mayor será la recompensa que recibirá el minero en relación con la competencia, es decir, otros mineros.

[0030] La minería incluye el proceso de añadir registros de transacciones al libro mayor público de Bitcoin de transacciones pasadas. Este libro mayor de transacciones pasadas se denomina cadena de bloques, ya que es esencialmente una cadena de bloques. La cadena de bloques sirve para confirmar al resto de la red que las transacciones se han realizado. Los nodos de Bitcoin utilizan la cadena de bloques para distinguir las transacciones legítimas de Bitcoin de los intentos de volver a gastar monedas que ya se han gastado en otro lugar. La minería puede estar diseñada intencionadamente para ser intensiva en recursos y difícil, de modo que el número de bloques encontrados cada día por los mineros se mantenga estable. Es posible que se requiera que los bloques individuales contengan una prueba de trabajo para que se consideren válidos. Esta prueba de trabajo es verificada por otros nodos de Bitcoin cada vez que reciben un bloque. Bitcoin utiliza actualmente la función de prueba de trabajo hash cash.

[0031] Uno de los objetivos de la minería es permitir que los nodos de Bitcoin alcancen un consenso seguro y resistente a la manipulación. La minería también puede ser el mecanismo utilizado para introducir Bitcoins en el sistema: a los mineros se les pagan las comisiones por transacción, así como una subvención de monedas de nueva creación. Esto sirve tanto para difundir nuevas monedas de forma descentralizada como para motivar a las personas a

proporcionar seguridad al sistema. La minería de Bitcoin se llama así porque se asemeja a la minería de otras materias primas: requiere esfuerzo y genera lentamente nueva moneda a un ritmo similar al que se extraen del suelo materias primas como el oro.

[²0032] La minería requiere un esfuerzo computacional en forma de ciclos de CPU (CPU = unidad central de procesamiento o procesador central) para ejecutar un algoritmo criptográfico de hash asociado al protocolo blockchain concreto. Para un procesador de minería determinado, se puede modificar el esfuerzo computacional cambiando el voltaje del núcleo o la frecuencia del reloj del procesador. Al hacerlo, el procesador de minería puede consumir más o menos energía, y en algunas realizaciones de este documento dichos cambios se describen como cambios en la actividad minera o en la tasa de hash.

[0033] A medida que el esfuerzo computacional total de la red (o tasa de hash) aumenta en una cadena de bloques con el tiempo, la probabilidad de que un minero individual encuentre un bloque y reciba una recompensa disminuye. Hoy en día, la red Bitcoin es tan grande que la mayoría de las personas que se dedican a la minería de Bitcoin suelen minar en grupos utilizando protocolos como el Stratum Mining Protocol. La agrupación de recursos permite a los mineros individuales aumentar la frecuencia de sus recompensas a cambio de compartir la recompensa del bloque con el resto del grupo. Los mineros que se dedican a la minería en grupo no necesitan el equipo asociado necesario para ejecutar un nodo de minería, ya que solo necesitan calcular y enviar las pruebas de trabajo emitidas por el grupo de minería.

[0034] Dado que el coste energético de ejecutar la minería de blockchain u otros equipos HEDC es su principal coste operativo, se ha generalizado la tendencia a minar con energía hidroeléctrica de bajo coste. Esta tendencia ha promovido la centralización de los mineros de blockchain en países específicos con abundante energía hidroeléctrica, ya que los mineros que no tienen acceso a energía hidroeléctrica barata no pueden minar de forma rentable porque compiten con los mineros que sí tienen acceso. La centralización de la minería de bitcoins se ha producido en lugares donde hay abundante energía hidroeléctrica de bajo coste. La centralización en la minería de cadenas de bloques es indeseable porque la premisa detrás de la innovación de las cadenas de bloques es no tener que confiar en un tercero y tener confianza y seguridad inherentes a través de una red descentralizada y distribuida. Por lo tanto, existe la necesidad de descentralizar aún más la minería de bitcoins y otras cadenas de bloques a través de una fuente más descentralizada de energía de bajo coste.

[0035] La minería es principalmente un servicio de mantenimiento de registros que se realiza mediante el uso de la potencia de procesamiento de los ordenadores. Los mineros mantienen la cadena de bloques coherente, completa e inalterable agrupando repetidamente las transacciones recién transmitidas en un bloque, que luego se transmite a la red y es verificado por los nodos receptores. Actualmente, cada bloque contiene un hash criptográfico SHA-256 del bloque anterior, lo que lo vincula al bloque anterior y da nombre a la cadena de bloques. Para ser aceptado por el resto de la red, un nuevo bloque debe contener una prueba de trabajo (PoW). La PoW requiere que los mineros encuentren un número llamado nonce (un número que se utiliza una sola vez), de modo que cuando el contenido del bloque se somete a un hash junto con el nonce, el resultado sea numéricamente menor que el objetivo de dificultad de la red. Esta PoW es fácil de verificar para cualquier nodo de la red, pero su generación requiere mucho tiempo. Los mineros deben probar muchos valores nonce diferentes (normalmente, la secuencia de valores probados son los números naturales ascendentes: 0, 1, 2, 3, ...) antes de que el resultado sea menor que el objetivo de dificultad. Dado que el objetivo de dificultad es extremadamente pequeño en comparación con un hash SHA-256 típico, los hash de los bloques tienen muchos ceros iniciales, como se puede ver en este ejemplo de hash de bloque: 0000000000000000000590fc0f3eba193a278554220b2b37e9849e1a770ca959. Al ajustar este objetivo de dificultad, se puede modificar la cantidad de trabajo necesario para generar un bloque. Cada 2016 bloques (actualmente, aproximadamente 14 días, dado que cada bloque tarda unos 10 minutos), los nodos ajustan de forma determinista el objetivo de dificultad en función de la tasa reciente de generación de bloques, con el fin de mantener el tiempo medio entre nuevos bloques en diez minutos. De esta manera, el sistema se adapta automáticamente a la cantidad total de potencia de minería de la red. A partir de abril de 2022, se necesitan una media de 122 sextillones (122 billones de billones) de intentos para generar un hash de bloque menor que el objetivo de dificultad. Los cálculos de esta magnitud son extremadamente costosos y requieren hardware especializado.

[0036] El sistema de prueba de trabajo, junto con el encadenamiento de bloques, hace que las modificaciones de la cadena de bloques sean extremadamente difíciles, ya que un atacante debe modificar todos los bloques posteriores para que se acepten las modificaciones de un bloque. A medida que se generan nuevos bloques continuamente, la dificultad de modificar un bloque antiguo aumenta con el paso del tiempo y el número de bloques posteriores (también llamados confirmaciones del bloque dado) aumenta.

[0037] La gran mayoría de la potencia minera se agrupa en grupos de minería para reducir la variación en los ingresos de los mineros. Los mineros independientes pueden tener que trabajar durante varios años para minar un solo bloque de transacciones y recibir el pago. En un grupo de minería, todos los mineros participantes reciben un pago cada vez que cualquier participante genera un bloque. Este pago es proporcional a la cantidad de trabajo que cada minero ha contribuido al grupo.

[0038] La criptomoneda descentralizada es producida por todo el sistema de criptomonedas de forma colectiva, a una tasa que se define cuando se crea el sistema y que es de dominio público. En los sistemas bancarios y económicos centralizados, como el Sistema de la Reserva Federal de los Estados Unidos, los consejos de administración de las empresas o los gobiernos controlan el suministro de moneda. En el caso de las criptomonedas descentralizadas, las empresas o los gobiernos no pueden producir nuevas unidades y, hasta ahora, no han proporcionado respaldo a otras empresas, bancos o entidades corporativas que posean activos valorados en ellas. El sistema técnico subyacente en el que se basan las criptomonedas descentralizadas fue creado por el grupo o individuo conocido como Satoshi Nakamoto. En mayo de 2018, existían más de 1800 especificaciones de criptomonedas. Dentro de un sistema de criptomonedas de prueba de trabajo, como Bitcoin, la seguridad, la integridad y el equilibrio de los libros de contabilidad se mantienen gracias a una comunidad de partes que desconfían mutuamente, denominadas mineros, que utilizan sus ordenadores para ayudar a validar y marcar con fecha y hora las transacciones, añadiéndolas al libro de contabilidad de acuerdo con un esquema de marcación de tiempo concreto. En una cadena de bloques de prueba de participación (PoS), las transacciones son validadas por los titulares de la de forma descentralizada, además de motivar a las personas a proporcionar seguridad al sistema. La minería de Bitcoin se llama así porque se asemeja a la minería de otras materias primas: requiere esfuerzo y poco a poco genera nueva moneda a un ritmo similar al que se extraen del suelo materias primas como el oro.

[0032] La minería requiere un esfuerzo computacional en forma de ciclos de CPU (CPU = unidad central de procesamiento o procesador central) para ejecutar un algoritmo de hash criptográfico asociado al protocolo de cadena de bloques concreto. Para un procesador de minería determinado, se puede modificar el esfuerzo computacional cambiando el voltaje del núcleo o la frecuencia del reloj del procesador. Hacerlo puede dar lugar a un mayor o menor consumo de energía por parte del procesador de minería, y en algunas realizaciones de este

documento dichos cambios se describen como cambios en la actividad de minería o en la tasa de hash.

[0033] A medida que el esfuerzo computacional total de la red (o tasa de hash) aumenta en una cadena de bloques con el tiempo, la probabilidad de que un minero individual encuentre un bloque y reciba una recompensa disminuye. Hoy en día, la red Bitcoin es tan grande que la mayoría de las personas que se dedican a la minería de Bitcoin suelen minar en grupos utilizando protocolos como el Stratum Mining Protocol. La agrupación de recursos permite a los mineros individuales aumentar la frecuencia de sus recompensas a cambio de compartir la recompensa del bloque con el resto del grupo. Los mineros que realizan minería en grupo no necesitan el equipo asociado necesario para ejecutar un nodo de minería, ya que solo necesitan calcular y enviar las pruebas de trabajo emitidas por el grupo de minería.

[0034] Dado que el coste energético de ejecutar la minería de blockchain u otros equipos HEDC es su principal coste operativo, se ha generalizado la tendencia a minar con energía hidroeléctrica de bajo coste. Esta tendencia ha promovido la centralización de los mineros de blockchain en países específicos con abundante energía hidroeléctrica, ya que los mineros que no tienen acceso a energía hidroeléctrica barata no pueden minar de forma rentable porque compiten con los mineros que sí tienen acceso. La centralización de la minería de bitcoins se ha producido en lugares donde hay abundante energía hidroeléctrica de bajo coste. La centralización en la minería de cadenas de bloques es indeseable porque la premisa detrás de la innovación de las cadenas de bloques es no tener que confiar en un tercero y tener confianza y seguridad inherentes a través de una red descentralizada y distribuida. Por lo tanto, existe la necesidad de descentralizar aún más la minería de bitcoins y otras cadenas de bloques a través de una fuente más descentralizada de energía de bajo coste.

[0035] La minería es principalmente un servicio de mantenimiento de registros que se realiza mediante el uso de la potencia de procesamiento de los ordenadores. Los mineros mantienen la cadena de bloques coherente, completa e inalterable agrupando repetidamente las transacciones recién transmitidas en un bloque, que luego se transmite a la red y es verificado por los nodos receptores. Actualmente, cada bloque contiene un hash criptográfico SHA-256 del bloque anterior, lo que lo vincula al bloque anterior y da nombre a la cadena de bloques. Para ser aceptado por el resto de la red, un nuevo bloque debe contener una prueba de trabajo (PoW). La PoW requiere que los mineros encuentren un número llamado nonce (un número que se utiliza una sola vez), de modo que cuando el contenido del bloque se somete a un hash junto

con el nonce, el resultado sea numéricamente menor que el objetivo de dificultad de la red. Esta PoW es fácil de verificar para cualquier nodo de la red, pero su generación requiere mucho tiempo. Los mineros deben probar muchos valores nonce diferentes (normalmente, la secuencia de valores probados son los números naturales ascendentes: 0, 1, 2, 3, ...) antes de que el resultado sea inferior al objetivo de dificultad. Dado que el objetivo de dificultad es extremadamente pequeño en comparación con un hash SHA-256 típico, los hash de los bloques tienen muchos ceros iniciales, como se puede ver en este ejemplo de hash de bloque: 000000000000000000000000590fc0f3eba193a278554220b2b37e9849e1a770ca959. Al ajustar este objetivo de dificultad, se puede modificar la cantidad de trabajo necesario para generar un bloque. Cada 2016 bloques (actualmente, aproximadamente 14 días, dado que cada bloque tarda unos 10 minutos), los nodos ajustan de forma determinista el objetivo de dificultad en función de la tasa reciente de generación de bloques, con el fin de mantener el tiempo medio entre nuevos bloques en diez minutos. De esta manera, el sistema se adapta automáticamente a la cantidad total de potencia de minería de la red. A partir de abril de 2022, se necesitan una media de 122 sextillones (122 billones de billones) de intentos para generar un hash de bloque menor que el objetivo de dificultad. Los cálculos de esta magnitud son extremadamente costosos y requieren hardware especializado.

[0036] El sistema de prueba de trabajo, junto con el encadenamiento de bloques, hace que las modificaciones de la cadena de bloques sean extremadamente difíciles, ya que un atacante debe modificar todos los bloques posteriores para que se acepten las modificaciones de un bloque. A medida que se generan nuevos bloques continuamente, la dificultad de modificar un bloque antiguo aumenta con el paso del tiempo y el número de bloques posteriores (también llamados confirmaciones del bloque dado) aumenta.

[0037] La gran mayoría de la potencia minera se agrupa en grupos de minería para reducir la variación en los ingresos de los mineros. Los mineros independientes pueden tener que trabajar durante varios años para minar un solo bloque de transacciones y recibir el pago. En un grupo de minería, todos los mineros participantes reciben un pago cada vez que cualquier participante genera un bloque. Este pago es proporcional a la cantidad de trabajo que cada minero ha contribuido al grupo.

[0038] La criptomoneda descentralizada es producida por todo el sistema de criptomonedas de forma colectiva, a una tasa que se define cuando se crea el sistema y que es de dominio público. En los sistemas bancarios y económicos centralizados, como el Sistema de la Reserva

Federal de los Estados Unidos, los consejos de administración de las empresas o los gobiernos controlan el suministro de moneda. En el caso de las criptomonedas descentralizadas, las empresas o los gobiernos no pueden producir nuevas unidades y, hasta ahora, no han proporcionado respaldo a otras empresas, bancos o entidades corporativas que posean activos valorados en ellas. El sistema técnico subyacente en el que se basan las criptomonedas descentralizadas fue creado por el grupo o individuo conocido como Satoshi Nakamoto. En mayo de 2018, existían más de 1800 especificaciones de criptomonedas. Dentro de un sistema de criptomonedas de prueba de trabajo, como Bitcoin, la seguridad, la integridad y el equilibrio de los libros de contabilidad se mantienen gracias a una comunidad de partes que desconfían mutuamente, denominadas mineros, que utilizan sus ordenadores para ayudar a validar y marcar con fecha y hora las transacciones, añadiéndolas al libro de contabilidad de acuerdo con un esquema de marcación de tiempo concreto. En una cadena de bloques de prueba de participación (PoS), las transacciones son validadas por los titulares de la criptomoneda asociada, a veces agrupadas en fondos comunes de participación. La mayoría de las criptomonedas están diseñadas para reducir gradualmente la producción de esa moneda, estableciendo un límite en la cantidad total de esa moneda que estará en circulación.[44] En comparación con las monedas ordinarias que poseen las instituciones financieras o que se mantienen como efectivo disponible, las criptomonedas pueden ser más difíciles de confiscar por parte de las fuerzas del orden.

[0039] En la figura 3 se ilustra un ejemplo de un sistema informático autónomo de alta densidad energética, como el sistema autónomo HEDC 10. El sistema 10 puede comprender un motor térmico de baja temperatura (LTHE) 12, un intercambiador de calor 16 y un dispositivo informático de alta densidad energética (HEDC) 22, como un dispositivo de minería de cadena de bloques. Puede haber uno o ambos, un circuito de refrigerante 24 y un circuito de fluido de trabajo 26, formados, por ejemplo, por tuberías. El LTHE 12 puede tener el circuito de fluido de trabajo 26 extendido entre una fuente de calor y un disipador de calor, como un intercambiador de calor de fuente de calor 27 y un intercambiador de calor de disipador de calor 28. El intercambiador de calor 16 puede estar en el circuito de fluido de trabajo 26. El dispositivo HEDC 22 puede estar conectado para recibir electricidad generada por el LTHE 12, por ejemplo, a través de cables de alimentación 40. El circuito de refrigerante 24 puede extenderse entre el dispositivo HEDC 22 y el circuito de fluido de trabajo 26, por ejemplo, entre el dispositivo 22 y el intercambiador de calor 16. Durante el uso, se puede generar electricidad

utilizando el motor térmico de baja temperatura (LTHE) 12. El dispositivo HEDC 22 puede funcionar utilizando la electricidad generada por el LTHE 12, por ejemplo, para llevar a cabo procesos de minería de cadena de bloques. El dispositivo HEDC puede enfriarse simultáneamente, por ejemplo, mediante intercambio de calor con el fluido de trabajo del LTHE 12.

[0040] La conversión de energía térmica oceánica (OTEC) es un ejemplo relativamente desconocido de un proceso de generación de energía que incorpora un LTHE. La OTEC utiliza el gradiente térmico oceánico entre las aguas profundas más frías y las aguas superficiales más cálidas para hacer funcionar un motor térmico y producir trabajo útil, normalmente en forma de electricidad. La OTEC puede funcionar con un factor de capacidad muy alto, por lo que puede operar en modo de carga base. Las masas de agua fría más densas, formadas por la interacción del agua superficial del océano con la atmósfera fría en zonas muy específicas del Atlántico Norte y el Océano Austral, se hunden en las cuencas oceánicas profundas y se extienden por todo el océano profundo mediante la circulación termohalina. El afloramiento de agua fría del océano profundo se repone con el descenso de agua marina superficial fría. Entre las fuentes de energía oceánica, la OTEC es uno de los recursos energéticos renovables disponibles de forma continua que podría contribuir al suministro de energía de carga base. Se considera que el potencial de recursos de la OTEC es mucho mayor que el de otras formas de energía oceánica. Algunos expertos creen que se podrían generar hasta 88 000 TWh/año de energía a partir de la OTEC sin afectar a la estructura térmica del océano. Los sistemas OTEC pueden ser de ciclo cerrado o de ciclo abierto. La OTEC de ciclo cerrado puede utilizar fluidos de trabajo que normalmente se consideran refrigerantes, como el amoníaco o el R-134a. Estos fluidos tienen puntos de ebullición bajos y, por lo tanto, son adecuados para alimentar el generador del sistema y producir electricidad. El ciclo térmico más utilizado para la OTEC hasta la fecha es el ciclo de Rankine, que utiliza una turbina de baja presión. Los motores de ciclo abierto utilizan el vapor del agua de mar como fluido de trabajo.

[0041] En referencia a las figuras 1-3, el LTHE 12 puede llevar a cabo un proceso de conversión de energía adecuado, como un proceso de conversión de energía térmica oceánica (OTEC). En la figura 1 se muestran dos tipos de instalaciones de centrales eléctricas OTEC: una instalación en tierra 46 y una instalación en alta mar 48. El sistema HEDC 22 puede formar parte de la instalación 46 o 48 para colocar conjuntamente el dispositivo HEDC 22 y el LTHE 12. La ubicación conjunta puede lograrse situando el dispositivo 22, por ejemplo, una plataforma de

minería de cadena de bloques en contenedor, adyacente o muy cerca del LTHE 12, por ejemplo, a una distancia de entre cero y 500 metros entre sí, aunque pueden utilizarse distancias superiores a 500 metros. En el ejemplo mostrado, una instalación en tierra 46 puede incluir una central eléctrica 49 y un edificio HEDC 56, situados junto a una masa de agua, como el océano. En un ejemplo marítimo, la instalación 48 puede formar un barco 47, por ejemplo, una barcaza como se muestra, que soporta la central eléctrica 49 y el HEDC, por ejemplo, el edificio 56. El edificio 56 puede albergar un dispositivo HEDC 22, que puede conectarse para intercambiar calor y/o recibir energía de la central eléctrica 49 a través de las conexiones 58 adecuadas, como cableado o tuberías. Tanto en los ejemplos en tierra como en mar adentro, la central eléctrica OTEC 49 puede recibir agua fría de una tubería de agua fría 50, cuya entrada puede estar situada por debajo de la superficie 76 del océano u otra masa de agua en la que se lleva a cabo el proceso OTEC, por ejemplo, en el fondo 74 del océano o del mar o cerca de él. Asimismo, la central OTEC 49 puede recibir agua caliente de una tubería de agua caliente 52, cuya entrada puede estar situada en la superficie 76 del océano o cerca de ella. También se pueden utilizar tuberías de temperatura mixta 54 como entrada o salida de dicha agua.

[0042] En referencia a las figuras 1 y 2, como se ha mencionado, el ejemplo marítimo de una instalación OTEC 48 puede implicar el uso de un barco 47. Uno o ambos de los dispositivos HEDC 22 (representados por el edificio 56) y la central eléctrica OTEC 49 pueden estar situados en el barco 47, que puede ser uno o varios barcos. En algunos casos, la central eléctrica 49 y el dispositivo 22 se encuentran en barcos separados, o uno u otro está situado en tierra. Las realizaciones marítimas del presente sistema 10 pueden utilizarse para llevar a cabo los métodos descritos mientras el barco 47 está flotando en el océano. En un ejemplo, que puede denominarse «pastoreo», los métodos pueden llevarse a cabo mientras el barco 47 se está moviendo. La capacidad de reubicar la instalación 48 puede ser beneficiosa para que el usuario seleccione una ubicación óptima o adecuada del agua sobre la que llevar a cabo la generación de energía y las operaciones HEDC. En el ejemplo mostrado, se pueden utilizar diversas técnicas para ayudar al funcionamiento del sistema 10, por ejemplo, tuberías, como las tuberías 52 o 54, que pueden depender directamente de la embarcación 47. La tubería 50 también puede depender de la embarcación 47, pero puede incorporar varias piezas para estabilizar y sostener la tubería 50. Una tubería de transferencia 60 puede estar sostenida tanto por la embarcación 47 como por un colgante de tubería 62, que puede conectarse a un flotador 78 en la superficie 76 del océano. El uso de un sistema de flotadores 78 puede servir

para ayudar a orientar la tubería 50. Se pueden utilizar diversos pesos, como los pesos 66 y 72, y cables u otras líneas de amarre 68, 72 y 80 para anclar la tubería 50 donde se desee; en el ejemplo mostrado, en el fondo del océano 74.

[0043] En referencia a la figura 3, se describe un ejemplo de un sistema HEDC autónomo 10. Pueden existir una o más bombas de circulación 38 y 18 en el circuito de refrigerante o en el circuito de fluido de trabajo, respectivamente, para impulsar el fluido alrededor de cada circuito respectivo. El ejemplo mostrado implica circuitos cerrados de refrigerante y fluido de trabajo. En el circuito de fluido de trabajo 26 del LTHE 12, el fluido de trabajo, como el amoníaco, circula entre las regiones calientes y frías del circuito.

[0044] En referencia a la figura 3, el LTHE 12 puede comprender una turbomáquina, como una turbina 14, conectada para generar electricidad para el dispositivo HEDC 22. En ingeniería mecánica, la turbomáquina puede describir máquinas que transfieren energía entre un rotor y un fluido, incluyendo tanto turbinas como compresores. Una turbina es un dispositivo mecánico rotatorio que extrae energía de un flujo de fluido y la convierte en trabajo útil. El trabajo producido puede utilizarse para generar energía eléctrica cuando se combina con un generador. Una turbina es una turbomáquina con al menos una parte móvil denominada conjunto de rotor, que es un eje o tambor con álabes acoplados. El fluido en movimiento actúa sobre los álabes, de modo que estos se mueven e imparten energía rotacional al rotor.

[0045] En referencia a la figura 3, el funcionamiento del LTHE 12 puede desarrollarse de la siguiente manera en el ejemplo mostrado. El fluido de trabajo relativamente frío, como el fluido de trabajo licuado, puede entrar en el intercambiador de calor de la fuente de calor 27 a través de la tubería 26E. En el intercambiador 27, el fluido de trabajo puede calentarse, por ejemplo, gasificarse, utilizando el calor del agua caliente que entra en el intercambiador 27 a través de la tubería 30, y a continuación el agua caliente sale del intercambiador 27 a través de la tubería 32. A continuación, el fluido de trabajo caliente puede viajar a través de la tubería 26A hasta el intercambiador de calor 16, que está conectado aguas abajo del intercambiador de calor de la fuente de calor 27 y aguas arriba de la turbomáquina 14. El fluido de trabajo puede calentarse de nuevo dentro del intercambiador de calor 16 y, a continuación, pasar a través de la tubería 26B hasta la turbina 14, donde el fluido de trabajo realiza un trabajo para generar electricidad. Al salir de la turbina 14, el fluido de trabajo puede viajar a través de la tubería 26C hacia un intercambiador de calor disipador de calor 28, donde el fluido de trabajo se enfría y, en algunos casos, se licua, mediante el intercambio de calor con agua relativamente fría procedente de la

tubería 34 (que posteriormente puede salir del intercambiador 28 a través de la tubería 36. El fluido de trabajo, ahora frío, puede viajar a través de la tubería 28D y puede ser transportado en cualquier punto del proceso a través de una bomba de circulación 18. El fluido de trabajo frío puede viajar a través de la tubería 28E de vuelta al intercambiador 27 para repetir el proceso de generación de electricidad.

[0046] En referencia a la figura 3, el dispositivo HEDC 22 puede funcionar y enfriarse de forma sinérgica con el proceso LTHE 12. Como se ha mencionado, el funcionamiento de la turbina 14 puede generar electricidad, que puede suministrarse para alimentar el dispositivo 22 a través de cables 40. El funcionamiento del dispositivo 22 puede generar calor, especialmente cuando el dispositivo 22 lleva a cabo procesos HEDC que consumen mucha energía. Un circuito de refrigeración 24 puede transportar un refrigerante, como agua, por un circuito para refrigerar el dispositivo 22. En el ejemplo mostrado, se muestra un circuito cerrado 24, pero en otros casos se puede incorporar un sistema de refrigeración de circuito abierto para el dispositivo 22. En el ejemplo mostrado, el refrigerante caliente sale del dispositivo 22 a través de la tubería 24A y puede ser transportado por una bomba de circulación 38 en cualquier punto adecuado del circuito 24. El refrigerante viaja a través de la tubería 24B hasta el intercambiador de calor 16, donde se intercambia el calor del refrigerante y se suministra al fluido de trabajo que circula por el circuito 26. Después de haber perdido calor y reducido la temperatura en intercambiador 16 debido a la transferencia de calor al fluido de trabajo, el refrigerante relativamente frío regresa al dispositivo 22 a través de la tubería 24C, donde el refrigerante recibe calor y aumenta su temperatura por intercambio de calor con el dispositivo 22, enfriando a su vez el dispositivo 22.

[0047] En referencia a la figura 3, en algunos casos el refrigerante se utiliza para sobrecalentar el fluido de trabajo mediante intercambio de calor. Por ejemplo, el fluido de trabajo que circula por la tubería 26A puede circular en un estado igual o inferior al punto de ebullición del fluido de trabajo. Dicho fluido puede entrar en el intercambiador 16 y puede sobrecalentarse por intercambio de calor con el refrigerante. En termodinámica, el sobrecalentamiento (a veces denominado retraso de ebullición o retraso de ebullición) es el fenómeno por el cual un líquido se calienta a una temperatura superior a su punto de ebullición, sin llegar a hervir. Se trata del denominado estado metaestable o metaestado, en el que la ebullición puede producirse en cualquier momento, inducida por efectos externos o internos. Por lo tanto, el intercambiador de calor y el circuito de refrigerante pueden estar estructurados para sobrecalentar el fluido de

trabajo en el circuito de fluido de trabajo. El sobrecalentamiento del fluido de trabajo puede mejorar el funcionamiento de la turbina 14 aguas abajo, ya que la turbina permite una rápida expansión del fluido de trabajo para realizar el trabajo de generación de electricidad.

[0048] En referencia a las figuras 9 y 10, un dispositivo HEDC 22 puede incorporar varias piezas y conexiones adecuadas. En referencia a la figura 10, el dispositivo HEDC 22 puede comprender una pluralidad de procesadores 100 conectados a una interfaz de red 124, como una unidad satélite u otra pieza adecuada para conectarse a una red remota. La interfaz de red 124 puede estar conectada para recibir y transmitir datos, por ejemplo a través de Internet, a una red peer-to-peer que almacena o tiene acceso a una base de datos blockchain. Una base de datos blockchain es una base de datos distribuida almacenada en varios nodos de la red peer-to-peer, que almacena información transaccional para una moneda digital. Se entiende que la base de datos blockchain es operada por terceros, típicamente nodos o grupos de minería, y durante la operación, un usuario que lleva a cabo el método utilizará la interfaz 124 para conectarse y recibir instrucciones / enviar pruebas de trabajo a la base de datos, el nodo o el grupo de minería. Los procesadores 100 pueden estar conectados a la interfaz de red 124 y adaptados para minar transacciones asociadas con la base de datos blockchain y para comunicarse con la base de datos blockchain.

[0049] En referencia a la figura 9, un dispositivo HEDC 22, por ejemplo, uno diseñado para la minería de bitcoins, el aprendizaje automático o la supercomputación, puede incorporar uno o más procesadores 100 con un chip de circuito integrado específico para la aplicación (ASIC), matrices de puertas programables en campo (FPGA), unidades de procesamiento gráfico (GPU) o unidades de procesamiento tensorial (TPU). Un ASIC puede ser un chip de circuito integrado (IC) personalizado para un uso concreto, en lugar de estar destinado a un uso general. Por ejemplo, un chip diseñado para funcionar en una grabadora de voz digital o un minero de bitcoins de alta eficiencia es un ASIC. Los chips de producto estándar específico para una aplicación (ASSP) pueden ser intermedios entre los ASIC y los circuitos integrados estándar de la industria, como la serie 7400 o la serie 4000. Los chips ASIC suelen fabricarse utilizando tecnología de semiconductores de óxido metálico (MOS), como chips de circuitos integrados MOS. A medida que el tamaño de las características se ha reducido y las herramientas de diseño han mejorado a lo largo de los años, la complejidad máxima (y, por lo tanto, la funcionalidad) posible en un ASIC ha pasado de 5000 puertas lógicas a más de 100 millones. Los ASIC modernos suelen incluir microprocesadores completos, bloques de

memoria que incluyen ROM, RAM, EEPROM, memoria flash y otros bloques de construcción de gran tamaño. Estos ASIC se denominan a menudo SoC (sistema en chip). Los diseñadores de ASIC digitales suelen utilizar un lenguaje de descripción de hardware (HDL), como Verilog o VHDL, para describir la funcionalidad de los ASIC. Las matrices de puertas programables en campo (FPGA) son la tecnología moderna para construir una placa de pruebas o un prototipo a partir de piezas estándar: los bloques lógicos programables y las interconexiones programables permiten utilizar la misma FPGA en muchas aplicaciones diferentes. Para diseños más pequeños o volúmenes de producción más bajos, las FPGA pueden ser más rentables que un diseño ASIC, incluso en la producción. El coste de ingeniería no recurrente (NRE) de un ASIC puede ascender a millones de dólares. Por lo tanto, los fabricantes de dispositivos suelen preferir las FPGA para la creación de prototipos y los dispositivos con bajo volumen de producción, y los ASIC para grandes volúmenes de producción, en los que los costes de NRE pueden amortizarse entre muchos dispositivos. Cada procesador puede contener uno o más chips ASIC, por ejemplo, ubicados en matrices o grupos únicos o plurales en una o más placas hash. Las TPU (unidades de procesamiento tensorial) son chips aceleradores de IA diseñados específicamente para cargas de trabajo de aprendizaje automático. Son circuitos integrados específicos para aplicaciones (ASIC) construidos desde cero para ejecutar de manera eficiente modelos de aprendizaje automático, especialmente para la inferencia en aplicaciones como el reconocimiento de imágenes, el reconocimiento de voz y la comprensión del lenguaje. Las TPU destacan en la realización de los cálculos tensoriales que son fundamentales para las redes neuronales profundas. Su arquitectura está optimizada para las operaciones aritméticas de baja precisión utilizadas en el aprendizaje profundo, lo que permite un rendimiento computacional muy alto, al tiempo que son más eficientes en cuanto a energía y espacio que los procesadores de uso general, como las CPU o las GPU, para estas cargas de trabajo. Las GPU (unidades de procesamiento gráfico) son procesadores especializados diseñados originalmente para el renderizado de gráficos y el procesamiento de imágenes. Sin embargo, su arquitectura altamente paralela las hace muy adecuadas para diversas cargas de trabajo que requieren un uso intensivo de la computación, como el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo, las simulaciones científicas, la modelización financiera y la biología computacional. Las GPU contienen miles de núcleos más pequeños y eficientes, diseñados para manejar múltiples tareas simultáneamente, a diferencia de las CPU, que tienen menos núcleos, pero más potentes. Esta capacidad de procesamiento

paralelo permite a las GPU acelerar aplicaciones que pueden paralelizarse entre los numerosos núcleos de la GPU. Las GPU requieren modelos de programación especializados como CUDA u OpenCL para aprovechar eficazmente su arquitectura paralela.

[0050] En referencia a la figura 9, cada procesador 100 puede tener características adecuadas. El ejemplo mostrado ilustra un equipo S9iTM fabricado y vendido en asociación con la marca ANTMINERTM por BITMAINTM con el fin de minar transacciones de Bitcoin. El procesador 100 puede incorporar uno o más controladores 108. La placa de control (controlador 108) del AntminerTM S9iTM emplea el rápido microprocesador Dual ARM[®] Cortex[®]-A9 con CoreSightTM. La placa de control del S9i puede utilizar un FPGA de la serie Xilinx[®] Zynq[®]-7000 con un microprocesador Dual ARM[®] Cortex[®]-A9. El procesador 100 puede incluir un conector de red 110 (para un cable Ethernet), como uno que admita Gigabit Ethernet para garantizar que los bloques minados se envíen al instante. Cada placa de procesador 112 puede montarse en un cuerpo 102 del procesador 100 y contiene uno o más chips de circuitos integrados específicos para aplicaciones. Cada AntminerTM S9iTM emplea una pluralidad de ASIC, por ejemplo, 189 chips de este tipo, para ofrecer una mayor tasa de hash y eficiencia que cualquier otro minero de bitcoins fabricado anteriormente. El procesador 100 puede comprender un cuerpo 102 adecuado sobre el que montar los componentes. En el ejemplo mostrado, el cuerpo 102 es una carcasa de aluminio de alta calidad.

[0051] En referencia a la figura 9, el procesador 100 puede incluir uno o más mecanismos de refrigeración. El cuerpo 102 puede incluir uno o más disipadores de calor. Se pueden conectar uno o más ventiladores para dirigir un fluido, como aire, a través de un conducto de fluido refrigerante (refrigerante) a través del cuerpo 102 y a través del procesador ASIC 100, para mantener el procesador ASIC 100 dentro de un rango de temperatura de funcionamiento respectivo durante su uso. Se pueden utilizar uno o más sensores de temperatura (no mostrados) para supervisar la temperatura y ajustar el funcionamiento del ventilador y/o del ordenador. Los ventiladores pueden incluir un ventilador de admisión 104 en un extremo de admisión del cuerpo 102. Los ventiladores pueden incluir un ventilador de descarga 106 en un extremo de descarga del cuerpo 102. Mediante el uso de dos ventiladores de alta velocidad controlados por ordenador 104 y 106 en ambos extremos de un cuerpo en forma de tubo 102, el fluido caliente se sustituye rápidamente por fluido más frío al ritmo requerido. Mediante el uso de dos ventiladores controlados por ordenador para mantener refrigerado el procesador 100, este sigue siendo eficiente y potente. El procesador 100 puede utilizar una combinación

de refrigeración por conducción y por convección para que el minero funcione de la mejor manera posible sin calentarse más que cualquier otro minero de bitcoins terahash. En algunos casos, cada chip del procesador 100 puede estar equipado con disipadores de calor hechos a medida, por ejemplo, fabricados con una aleación de aluminio de alta calidad.

[0052] En referencia a las figuras 3 y 10, un dispositivo HEDC 22 puede intercambiar calor con un circuito de refrigeración 24 a través de un medio adecuado. En el ejemplo mostrado, el dispositivo 22 puede enfriarse mediante un proceso de enfriamiento por inmersión, aunque pueden utilizarse otros procesos, incluidos procesos de enfriamiento por aire o procesos que intercambian calor entre aire y circuitos de refrigerante líquido. En el ejemplo de enfriamiento por inmersión, el refrigerante entrante a baja temperatura entra en el dispositivo 22 a través de la tubería 24C, absorbiendo el calor de los procesadores 100, y sale del dispositivo 22 a través de la tubería 24A. Una bomba 38 puede transportar el refrigerante a través de la tubería 24B al intercambiador 16, donde se produce el intercambio de calor con el fluido de trabajo en el circuito 26. El refrigerante, a una temperatura relativamente más baja, vuelve al dispositivo 22 a través de la tubería 26C para repetir el proceso.

[0053] En referencia a la figura 10, el sistema 10 puede estar configurado para mantener el procesador 100 del dispositivo HEDC 22 dentro de un rango de temperatura de funcionamiento seguro, por ejemplo, a temperatura ambiente o cerca de ella. Uno o más controladores 120 pueden estar configurados para operar uno o ambos, el LTHE 12 y el circuito de refrigerante 24 y/o el dispositivo 22, para mantener el rango de temperatura de funcionamiento seguro. El controlador 120 también puede estar configurado para garantizar que el fluido de trabajo se encuentre a una temperatura y presión óptimas o adecuadas al salir del intercambiador 16 para su funcionamiento en la turbina 14. Se pueden incorporar varios sistemas para permitir el ajuste de las temperaturas de salida de los fluidos de trabajo y refrigerantes con el fin de optimizar el funcionamiento. Se pueden utilizar uno o más sensores de temperatura y/o presión 122 para supervisar las propiedades del fluido y ajustar el funcionamiento según sea necesario.

[0054] En referencia a la figura 4, se ilustra un ejemplo similar a la realización de la figura 3. La principal diferencia es que en la figura 4 no se proporciona ninguna bomba 38. En el ejemplo mostrado, el medio de transferencia de calor empleado por la aplicación HEDC (dispositivo 22) puede permitir la eliminación de la bomba.

[0055] En referencia a la figura 5, el sistema 10 puede funcionar utilizando una pluralidad de turbomáquinas, por ejemplo, las turbinas 14A y 14B. La pluralidad de turbomáquinas puede comprender una primera turbomáquina (turbina 14A) aguas abajo de la fuente de calor (intercambiador 27), pero aguas arriba del intercambiador de calor 16. Las turbomáquinas pueden comprender una segunda turbomáquina (turbina 14B) aguas abajo del intercambiador de calor 16, pero aguas arriba del disipador de calor (intercambiador 28). En el ejemplo mostrado, un LTHE 12 incorpora una sola corriente o dos corrientes que se recalientan mediante el calor residual transferido desde el funcionamiento del HEDC (dispositivo 12) por medio de un aparato de intercambio de calor y un sistema de turbina doble que proporciona energía al funcionamiento del HEDC. El fluido de trabajo puede circular entre la primera turbina 14A aguas abajo de la fuente de calor, pero aguas arriba del intercambiador de calor 16, y la segunda turbina 14B aguas abajo del intercambiador de calor 16, pero aguas arriba del disipador de calor. A medida que el fluido de trabajo calentado sale del intercambiador 27, se desplaza a través de la tubería 26A-1 hasta la turbina 14A, donde se realiza el trabajo para generar electricidad que puede suministrarse al dispositivo 22 a través de los cables de alimentación 40A. Después de la turbina 14A, el fluido de trabajo puede desplazarse a través de la tubería 26A-2 hasta el intercambiador 16, donde el fluido de trabajo se calienta de nuevo, pero mediante el refrigerante del circuito 24. A continuación, el fluido de trabajo calentado se desplaza a través de la tubería 26B hasta la segunda turbina 14B. La turbina 14B genera entonces electricidad y la suministra al dispositivo 22 a través de los cables 40B.

[0056] En referencia a la figura 6, se muestra una variante de la realización de la figura 5, excepto que la turbina 14A recicla el fluido de trabajo de vuelta al intercambiador 27. El circuito de fluido de trabajo 26 puede estar estructurado para hacer circular el fluido de trabajo, en serie, desde el intercambiador de calor de la fuente de calor 27, hacia la primera turbomáquina 14A, de vuelta al intercambiador de calor de la fuente de calor y hacia la segunda turbomáquina. El circuito de fluido de trabajo 26 puede circular en serie, desde un intercambiador de calor de fuente de calor 27, hacia la primera turbomáquina (turbina 14A), de vuelta al intercambiador de calor de fuente de calor 27 y hacia la segunda turbomáquina (turbina 14B). Así, en el ejemplo mostrado, el fluido de trabajo calentado sale del intercambiador 27 y viaja a través de la tubería 26A-1 hacia la turbina 14A. La turbina 14A genera entonces electricidad, que se suministra mediante cables 40A al dispositivo 22. El fluido de trabajo saliente viaja entonces por la tubería 26A-2 de vuelta al intercambiador 27, donde

el fluido de trabajo recibe calor adicional de la fuente de calor. A continuación, el fluido de trabajo calentado se desplaza a través de la tubería 26A-3 hasta el intercambiador 16. La realización muestra una corriente única o dos corrientes recalentadas por un intercambiador de calor de doble flujo en un ciclo Rankine regenerativo, y luego sobrecalentadas por el calor residual transferido desde la operación HEDC por medio de un aparato de intercambio de calor y un sistema de turbina doble que proporciona energía a la operación HEDC.

[0057] En referencia a la figura 7, se ilustra una realización similar a la de la figura 3, excepto que el intercambiador de calor del refrigerante 16 está situado aguas arriba del intercambiador de calor de la fuente de calor 27. En el ejemplo mostrado, el refrigerante que circula por el intercambiador 16 calienta el fluido de trabajo que entra a través de la tubería 26E y sale a través de la tubería 26F, aguas arriba del intercambiador de calor de la fuente de calor 27.

[0058] En referencia a la figura 8, algunas realizaciones del sistema 10 pueden incorporar un separador de gas-líquido 42. Se puede proporcionar un separador de gas-líquido 42 en el circuito de fluido de trabajo 26, por ejemplo, aguas abajo de la fuente de calor (intercambiador 27) y aguas arriba de la turbomáquina (turbina 14). El separador 42 puede estar estructurado para separar el fluido de trabajo de la tubería 26A-1 en: una corriente gasificada que se suministra a la turbina 14, por ejemplo a través de la tubería 26A-2, y una corriente licuada que se suministra al intercambiador de calor 16, por ejemplo a través de la tubería 26A-3, y luego a la turbomáquina (turbina 14). La corriente licuada que pasa a través de la tubería 26A-3 puede intercambiar calor con el refrigerante a través del intercambiador 16 y, a continuación, pasar a un aparato mezclador de corrientes 44 que recombina las dos corrientes de fluido de trabajo de las tuberías 26A-2 y 26B-1 en una sola corriente en la tubería 26B-2, que luego se suministra a la turbina 14.

[0059] EFICIENCIA Y AHORRO DE COSTES

[0060] El sistema de la presente divulgación, en cualquiera de las realizaciones descritas en las figuras 1-10, además de cualquier otra realización no descrita, por la que el calor residual de una aplicación informática HEDC se transfiere a un LTHE que le proporciona energía eléctrica, puede proporcionar una ventaja tanto en coste como en eficiencia a los subsistemas HEDC y LTHE por encima de cualquiera de ellos individualmente.

[0061] La eficiencia de un ciclo Rankine simple (η_{therm}) se define mediante la siguiente ecuación:

$$\eta_{therm} \approx \frac{\dot{W}_{turb}}{\dot{Q}_{in}}$$

[0062] Donde $\dot{Q}_{in}$ es el caudal de calor al sistema $\dot{W}_{turb}$ es la potencia producida por la turbina. En cualquier realización de la presente divulgación en la que el calor residual se utiliza para sobrecalentar el fluido de trabajo, como se muestra en las figuras 3, 4 y 6, es evidente que, para presiones dadas, el sobrecalentamiento del vapor aumenta la eficiencia del ciclo Rankine al aumentar el $\dot{W}_{turb}$ que se puede extraer del sistema. Además, es evidente a partir de los principios básicos que al reincorporar la producción neta de un motor térmico, ya sea un ciclo basado en precalentamiento, recalentamiento, regeneración o sobrecalentamiento, de nuevo en sí mismo, se reduce $\dot{Q}_{in}$, aumentando así η_{therm} .

[0063] La eficiencia de un centro de datos en general se generaliza en la siguiente fórmula para la eficiencia en el uso de la energía (PUE), donde:

$$PUE = \frac{\text{Energía Total de la Instalación}}{\text{Energía del Equipo de IT}}$$

[0064] Donde energía de los equipos informáticos solo incluye la energía utilizada para alimentar los dispositivos informáticos y donde energía total de las instalaciones también incluye los equipos informáticos, además de la energía consumida por todo lo demás en el centro de datos (por ejemplo, iluminación, refrigeración, etc.). A través de la colocación y la integración directa de un centro de datos HEDC dentro de un Central eléctrica basada en LTHER: todos los componentes del centro de datos, excepto los dispositivos informáticos y los sistemas de refrigeración, entran en la categoría de carga parásita de la central eléctrica, en lugar de en la de las instalaciones informáticas. La energía de refrigeración para los equipos informáticos, que en un centro de datos normal puede consumir un porcentaje significativo de la energía de los equipos informáticos, puede reducirse teóricamente a cero, mediante la elección del medio de transferencia de calor y el uso del propio LTHER como disipador de calor. Si bien el PUE de cero ideal para un centro de datos se ha demostrado en el pasado durante un periodo de tiempo limitado, la divulgación que aquí se presenta puede mantenerlo durante periodos prolongados.

[0065] Se puede lograr un ahorro de costes tanto en el LTHE como en los subsistemas HEDC mediante la integración presentada en esta divulgación a través de una serie de mecanismos. Al combinar el equipo de eliminación de calor HEDC con el ciclo Rankine, ya sea mediante mecanismos de precalentamiento, recalentamiento, regeneración o sobrecalentamiento, se reduce el equipo necesario y, por lo tanto, el coste. En cualquier realización de esta divulgación en la que el calor residual del HEDC se utiliza para aumentar la calidad del vapor del fluido de trabajo que entra en una turbina del LTHE, reduciendo así el daño a las palas de la turbina por picaduras y otros efectos de la condensación durante la expansión. Mediante este método, la vida útil de una turbina puede prolongarse más allá de un LTHE sin esta divulgación, reduciendo los costes a lo largo de la vida útil de la central eléctrica y disminuyendo el tiempo de inactividad necesario para las reparaciones.

[0066] Por último, se consigue un ahorro de costes gracias a la distribución de energía. La exportación de energía desde una central eléctrica a la red conlleva una serie de ineficiencias y pérdidas inherentes a los controles de la turbina para una regulación precisa de la frecuencia. Al acoplar un LTHE directamente con una aplicación HEDC, se elimina la necesidad de los costosos equipos necesarios para la conexión a la red y se aumenta la eficiencia de la turbina al eliminar la necesidad de regular la frecuencia. Por el lado del HEDC, la distribución de energía en un centro de datos desde la conexión a la red hasta los equipos informáticos requiere numerosos pasos de conversión y una infraestructura costosa. Al eliminar la conexión a la red y con la flexibilidad de producir energía de la manera más adecuada para los equipos informáticos específicos que se utilizan, el equipo de distribución de energía puede simplificarse en gran medida, eliminando equipos costosos y pérdidas por conversión.

[0067] En resumen, la integración de un LTHE con HEDC, tal y como se presenta en esta divulgación, permite la construcción tanto del centro de datos más eficiente como del LTHE.

[0008] En algunas de las realizaciones, se puede proporcionar un dispositivo HEDC 22, por ejemplo, un dispositivo de minería de cadena de bloques, dentro de un edificio portátil. Un edificio portátil puede tener paredes, una base y un techo, y estantes para procesadores. Un ejemplo de edificio adecuado es un contenedor de transporte intermodal, un gran contenedor de transporte estandarizado, diseñado y construido para el transporte intermodal de mercancías, lo que significa que estos contenedores pueden utilizarse en diferentes modos de transporte, desde barcos hasta trenes y camiones, sin necesidad de descargar y volver a cargar su mercancía. Los contenedores intermodales se utilizan principalmente para almacenar y

transportar materiales y productos de forma eficiente y segura en el sistema global de transporte intermodal de mercancías en contenedores, pero también se utilizan en menor medida a nivel regional. Estos contenedores se conocen con varios nombres, como simplemente contenedor, contenedor de carga o de mercancías, contenedor ISO, contenedor de transporte, contenedor marítimo u oceánico, furgoneta marítima o caja (Conex), contenedor marítimo o contenedor C. Los contenedores de transporte pueden transferirse entre el ferrocarril, el camión y el barco mediante grúas para contenedores en las terminales de contenedores. Las carretillas elevadoras, las apiladoras, las carretillas pórtico y las grúas pueden utilizarse para cargar y descargar camiones o trenes fuera de las terminales de contenedores. Las cajas móviles, los elevadores laterales, los camiones con plataforma basculante y los camiones con gancho pueden permitir la transferencia desde y hacia camiones sin necesidad de equipo adicional. Los contenedores estándar ISO pueden manipularse y elevarse de diversas maneras mediante sus fijaciones en las esquinas, pero la estructura y la resistencia de los contenedores de cuarenta y cinco pies (tipo E) limita su tolerancia a la elevación lateral, y tampoco pueden ser manipulados con carretillas elevadoras, según la norma ISO 3874 (1997).

[0069] Las cadenas de bloques pueden utilizarse en asociación con aplicaciones no monetarias, como en el caso de un token no fungible (NFT), que es una unidad de datos única e intercambiable almacenada en un libro de contabilidad digital (cadena de bloques). Los NFT pueden asociarse a elementos fácilmente reproducibles, como fotos, vídeos, audio y otros tipos de archivos digitales, como elementos únicos (análogos a un certificado de autenticidad). Los NFT utilizan la tecnología blockchain para proporcionar una prueba pública de propiedad. Las copias del archivo original no están restringidas al propietario del NFT y pueden copiarse y compartirse como cualquier otro archivo. La falta de intercambiabilidad (fungibilidad) distingue a los NFT de las criptomonedas tradicionales de blockchain, como Bitcoin. Las realizaciones de esta divulgación abarcan sistemas que utilizan blockchain, incluidos los relacionados con criptomonedas, NFT y otros.

[0070] En las reivindicaciones, la palabra «que comprende» se utiliza en su sentido inclusivo y no excluye la presencia de otros elementos. Los artículos indefinidos «un» y «una» delante de una característica de la reivindicación no excluyen la presencia de más de una de las características. Cada una de las características individuales aquí descritas puede utilizarse en

una o más realizaciones y no debe interpretarse, por el mero hecho de estar aquí descrita, como esencial para todas las realizaciones definidas en las reivindicaciones.