

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 416 135**

51 Int. Cl.:

H02P 9/04 (2006.01)
B60L 3/00 (2006.01)
F02C 6/18 (2006.01)
B60L 8/00 (2006.01)
F02D 41/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2005 E 05730159 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2013 EP 1761984**

54 Título: **Sistema inversor de potencia accionado por motor, con cogeneración**

30 Prioridad:

16.03.2004 US 554031 P
16.03.2004 US 554063 P
17.03.2004 US 554026 P
17.03.2004 US 553737 P
17.03.2004 US 553810 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.07.2013

73 Titular/es:

TECOGEN, INC. (100.0%)
45 1st Avenue
Waltham MA 02451 , US

72 Inventor/es:

GEHRET, JOSEPH, B., JR

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 416 135 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 inversor de potencia accionado por motor, con cogeneración

Referencia cruzada a Solicitudes relacionadas

5 Esta Solicitud reivindica el derecho de las siguientes Solicitudes de Patente Provisionales de los EE.UU.: de Serie Nº 60/554.026, presentada el 16 de marzo de 2004 a nombre de Joseph B. Gehret; de Serie Nº 60/554.031, presentada el 16 de marzo de 2004 a nombre de Joseph B. Gehret; de Serie Nº 60/554.063, presentada el 16 de marzo de 2004 a nombre de Joseph B. Gehret; de Serie Nº 60/553.737, presentada el 17 de marzo de 2004 a nombre de Joseph B. Gehret; y de Serie Nº 60/553.810, presentada el 17 de marzo de 2004 a nombre de Joseph B. Gehret.

Campo de la invención

10 Esta invención se refiere generalmente al campo de la generación de energía eléctrica y, más particularmente, a un aparato generador e inversor accionado por motor, para generar energía, en el que la velocidad del motor es controlada de manera que se adapte a diferentes cargas de potencia desde el sistema, y el calor generado por el sistema es recogido y utilizado.

Antecedentes de la invención

15 El documento US-A-5.323.081 divulga una planta de generación de energía electrónica con un motor de combustión interna. Los gases de escape procedentes del motor pasan a través de un intercambiador de calor dispuesto dentro de una camisa de agua, en torno al motor. El documento JP 07131999 A divulga un generador accionado por un motor, en una disposición tal, que el motor puede hacerse funcionar con la válvula de combustible completamente abierta, sin necesidad de llevar a cabo un control de la válvula de combustible.

20 En la técnica anterior, son bien conocidos los sistemas de generación de energía eléctrica que comprenden un motor, un generador, un rectificador y un inversor. Algunos de tales sistemas son sistemas combinados de calor y potencia (CHP –“Combined Heat and Power”) que se utilizan para la producción simultánea tanto de electricidad como de calor en un régimen continuo. Los sistemas de CPH son también conocidos como sistemas de cogeneración o de generación distribuida. En una planta de energía que no es de CPH, el calor generado es expulsado a la atmósfera. Esto no solo es un derroche, sino que es también perjudicial para el entorno, tanto en términos de contaminación térmica como debido a que la energía térmica que podría haberse utilizado tendrá que ser generada por otros medios, lo que generalmente provoca una contaminación adicional. En un sistema de CHP, el calor generado es recogido o captado y utilizado, lo que lleva a una utilización global más alta del combustible así como a un daño reducido en el entorno.

30 En general, resulta ventajoso instalar un sistema de CHP cerca del lugar de utilización del calor generado, puesto que la energía térmica, a diferencia de la energía eléctrica, es difícil de transportar. Esto rige para pequeños sistemas de CHP que pueden ser emplazados en las proximidades inmediatas de cualquier variedad de pequeñas cargas térmicas comerciales o institucionales.

35 En la actualidad, las instalaciones de CHP del tamaño inferior al megawatio se encuentran dominadas por sistemas de generación de energía que utilizan motores alternativos o de vaivén de gas natural. Su popularidad no es debida a ningún factor en especial, sino que, antes bien, se debe a su valor global cuando se ponderan todos los factores. Los factores son la eficiencia operativa, el coste de inversión, las emisiones de escape alcanzables, la infraestructura de servicio, la durabilidad, la recuperación del calor, etc. Nuevas tecnologías como las pilas de combustible y las turbinas están significando importantes avances en el campo y son prometedoras, pero los progresos son lentos debido a diversos problemas que implican el “equipo terminal” de estos sistemas. Ni las pilas de combustible ni las microturbinas provistas de regeneradores están al alcance en la actualidad ni constituyen alternativas prácticas a los generadores de motor para aplicaciones de CHP. Tanto las pilas de combustible como las microturbinas tienen un coste inicial inaceptablemente alto y han de ser fuertemente subsidiadas por sus fabricantes o por terceros con el fin de obtener una aceptación inicial en el mercado. Los generadores de motor, especialmente los que son accionados por motores de diversas motorizaciones para automoción, por el contrario, alcanzan un bajo coste, incluso en pequeñas cantidades, debido a que se benefician de los enormes ahorros de escala derivados de la producción en masa de tales motores.

45 Los fabricantes utilizan, por lo común, una de dos opciones de diseño del generador por lo que respecta a los sistemas de CHP de generador de CA [corriente alterna –“AC (alternating current)”] accionado por motor. El primero de ellos es un generador de tipo “sincrónico”, la tecnología de alternador convencional que se utiliza en todo el mundo para aplicaciones de reserva y de suministro primario o principal. La segunda elección es el generador del tipo de “inducción”, que es, más o menos, un motor de inducción llevado por encima de las revoluciones o rpm de régimen sincrónico con el fin de exportar energía eléctrica a un bus de utilización instantánea. Si bien ambos tipos de generador constituyen tecnologías bien establecidas y fiables, ninguno de ellos resulta totalmente satisfactorio en aplicaciones de sistemas de CHP por las razones que se describen más adelante.

Las principales ventajas de un generador sincrónico son su capacidad de autonomía (es decir, la facultad de

alimentar en energía la instalación durante un apagón) y que no se basa en la empresa para la corriente de magnetización o potencia reactiva. El funcionamiento autónomo o en "apagón" es cada vez más demandado por los clientes, dadas las recientes preocupaciones en cuanto a la seguridad con respecto a la red de suministro de energía central y también los muy publicitados apagones ocurridos en los EE.UU. y en Europa. Por lo que respecta al problema de la potencia reactiva, si bien no tiene un impacto en la eficiencia del sistema en sí, excepto por las pérdidas en las líneas, los atributos positivos de la máquina sincrónica constituyen un añadido definitivo. Sin embargo, y a pesar de estas ventajas, el generador sincrónico casi nunca se aplica a los sistemas de CHP pequeños debido a los siguientes problemas, que hacen que los pequeños grupos sincrónicos no sean prácticos.

1. Una resistencia a ultranza por parte de las empresas eléctricas a conceder la aprobación para la interconexión sin necesidad de caros sistemas de relés de seguridad. Los ingenieros de las empresas eléctricas temen que un sistema de CHP pueda electrificar inintencionadamente una porción de la red de suministro durante una interrupción en la alimentación eléctrica. Esto es un peligro para el equipo de la empresa y sus trabajadores. Algunos ingenieros de las empresas eléctricas requieren dos sistemas de seguridad completamente redundantes, en adecuación con la práctica del diseño de las subestaciones, para la protección contra este peligro. Ello constituye una carga económica inasumible para un sistema de CHP pequeño.

2. En su aplicación más común, un generador sincrónico pequeño se utiliza como una fuente de energía de reserva. Los controles, en esta aplicación, son simples y fiables. Cuando se utiliza en aplicaciones de CHP, por otra parte, la complejidad del sistema de control cambia drásticamente. El sistema de CHP ha de establecerse de manera que funcione tanto en paralelo con la red de suministro de la empresa como en un régimen autónomo. El funcionamiento en paralelo implica una compleja disposición de sincronizadores, controles de potencia reactiva, dispositivos de mando de doble ganancia (una para cada modo de funcionamiento), y medidas de seguridad para evitar riesgos a los instaladores de líneas provocados por un efecto "isla" inadvertido (funcionamiento continuado del generador mientras se encuentra conectado a una sección aislada de la red de suministro de la empresa), además de medidas de seguridad para evitar errores de sincronización. Sin embargo, el caso más general implicará múltiples sistemas de CHP funcionando en paralelo, para una filosofía de diseño modular, en cuyo caso el diseño del sistema de control se hace aún más complejo y deben considerarse factores tales como el adelanto / retardo, el compartimiento de la carga y el compartimiento de la potencia reactiva. Esto constituye también una carga económica insalvable para un sistema de CHP pequeño.

Como consecuencia de los problemas anteriormente descritos de los generadores sincrónicos, el mercado de los pequeños sistemas de CHP de motor alternativo está dominado por generadores basados en la inducción. Los generadores basados en la inducción no requieren de equipo en paralelo y pueden instalarse unidades modulares de forma múltiple sin ningún requisito de control entre unidades –un verdadero diseño modular en el lado de la interfaz eléctrica. Sin embargo, a pesar de estas ventajas, los generadores de inducción presentan los siguientes problemas:

1. La seguridad y simplicidad inherentes a los generadores de inducción tiene como resultado que estos pasen a estar fuera de servicio durante una interrupción de la alimentación eléctrica.
2. Los generadores de inducción requieren una cantidad sustancial de potencia reactiva que debe ser obtenida de la red de suministro de la empresa eléctrica, y algunas empresas penalizan a los clientes en su estructura de tarifas por el factor de potencia cuando está presente un sistema de CHP.
3. Existe una resistencia creciente, por parte de las compañías de servicios de energía eléctrica, a aprobar aplicaciones de interconexión de sistemas de CHP, y no hay comités de normativa que trabajen para este fin. Cabe la posibilidad de que se retire el certificado a sistemas de CHP existentes.

Así, pues, existe la necesidad de un nuevo tipo de sistema de CHP que resuelva el problema anteriormente descrito de funcionamiento como interfaz con las empresas de servicios públicos, y otros problemas de los sistemas de CHP de la técnica anterior.

Compendio de la invención

El funcionamiento como interfaz anteriormente descrito y otros problemas de la técnica anterior se resuelven por la presente invención, tal y como se reivindica en las reivindicaciones que se acompañan. La invención es un nuevo sistema combinado de calor y potencia (CHP –"Combined Heat and Power") con capacidad de arranque en desconexión o apagado para la producción simultánea, a tiempo completo, tanto de electricidad como de calor para aplicaciones del mercado de emergencia / suministro principal, incluyendo escuelas, hospitales, institutos, instalaciones geriátricas, lavanderías comerciales, hoteles y centros de salud. De forma muy simple, el nuevo sistema de generación de energía de CHP comprende un motor, un generador, un rectificador, un inversor y electrónica de control del inversor.

Similarmente a los sistemas de CHP equipados con inversor de la técnica anterior, el nuevo inversor que se utiliza con el novedoso sistema de CHP que se describe en esta memoria, permite suministrar como salida diferentes frecuencias desde el generador según que el motor que acciona el generador funcione a diferentes velocidades, y, con todo, producir una tensión eléctrica o voltaje y frecuencia deseados en la salida del inversor hacia una carga.

Para obtener una interconexión con la empresa eléctrica de forma rápida y con el mínimo coste, se utiliza una electrónica de control del inversor novedosa que funciona con un sistema de CHP basado en inversor, accionado por motor. La electrónica de control del inversor novedosa proporciona una alta fiabilidad, una elevada eficiencia, un tamaño compacto y un bajo coste. La nueva electrónica de control del inversor también proporciona: (a) una eficiencia a carga parcial mejorada, (b) la capacidad de hacer funcionar el motor de accionamiento a velocidades más bajas durante periodos de carga reducida, (c) la capacidad de funcionar a velocidades del motor más altas para un pico de salida incrementado, (d) controles simplificados para disponer en paralelo múltiples unidades, (e) niveles o magnitudes de ruido reducidas a carga parcial, (f) la capacidad para ser conectado a cargas no lineales más altas y para arrancar motores más grandes que un simple generador sincrónico mientras marcha como reserva, y (g) la capacidad para interrumpir la conexión del sistema de CHP a la red de suministro de energía de la empresa a la que está conectado cuando se cae la red de suministro.

La salida de corriente alterna (CA) del generador accionado por motor se suministra como entrada a un rectificador para ser convertida en corriente continua (CC). La salida de CC del rectificador se suministra como entrada al inversor para ser convertida de vuelta a CA de una frecuencia y una magnitud especificadas. De esta manera, la salida del inversor es independiente de la frecuencia de la salida del generador. Esta propiedad de independencia de la frecuencia resulta particularmente útil cuando un alternador de imanes permanentes (PM –“permanent magnet”) es accionado por un motor de combustión interna. Convencionalmente, la salida de frecuencias más altas de los alternadores de PM los hace prácticamente impracticables con todos los motores. Cuando se acopla con un sistema inversor, la frecuencia de los alternadores de PM es indiferente y la electrónica del inversor puede ser diseñada para aprovecharse de la salida de frecuencias más altas de los alternadores. Además, el motor que acciona el alternador de PM puede hacerse funcionar a cualquier velocidad que sea óptima para cualquier nivel o magnitud de salida de potencia deseada.

Cuando la potencia extraída del inversor por una carga ha de estar a frecuencias diferentes, se utiliza un inversor de Accionamiento a Frecuencia Variable (VDF –“Variable Frequency Drive”) en el sistema de CHP. Los inversores de VDF se utilizan comúnmente para accionar refrigeradores, compresores y bombas de aire acondicionado, y la frecuencia de salida del VDF se modifica con el fin de hacer funcionar tales dispositivos con una eficiencia más alta para cargas parciales. Dicho dispositivo de carga enviará una señal al inversor de VDF con el fin de ordenarle que marche a una frecuencia especificada para maximizar la eficiencia del dispositivo.

Mientras la salida del nuevo sistema de CHP está conectada a la red de suministro de la empresa eléctrica, la novedosa electrónica de control del inversor controla la velocidad del motor con el fin de maximizar la eficiencia de la unidad, al permitir al motor marchar siempre a una velocidad óptima basándose en la carga. Debido a que un sistema de CHP ha de funcionar de forma continua, la reducción de la velocidad del motor para cargas reducidas prolongará la vida del motor, al permitir su funcionamiento a velocidades reducidas y, con ello, reducir el desgaste del motor con respecto a un generador de velocidad fija que marcha a una potencia equivalente. El objetivo es hacer marchar el motor con la válvula de combustible completamente abierta para obtener una eficiencia máxima.

De acuerdo con las enseñanzas de la invención, la novedosa electrónica de control del inversor funciona para mantener el motor en un estado próximo al calado, con la válvula de combustible del motor completamente abierta. La posición o ajuste de la válvula de combustible del motor nunca se cambia y esta permanece completamente abierta. Un sensor detecta la velocidad del motor y otro sensor detecta la cantidad de potencia que es extraída del inversor. Estos dos sensores están conectados a la electrónica de control del inversor. Un programa almacenado que se hace correr por un microprocesador existente en la electrónica de control del inversor, procesa o trata las señales y genera otra señal que es utilizada para controlar el inversor con el fin de ajustar la velocidad del ajuste del motor-generador. Brevemente, el inversor es controlado por la señal generada por el microprocesador con el fin de modificar deliberadamente la magnitud de la potencia extraída de la combinación de motor-generador, al objeto de cambiar la velocidad del motor, que siempre permanece con la válvula de combustible a plena capacidad. Debido a que el nuevo sistema de CHP está vinculado directamente tanto a una carga como a la red de suministro eléctrico en este modo de funcionamiento, los ligeros cambios de potencia que se requieren para facilitar este novedoso algoritmo de control siempre serán extraídos de la red de suministro de la empresa eléctrica o distribuidos a la misma.

Si se está extrayendo una cantidad de potencia reducida por parte de una carga o cargas conectadas al inversor, esto es detectado por el sensor de extracción de potencia y la señal generada por la electrónica de control del inversor incrementará momentáneamente la potencia extraída del conjunto de motor y generador. La potencia adicional extraída es remitida o enviada a la red de suministro de la empresa, de manera que no se desperdicia. La potencia adicional extraída es suficiente para poner el motor en un estado próximo al de calado, por lo que se reduce su velocidad de rotación. Durante el curso de la deceleración del motor, el inversor disminuye gradualmente la cantidad de potencia adicional que está siendo extraída por el inversor y que está siendo remitida a la red de suministro de la empresa. Cuando se aproxima a la velocidad reducida del motor deseada, el inversor reduce adicionalmente la cantidad de potencia adicional que se extrae y, cuando la velocidad del motor comienza a estabilizarse en la magnitud inferior deseada, el inversor comienza a equilibrar o nivelar la extracción de potencia, con lo que se llega a un nuevo punto de equilibrio de velocidad inferior del motor que compensa la disminución de la potencia que se está extrayendo del inversor hacia la carga.

Y a la inversa, cuando el sensor de extracción de potencia detecta un incremento de la potencia extraída desde el inversor, la señal generada por la electrónica de control del inversor en respuesta a la señal procedente del sensor de extracción de potencia, hace que el inversor reduzca la potencia extraída del conjunto de motor y generador y la remita a la red de suministro de la empresa, y, con ello, permite que la velocidad del motor se incremente desde su último punto de equilibrio de velocidad más baja. En el curso de la aceleración del motor, el inversor aumenta gradualmente la cantidad de potencia adicional que está siendo extraída por el inversor. Cuando se acerca a la velocidad del motor deseada, el inversor incrementa adicionalmente la cantidad de potencia adicional extraída. Cuando la velocidad del motor comienza a estabilizarse en la magnitud de velocidad deseada, el control del inversor comenzará a equilibrar la extracción de potencia, llegando a un nuevo punto de equilibrio, a velocidad más alta del motor, que compensa el incremento de la potencia que está siendo extraída desde el inversor a la carga.

Otra manera de expresar este algoritmo es que la válvula de combustible es accionada de manera que se abre completamente, al tiempo que el sistema de control electrónico del inversor mantiene la salida de potencia del alternador con el fin de mantener una velocidad específica. Este punto establecido de la velocidad será entonces ajustado lentamente al objeto de conseguir una magnitud de salida de potencia específica. Cuando más baja sea la magnitud de salida de potencia, más baja será la velocidad del motor y del generador, y cuanto más alta sea la magnitud de salida de potencia, más alta será la velocidad del motor y del generador.

El novedoso sistema de CHP es, por lo común, la fuente primaria o principal de energía para una carga a él conectada. Sin embargo, si se espera que la potencia que se ha de extraer por una carga exceda la potencia que puede proporcionarse por el conjunto de motor-generador, puede también introducirse potencia de la red de suministro de la empresa en el rectificador, y convertirse en CC destinada a suministrarse como entrada en el inversor con el fin de accionar la carga. El microprocesador de la electrónica de control del inversor lleva a cabo esta determinación al analizar las señales que recibe desde el sensor de velocidad del motor y el sensor de extracción de potencia. Cuando se requiere potencia adicional de la red de suministro de energía de la empresa, unos conmutadores de estado sólido asociados con el rectificador son activados para conectar la red de suministro de la empresa al rectificador. Cuando la demanda de potencia por parte de la carga conectada al inversor disminuye, los conmutadores pueden ser desactivados por la electrónica de control del inversor de manera tal, que toda la potencia suministrada a la carga es obtenida del conjunto de motor-generador. Por ejemplo, durante el arranque de un motor eléctrico de cualquier clase de sistema, la demanda de potencia es muy alta. Durante este tiempo, el inversor necesita extraer potencia extra de la red de suministro de la empresa, y el microprocesador de la electrónica de control del inversor hace que la red de suministro de energía de la empresa se conecte a la entrada del rectificador. Además, si el motor o el generador falla, toda la potencia para la carga conectada al inversor puede ser extraída de la red de suministro de la empresa. Existe un cambio o alternancia sin discontinuidades del generador a la red de suministro de energía de la empresa.

Puede también introducirse potencia de CC procedente de otras fuentes tales como células fotovoltaicas en solitario, en el inversor para ser convertida en potencia de CA de una frecuencia especificada.

Descripción de los dibujos

La invención se comprenderá mejor con la lectura de la siguiente Descripción detallada, en combinación con los dibujos, en los cuales:

La Figura 1 es un diagrama de bloques del novedoso sistema de generación de energía;

La Figura 2A muestra un diagrama de flujo de las etapas que se llevan a cabo por el microprocesador de una unidad de control electrónica de inversor, bajo el control de un programa almacenado para un lazo o bucle de control lento, a fin de controlar un inversor para hacer que el motor del sistema de generación de energía de CHP se acelere o se ralentice para compensar las diferentes cargas de potencia extraídas desde el sistema de generación de energía de CHP;

La Figura 2B muestra un diagrama de flujo de las etapas que se llevan a cabo por el microprocesador de una unidad de control electrónica de inversor, bajo el control de un programa almacenado para un lazo o bucle de control rápido, a fin de controlar un inversor para hacer que el motor del sistema de generación de energía de CHP se acelere o se ralentice para compensar las diferentes cargas de potencia extraídas desde el sistema de generación de energía de CHP; y

La Figura 3 es un diagrama de flujo que muestra la eficiencia del motor del sistema de generación de energía de CHP en función de los kilovatios de potencia que están siendo suministrados por el generador del sistema de generación de energía de CHP.

Descripción detallada

La invención comprende un novedoso sistema de generación de energía eléctrica de calor y potencia combinados ("CHP" —"Combined Heat and Power"), que utiliza una nueva electrónica de control de inversor para la producción simultánea tanto de electricidad como de calor. Como se ha descrito en el Compendio de la invención, existen numerosas ventajas procuradas por la nueva electrónica de control de inversor, al ser utilizada con el novedoso

sistema de CHP accionado por motor. En general, estas ventajas son su alta fiabilidad, su alta eficiencia, su tamaño compacto y su bajo coste. Más específicamente, las ventajas antes referidas son: (a) una eficiencia a carga parcial mejorada, (b) la capacidad de hacer funcionar el motor de accionamiento a velocidades más bajas durante periodos de carga reducida, (c) la capacidad de funcionar a velocidades del motor más altas para un pico de salida incrementado, (d) controles simplificados para disponer en paralelo múltiples unidades, (e) niveles o magnitudes de ruido reducidas a carga parcial, (f) la capacidad para ser conectado a cargas no lineales más altas y para arrancar motores más grandes que un simple generador sincrónico mientras marcha como reserva, y (g) la capacidad para interrumpir la conexión del sistema de CHP a la red de suministro de energía de la empresa a la que está conectado el nuevo sistema de CHP cuando se cae la red de suministro. Algunas de estas ventajas se recogen de forma más amplia en los siguientes párrafos.

La eficiencia a carga parcial más alta tiene el beneficio secundario de reducir el consumo de combustible y las temperaturas en la cámara de combustión, y, por tanto, rebajar las concentraciones de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) en un convertidor catalítico del sistema de escape del motor. Un comportamiento eficiente a carga parcial es muy deseable en los sistemas de CHP para permitir un funcionamiento económico durante periodos de carga reducida. En lugar de detenerse para cargas ligeras, los generadores de CHP de velocidad variable pueden seguir proporcionando electricidad y produciendo calor con eficiencias térmicas globales elevadas.

Cuando se utiliza el nuevo inversor, el motor puede ser llevado, durante cortos periodos de tiempo, a velocidades más altas y, por tanto, generar una salida de potencia proporcionalmente más alta. Es razonable un incremento del 30% en la salida basándose en la experiencia con productos de compresor de velocidad variable (esto es, refrigeradores).

El novedoso sistema inversor tiene una capacidad limitada para producir corriente de sobrecarga en cortocircuito, a diferencia de los generadores de la técnica anterior.

Una preocupación que afecta a las empresas de generación de energía eléctrica es la capacidad de un sistema de CHP para crear una "isla" cuando una porción de su red de suministro es aislada con el sistema de CHP y una carga. Su temor es que sus operarios de líneas supongan que esta sección aislada a modo de "isla" de su red de suministro esté "muerta" o desconectada, pero el sistema de CHP siga en funcionamiento, de manera que existirá un riesgo de electrocución. Esto puede producirse debido a que los sistemas de CHP funcionan, por lo común, de manera continua. El nuevo inversor presenta un funcionamiento contra el efecto "isla", con la capacidad de interrumpir la conexión del sistema de CHP a la red de suministro de la empresa cuando esta se cae o desconecta.

La difícil y compleja reunión de controles requerida en la técnica anterior para generadores sincrónicos convencionales con el fin de proteger a los operarios de líneas de la empresa eléctrica que trabajan en redes de suministro desconectadas, se elimina cuando se utiliza en nuevo inversor. En principio, con el nuevo sistema inversor, será posible prescindir de los complejos y costosos controles de la técnica anterior, incluso en múltiples emplazamientos del sistema de CHP, y reemplazarlos por un enlace de red entre microprocesadores controlados por programación existentes en la nueva electrónica de control.

Los generadores de inducción extraen potencia reactiva de la red de suministro de energía de la empresa, incluso cuando están generando energía. El resultado neto son corrientes más altas y el sobredimensionamiento resultante del equipo de transmisión y distribución. Esto a menudo conduce, a su vez, que las empresas penalicen a los clientes que tienen consumos de potencia reactiva elevados (factores de potencia bajos). El novedoso sistema de CHP con la nueva electrónica de control del inversor no extraerá potencia reactiva y presentará, por tanto, las ventajas de una transmisión y distribución no comprometidas cuando se conecta en paralelo con la red de distribución, con lo que se evitan cargos añadidos por potencia reactiva por parte de la compañía eléctrica.

En la Figura 1 se muestra un diagrama de bloques del novedoso sistema de generación de energía 10. Los elementos básicos del sistema de generación de energía son un motor de combustión interna 11, que funciona, por lo común, con gas natural pero puede funcionar con otros combustibles. Para evitar que se complique en exceso la Figura 1, no se ha mostrado una entrada de combustible al motor 11. Tales motores 11 son bien conocidos en la técnica, de manera que este no se describe con mayor detalle en esta memoria. El motor 11 está conectado o unido físicamente a, y acciona, un generador 12 con el fin de producir una salida trifásica según se ha representado por los tres conductores 30.

Se aporta aire al motor 11 con el fin de quemar el combustible a medida que marcha el motor. Pueden utilizarse unos filtros de aire, conocidos en la técnica pero, de nuevo, no mostrados en la Figura 1, para limpiar el aire antes de ser suministrado como entrada al motor 11. Los gases de escape del motor 11 pasan a través de un sistema de escape 20 que comprende, por lo común, un convertidor catalítico, un intercambiador de calor de gases de escape y un silenciador que se comportan de una manera bien conocida en la técnica, de manera que no se proporciona en esta memoria una descripción adicional de ellos. Los gases de escape salen del sistema de escape 20 por un tubo indicado por la referencia 21.

El generador 12 es, preferiblemente, un alternador de imanes permanentes (PM –"permanent magnet") que tiene estatores de metal amorfo que ofrecen una eficiencia extremadamente alta y un empaquetamiento compacto. En

una topología convencional, la salida de alta frecuencia del generador de PM 12 hace que este sea impracticable con prácticamente todos los dispositivos rotativos, pero cuando se acopla con un sistema inversor, su frecuencia es indiferente y la electrónica del inversor puede diseñarse para aprovecharse de una entrada de alta frecuencia. El motor 11 se hace marchar a diferentes velocidades dependiendo de la carga conectada a los conductores 33, a fin de proporcionar las mayores eficiencias de funcionamiento. Esto se describe con mayor detalle más adelante en esta descripción detallada. De acuerdo con ello, la frecuencia de la salida trifásica del generador de PM 12 varía en los conductores de salida 30 desde el generador 12. En lo que sigue de esta descripción, el motor 11 y el generador 12 son referidos, a menudo, como conjunto de motor-generador 11, 12.

La tensión de CA trifásica de la salida de frecuencia variable desde el generador de PM 12 se suministra como entrada al rectificador 13 a través de unos conductores 32. Los rectificadores para convertir cantidades relativamente grandes de potencia de CA en potencia de CC son bien conocidos en la técnica, de manera que el rectificador 13 no se describe con mayor detalle. La potencia de CC rectificada y filtrada que se suministra como salida desde el rectificador 13, se suministra como entrada al inversor 14.

Opcionalmente, existe una segunda entrada al rectificador 13, que comprende CA trifásica por tres conductores 31, procedente de una fuente de alimentación de la empresa. Cuando el conjunto de motor-generador 11, 12 no puede hacerse funcionar para proporcionar CA al rectificador 13, la potencia de empresa que va por los conductores 31 es, en lugar de ello, rectificada por el rectificador 13 y suministrada como entrada al inversor 14. En ocasiones, cuando el conjunto de motor-generador 11, 12 no es capaz de proporcionar potencia de pico a una carga conectada a los conductores 33, se extrae también potencia de la fuente de alimentación de la empresa por los conductores 31 con el fin de suplementar la potencia que está siendo generada por el conjunto de motor-generador 11, 12.

El inversor 14 invierte la potencia de CC de su entrada, convirtiéndola de nuevo en CA trifásica ($\emptyset 1, \emptyset 2, \emptyset 3$) en sus conductores de salida 33. En la Figura 1, el inversor 14 se ha designado como "Inversor (VDF)". Se ha indicado de esta manera porque en algunas aplicaciones se necesita un inversor de Accionamiento de Frecuencia Variable (VFD –"Variable Frequency Drive") y en otras aplicaciones no es necesario un inversor de VFD. Un inversor de VFD es susceptible de ser controlado por medios externos para proporcionar una potencia de salida a diferentes frecuencias. Existen ciertos tipos de cargas tales como los compresores y bombas para acondicionamiento de aire, que marchan de un modo más eficiente a cargas parciales cuando se cambia la frecuencia de su potencia de entrada. Los inversores de VFD son los mejores para tales aplicaciones. Se envía una señal desde los compresores, bombas, etc. de acondicionamiento de aire a una unidad de control electrónica 15 del inversor a fin de cambiar la frecuencia de la salida del inversor de VFD 14. El inversor de VFD 14 está optimizado, en particular, para uso en un sistema de CHP.

A fin de controlar el funcionamiento del inversor (VFD) 14, se proporciona una unidad de control electrónica 15 del inversor. La unidad de control 15 comprende una microprocesador que funciona bajo las instrucciones de un programa almacenado. El funcionamiento del microprocesador en virtud del programa almacenado se describe con mayor detalle con referencia a las Figuras 2A y 2B. Existe un sensor de velocidad 16 que detecta la velocidad de funcionamiento (rpm [revoluciones por minuto]), y existen sensores de corriente 17 que detectan la cantidad de potencia (kilowatios) que está proporcionando el inversor a una carga conectada a sus conductores de salida 33. La unidad de control 15 también detecta la potencia que se está suministrando como salida desde el generador 12 al rectificador 13, y la presencia de potencia de alimentación de la empresa en los conductores 31, y puede controlar la conexión de la potencia de alimentación de la empresa por los conductores 31 al rectificador 13. Estas funciones se llevan a cabo, todas ellas, por medio de unos conductores 18.

Si la unidad de control 15 detecta que el motor 11 no está en marcha o que no se está suministrando como salida potencia desde el generador 12 mientras el motor está en marcha, esta envía una señal a través de los conductores 18 para accionar unos conmutadores de estado sólido (no mostrados) existentes en el rectificador 13, al objeto de conectar la alimentación de la empresa por los conductores 31 al rectificador 13. Según se requiera, la unidad de control 15 puede también accionar los últimos conmutadores de estado sólido mencionados con el fin de conectar la alimentación de la empresa por los conductores 31 al rectificador 13 al mismo tiempo que el generador 12 está suministrando como entrada potencia de CA, a través de los conductores 30, al rectificador 13. Esta última operación se lleva a cabo cuando la carga conectada a los conductores 33 está extrayendo más potencia de la que el conjunto de motor-generador 11, 12 puede proporcionar por sí solo.

De acuerdo con las enseñanzas de la invención, la novedosa unidad de control electrónica 15 del inversor controla el inversor 14 para mantener el motor 11 en un estado próximo al de calado con la válvula de combustible del motor (no mostrada) completamente abierta. La posición o ajuste de la válvula de combustible del motor 11 nunca se cambia y permanece completamente abierta durante el funcionamiento. El sensor de velocidad 16 detecta la velocidad del motor 11 y los sensores 17 detectan la cantidad de potencia que está siendo extraída del inversor 14. Todos estos sensores están conectados a la unidad de control electrónica 15 del inversor y la información proporcionada por los sensores es utilizada por el programa informático que se está haciendo correr en el microprocesador para controlar el funcionamiento del inversor 14, de acuerdo con las enseñanzas de la invención. Más particularmente, el programa almacenado que se está haciendo correr por el microprocesador en la unidad de control electrónica 15 del inversor, procesa o trata las señales de los sensores y genera otra señal que es enviada al inversor 14, a través del conductor 29, para controlar el inversor 14 con el fin de ajustar la velocidad del conjunto de

motor-generador 11, 12. Brevemente, el inversor 14 es controlado por la señal de control generada por el microprocesador, que va por el conductor 29, para modificar deliberadamente la cantidad de potencia extraída del conjunto de motor-generador 11, 12, al objeto de cambiar la velocidad del motor 11, que permanece siempre con la válvula de combustible completamente abierta. La potencia adicional extraída por el inversor 14 para este propósito es suministrada como entrada a la red de suministro de la empresa, de manera que no se desperdicia.

Para ayudar a comprender la última frase del párrafo anterior y la descripción que se da en los párrafos siguientes, se presenta el siguiente ejemplo. Se utiliza un sistema de generación de energía de CHP 10 para suministrar energía a un edificio. La potencia generada por el sistema 10 se mantiene a un nivel o magnitud adecuada para mantener el motor 11 en un estado cercano al de calado, con la válvula de combustible del motor completamente abierta. Todos los aparatos eléctricos del edificio normalmente consumen o extraen un total de 200 kilowatios de potencia. La fuente de suministro de energía 10 proporciona 100 kilowatios de la potencia consumida, y se utiliza la red de suministro de energía de la empresa para proporcionar 100 kilowatios de la potencia que se consume. Cuando los aparatos eléctricos del edificio están extrayendo menos de 100 kilowatios de potencia de la fuente de suministro de energía 10, el motor 11 se ralentiza para generar potencia eléctrica de forma más eficiente. Para ralentizar el motor 11, la unidad de control electrónica 15 del inversor hace que la salida del inversor 14 sea incrementada, con lo que se imparte una carga incrementada al motor 11. El resultado es que el motor 11 se ralentiza, puesto que ya está funcionando en un estado próximo al de calado. La salida de potencia en exceso del inversor 14 sobre los conductores 33 es devuelta a la red de suministro de potencia de la empresa, de modo que no se desperdicia.

Con más detalle, si se está extrayendo una cantidad de potencia reducida por parte de la carga o cargas conectadas al inversor 14 a través de los conductores 33, esto es detectado por los sensores de corriente 17 y la señal generada por la unidad de control electrónica 15 del inversor, en el conductor 29, provocará momentáneamente un incremento en la potencia extraída del conjunto de motor-generador 11, 12 y suministrada como salida desde el inversor 14. La potencia adicional extraída es remitida a la red de suministro de la empresa, de manera que no se desperdicia. La potencia adicional extraída es suficiente para llevar el motor 11 a un estado próximo al de calado, por lo que se reduce su velocidad de rotación. En el curso de la deceleración del motor, la señal de control enviada a través del conductor 29 hace que el inversor 14 disminuya gradualmente la cantidad de potencia adicional que se está suministrando como salida desde el inversor 14 y remitiendo a la red de suministro de la empresa. Cuando se aproxima a la velocidad reducida del motor que se desea, la señal de control del conductor 29 provoca que el inversor 14 reduzca adicionalmente la cantidad de potencia adicional que se suministra como salida desde el inversor 14 y, cuando la velocidad del motor comienza a estabilizarse en un nivel o magnitud inferior deseada, el inversor 14 comenzará a equilibrar su salida de potencia, con lo que se llega a un nuevo punto de equilibrio de velocidad del motor inferior que compensa la potencia reducida que se está extrayendo por el inversor.

Y a la inversa, cuando los sensores de corriente 17 detectan un incremento de la potencia extraída del inversor 14 por la carga o cargas, la señal de control que va por el conductor 29, generada por la unidad electrónica 15 del inversor, provocará momentáneamente que el inversor 14 reduzca la potencia extraída del conjunto de motor-generador 11, 12 y suministrada como salida desde el inversor 14 a la red de suministro de la empresa, y, con ello, permite que la velocidad del motor se incremente desde su primer punto de equilibrio de velocidad inferior. Durante el curso de la aceleración del motor, la señal de control que va por el conductor 29 hace que el inversor 14 aumente gradualmente la cantidad de potencia adicional que se está suministrando como salida desde el inversor 14. Cuando se aproxima a la velocidad reducida del motor que se desea, la señal de control que va por el conductor 29 hace que el inversor 14 aumente adicionalmente la cantidad de potencia adicional que se está suministrando como salida. Cuando la velocidad del motor comienza a estabilizarse en la magnitud más alta deseada, la señal de control que va por el conductor 29 equilibrará la salida de potencia, con lo que se llega a un nuevo punto de equilibrio más alto de la velocidad del motor que compensa el incremento de potencia que se está suministrando como salida desde el inversor 14 a la carga.

Los sistemas combinados de calor y potencia ("CHP") se utilizan para la producción simultánea tanto de electricidad como de calor en un régimen continuo. Los sistemas de CHP son también conocidos como sistemas de cogeneración o generación distribuida. En una planta de generación de energía que no es de CHP, el calor generado por el motor y otros componentes del sistema es expulsado a la atmósfera. Esto no solo es un derroche, sino que es también perjudicial para el entorno, tanto en términos de contaminación térmica como debido a que la energía térmica que podría haberse guardado y utilizado tendrá que ser generada por otros medios, lo que generalmente provoca una contaminación adicional. En el sistema de CHP de la presente invención, el calor generado es recogido o captado y utilizado, lo que lleva a una utilización global más alta del combustible así como a un daño reducido en el entorno.

El calor es captado en el sistema de generación de energía de CHP 10 de la siguiente manera. Como se muestra en la Figura 1, el motor 11 tiene una camisa de agua 19 en torno a él, el generador 12 tiene una camisa de agua 21 en torno a él, y el sistema de escape 20 tiene una camisa de agua 22 alrededor de él. Se introduce agua enfriada en las camisas de agua 19 y 21 por la entrada 27. El agua enfriada es introducida a presión y fluye a través de las camisas de agua 19 y 21, alrededor del motor 11 y del generador 12. El agua es parcialmente calentada por la extracción de calor del motor 11 y del generador 12. El agua parcialmente calentada fluye entonces a través de una tubería 28 y hacia la camisa de agua 22 situada en torno al sistema de escape 20. El agua es calentada adicionalmente por el

calor de los gases de escape que pasan a través del sistema de escape.

5 El agua calentada que sale de la camisa de agua 22 fluye al interior del intercambiador de calor 23, en el que el calor es extraído y llevado a una carga del usuario. Un ejemplo de ello sería hacer pasar aire del edificio sobre un intercambiador de calor 23 para calentar el aire, y hacerlo circular a través del edificio. Puede calentarse también el agua corriente. Durante este proceso de intercambio de calor, el agua calentada es enfriada y fluye al interior de un tanque de agua 24. Una bomba de agua 25 bombea entonces el agua enfriada desde el tanque 24 a través de una tubería 26, hasta la tubería de entrada 27, de vuelta al interior de las camisas de agua 19 y 21. De esta manera, se minimiza la cantidad de calor expulsado a la atmósfera y desperdiciado.

10 En la Figura 2A se ha mostrado un diagrama de flujo de las etapas llevadas a cabo por un microprocesador de la unidad de control electrónica 15 del inversor, bajo el control de un programa almacenado, para que un bucle de control lento controle el inversor 15 de manera que este haga que el motor 11 del sistema de generación de energía de CHP 10 se acelere o decelere para compensar las diferentes cargas de potencia extraídas del sistema de generación de energía de CHP 10.

15 En el bucle de control lento, en el bloque 40, el motor 11 del sistema de generación de energía de CHP 10 es arrancado con su válvula de combustible completamente abierta, y la válvula de combustible permanecerá completamente abierta mientras el sistema de generación de energía 10 esté en funcionamiento. En el bloque 41, el programa espera durante un segundo antes de proseguir con el bloque 42, y este ajusta el tiempo de ciclo para el bucle de control lento. Durante el retardo de un segundo, el microprocesador de la unidad de control electrónica 15 del inversor lee la salida del sensor de velocidad 16 para de conocer la velocidad del motor 11, y lee los sensores de corriente 17 con el fin de conocer la cantidad de potencia que está siendo extraída por el cliente a través de los conductores 33. En el bloque 42, el microprocesador utiliza la información procedente de los sensores y establece el punto de ajuste de la velocidad del motor basándose en la presente demanda eléctrica y/o de calor por parte del cliente. Si la salida que va por los conductores 33 o la salida térmica está por encima de un valor deseado, el punto de ajuste de la velocidad del motor se incrementa. Y a la inversa, si la salida que va por los conductores 33 o la salida térmica se encuentra por debajo del valor deseado, el punto de ajuste de la velocidad del motor se reduce. Los puntos de ajuste del motor indican la velocidad de funcionamiento más eficiente del motor 11 para diferentes magnitudes de potencia extraídas del sistema de generación de energía 10 por el cliente.

20 A fin de ajustar la salida de potencia del motor 11, el programa prosigue hasta el bloque de decisión 43, en el que el programa decide si la potencia de salida procedente del motor 11 a la velocidad a la que está marchando es o no que la que sería necesaria para generar de forma eficiente la potencia eléctrica que está siendo extraída por el cliente. Dicho de otra manera, el motor 11 está funcionando a una velocidad de punto de ajuste que es mayor que la necesaria para suministrar de forma eficiente la potencia que está siendo extraída por el cliente por los conductores 33. Si la decisión es que no, el programa prosigue hasta al bloque 45. Si la decisión es que sí, el programa prosigue hasta el bloque 44, en el que se selecciona un punto de ajuste de velocidad del motor inferior basándose en la cantidad de potencia que está siendo extraída por el cliente, a fin de reducir la velocidad del motor 11, tal y como se ha descrito con referencia a la Figura 2B, de tal modo que funciona de manera más eficiente mientras suministra la potencia que está siendo extraída por el cliente.

25 En cualquier caso, el programa prosigue entonces con el bloque de decisión 45, en el que el programa decide seguidamente si la potencia de salida desde el motor 11, a la velocidad a la que está marchando, es o no menor que la que sería necesaria para generar de manera eficiente la potencia eléctrica que está siendo extraída por el cliente. Dicho de otra manera, el motor 11 está funcionando a una velocidad de punto de ajuste menor que la que es necesaria para suministrar de un modo eficiente la potencia que está siendo extraída por el cliente a través del conductor 33. Si la decisión es que no, el programa prosigue con el bloque 47. Si la decisión es que sí, el programa prosigue con el bloque 46, en el que se selecciona un punto de ajuste de velocidad del motor más alto, basándose en la cantidad de potencia que se está extrayendo por el cliente, a fin de incrementar la velocidad del motor 11 según se describe con referencia a la Figura 2B, para que funcione de manera más eficaz mientras suministra la potencia que está siendo extraída por el cliente. Una vez que se ha seleccionado un nuevo punto de ajuste de velocidad del motor en el bloque 46, el programa prosigue con el bloque 47, en el que se llevan a cabo otros ensayos más lentos. Los ensayos más lentos incluyen la lectura y la comprobación de la temperatura y la presión del refrigerante del motor, la lectura y la comprobación de la temperatura del aceite, así como la lectura y la comprobación de otros sensores del motor y del generador, si bien no están limitados por estas.

30 Una vez que se han llevado a cabo los ensayos más lentos en el bloque 47, el programa cierra un bucle de vuelta al bloque 41, a fin de repetir las operaciones llevadas a cabo en los bloques 41 a 47. Debido al retardo de un segundo llevado a cabo en el bloque 41, la evaluación del punto de ajuste adecuado de la velocidad del motor se realiza una vez cada segundo.

35 El punto de ajuste de velocidad del motor que es finalmente seleccionado para proporcionar de un modo eficiente la potencia que es extraída por el cliente a través de los conductores 33, se utiliza para generar una señal a través del conductor 29, hasta el inversor 14, al objeto de cambiar la salida de potencia del inversor 14 y, con ello, bien acelerar el motor 11 o bien ralentizar el motor 11, tal y como se ha descrito previamente. Esto se describe mejor con referencia a la Figura 2B.

En la Figura 2B se ha mostrado un diagrama de flujo de las etapas llevadas a cabo por el microprocesador de la unidad de control electrónica 14 del inversor, bajo el control del programa almacenado, para que un bucle de control rápido controle el inversor 14 de manera que este haga que el motor 11 del sistema de generación de energía 10 se acelere o ralentice con respecto al punto de ajuste determinado en la Figura 2A, y compense las diferentes cargas de potencia extraídas desde el sistema de generación de energía. En el bucle de control rápido, en el bloque 48, el programa espera cien milisegundos, de manera que el tiempo de ciclo del bucle de control rápido es cien milisegundos. La velocidad del motor 11 es, por tanto, ajustada cada cien milisegundos.

Después de cien milisegundos, el programa prosigue hasta el bloque de decisión 49, en el que se determina si la velocidad del motor medida por el sensor de velocidad 16 es o no menor que el punto de ajuste de velocidad del motor determinado en el bucle de control lento de la Figura 2A. Cuando la decisión es que no, el programa prosigue hasta el bloque de decisión 51. Cuando la decisión es que sí, el programa prosigue hasta el bloque 50.

En el bloque 50, la salida de potencia del inversor 14 se reduce. Esto se lleva a cabo por una señal suministrada como salida desde la unidad de control electrónica 15 del inversor, por los conductores 29, hasta el inversor 14. Ha de recordarse que la potencia que se está extrayendo del inversor 14 por los conductores de salida 33 comprende una combinación de potencia que está siendo extraída por la carga y potencia que está siendo devuelta a la red de suministro de la empresa con el fin de mantener el motor 11 funcionando en un estado próximo al de calado. La reducción en la salida de potencia desde el inversor 14 provoca, por lo tanto, que la velocidad del motor 11 se incremente hasta ser igual al punto de ajuste de velocidad del motor. El programa prosigue entonces con el bloque de decisión 51.

En el bloque de decisión 51, en el que se determina si la velocidad del motor 11 medida por el sensor de velocidad 16 es o no mayor que el punto de ajuste de velocidad del motor determinado en el bucle de control lento de la Figura 2A. Cuando la decisión es que no, el programa prosigue con el bloque 53. Cuando la decisión es que sí, el programa prosigue con el bloque 52.

En el bloque 52, la potencia suministrada como salida desde el inversor 14 es incrementada. Esto se lleva a cabo mediante una señal suministrada como salida desde la unidad de control electrónica 15 del inversor, por los conductores 29, hacia el inversor 14. De nuevo, debe recordarse que la potencia que está siendo extraída del inversor 14 por los conductores de salida 33 comprende una combinación de potencia que está siendo extraída por la carga y potencia que está siendo devuelta a la red de suministro de la empresa para mantener el motor 11 funcionando en un estado cercano al de calado. El incremento de la salida de potencia desde el inversor 14 provoca, por lo tanto, que la velocidad del motor 11 se reduzca de manera que sea igual al punto de ajuste de velocidad del motor. El programa prosigue entonces con el bloque de decisión 53, en el que se llevan a cabo otras tareas más rápidas. Las tareas más rápidas pueden incluir la comprobación de las peticiones de cambio en la tensión de salida y en la frecuencia procedentes de refrigeradores y de otros equipos de refrigeración.

Una vez que se han llevado a cabo las tareas más lentas en el bloque 47, el programa cierra un bucle de vuelta al bloque 48 para repetir las operaciones llevadas a cabo en los bloques 48 a 53. Debido al retardo de cien milisegundos que se realiza en el bloque 41, la velocidad del motor es ajustada cada cien milisegundos.

La Figura 3 es un diagrama que muestra la eficiencia del motor 11 del sistema de generación de energía d CHP 10 en función de los kilowatios de potencia eléctrica que se están suministrando por el sistema de generación de energía 10. Estas eficiencias son típicas de motores de combustión interna que marchan a diferentes velocidades. Hay seis curvas trazadas en el gráfico de la Figura 4. Las seis curvas son representaciones gráficas para el motor 11 a seis velocidades que oscilan entre 1.600 rpm y 3.600 rpm. Ha de apreciarse que, para cada salida de potencia dada procedente del motor 11, cuanto más baja sea la velocidad del motor, mayor será la eficiencia del motor. Así, pues, resulta ventajoso hacer funcionar siempre el motor 11 a la velocidad más baja posible para accionar el generador 12 de manera que se obtenga la salida de potencia deseada desde el sistema de generación de energía de CHP 10, por los conductores 33. Este es el objetivo del novedoso control de velocidad del motor, que se consigue utilizando la unidad de control electrónica 15 del inversor para controlar la cantidad de potencia que se suministra como salida desde el inversor 14. Ha de apreciarse también que, si el sistema de suministro de potencia de CHP 10 ha de suministrar 100 kilowatios de potencia, el motor 11 puede hacerse funcionar a cualquier velocidad por encima de 1.600 rpm para satisfacer esta salida de potencia. Sin embargo, cuanto más rápido marcha el motor 11, más baja será su eficiencia y más alto el consumo de combustible resultante. De esta forma, resulta ventajoso hacer marchar el motor 11 a la velocidad más lenta posible para satisfacer las demandas de potencia en el sistema 10.

En la técnica anterior, se utilizan relaciones de correspondencia del motor predeterminadas y, para tener algún margen de error, el motor se hará funcionar a lo largo de la línea B de la Figura 3. Con la presente invención, con el motor marchando en una prueba completamente abierta, y siendo controlada la velocidad al hacer funcionar siempre el motor en un estado próximo al de calado, el motor se hará funcionar a lo largo de la línea A de la Figura 4. Esto tiene como resultado un incremento de la eficiencia del 2%, en correspondencia con una reducción en el consumo de combustible del 7% para magnitudes de potencia en kilowatios equivalentes a la técnica anterior.

Si bien lo que se ha descrito en esta memoria es una realización preferida de la invención, se comprenderá por los expertos de la técnica que pueden realizarse numerosos cambios sin apartarse del espíritu y alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un sistema combinado (10) de generación de calor y potencia de CA, que comprende:
un motor de combustión interna (11), mecánicamente acoplado a un árbol rotativo;
un sistema de escape (20) para extraer los gases de combustión del motor;
- 5 un alternador (12) de imanes permanentes, que tiene un rotor mecánicamente acoplado al árbol y que genera potencia de CA;
medios de rectificación (13), destinados a convertir la potencia de CA procedente del alternador en potencia de CC;
medios inversores (14) para convertir la potencia de CC procedente de los medios de rectificación en potencia de
10 CA que tiene una amplitud y una frecuencia definidas diferentes de las de la salida de potencia de CA del alternador;
una camisa de agua (19) en torno al motor de combustión interna;
una camisa de agua (22) en torno al sistema de escape;
un intercambiador de calor (23);
- 15 medios (25) para hacer pasar agua a través de la camisa de agua dispuesta en torno al motor de combustión interna y de la camisa de agua dispuesta en torno al sistema de escape, a fin de extraer calor del motor de combustión interna y del sistema de escape, de tal modo que el calor extraído se utiliza para propósitos que incluyen calentar el aire de un edificio y calentar agua corriente;
un primer sensor (16) para detectar la velocidad del motor y proporcionar una primera señal;
- 20 un segundo sensor (17) para detectar la cantidad de potencia que está siendo suministrada como salida desde los medios inversores y proporcionar una segunda señal;
- una unidad de control electrónica (15), sensible a las primera y segunda señales con el fin de generar una señal de control para el inversor, a fin de controlar la cantidad de potencia que está siendo suministrada como salida desde el inversor y controlar, con ello, la velocidad del motor;
- 25 de tal manera que el motor siempre se hace funcionar a su eficiencia más alta, normalmente cerca de su punto de calado, con su válvula de combustible completamente abierta, y (a), a medida que la potencia consumida por la carga se reduce, esto es detectado por el segundo sensor y la señal de control generada por la unidad de control electrónica hace que el inversor suministre como salida más potencia, que no es desperdiciada sino que incrementa la carga en el motor y, con ello, ralentiza el motor para que, así, este funcione a una velocidad más eficiente para proporcionar la cantidad reducida de potencia consumida por la carga, y (b), a medida que la potencia consumida
30 por la carga aumenta, esto es detectado por el segundo sensor y la señal de control generada por la unidad de control electrónica hace que el inversor suministre como salida menor potencia, que no es desperdiciada sino que reduce la carga en el motor y, con ello, acelera el motor para que, así, este funcione a una velocidad más eficiente para proporcionar la potencia incrementada que es consumida por la carga;
- 35 **caracterizado por que** la carga utiliza potencia de CA procedente tanto de una red de suministro de energía de empresa como del inversor, y cuando se hace que el inversor suministre como salida más potencia para ralentizar el motor, el exceso de potencia suministrada como salida desde el inversor es devuelto a la red de suministro de energía de empresa y no se desperdicia.
- 40 2.- El sistema combinado de generación de calor y potencia de CA de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una camisa de agua (21) dispuesta en torno al alternador, y los medios para hacer pasar agua fuerzan el paso de agua a través de la camisa de agua del alternador.
- 3.- El sistema combinado de generación de calor y potencia de CA de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende adicionalmente un tanque de agua (24) para albergar agua una vez que esta ha pasado a través del intercambiador de calor.
- 45 4.- El sistema combinado de generación de calor y potencia de CA de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual los medios para hacer pasar agua comprenden una bomba de agua (25) para bombear agua desde el tanque de agua a las camisas de agua del motor, del alternador y del sistema de escape.
- 50 5.- El sistema combinado de generación de calor y potencia de CA de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual los medios inversores (14) son unos medios inversores de accionamiento de frecuencia variable destinados a convertir la potencia de CC procedente de los medios de rectificación (13), a fin de suministrar como salida potencia de CA para una carga, y la potencia suministrada como salida desde los medios inversores variables tiene una amplitud y

diferentes frecuencias según se requiere por la carga para funcionar de manera más eficaz.

6.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el alternador (12) es un alternador de imanes permanentes que tiene estatores de metal amorfo, y la salida de potencia de CA procedente del alternador es a una frecuencia que es diferente de la frecuencia de la salida de potencia de CA desde el alternador a la carga.

5 7.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual cuanto más cerca es accionado el motor de su punto de calado, más lentamente marchará el motor, y cuanto más lejos es accionado el motor de su punto de calado, más rápido marchará el motor.

10 8.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual los medios inversores (14) consisten en un inversor de accionamiento de frecuencia variable que se utiliza para suministrar como salida potencia que tiene una amplitud y diferentes frecuencias, según se requiere por la carga cuando la carga requiere diferentes cantidades de potencia a diferentes frecuencias, a fin de hacer que la carga funcione de forma más eficiente.

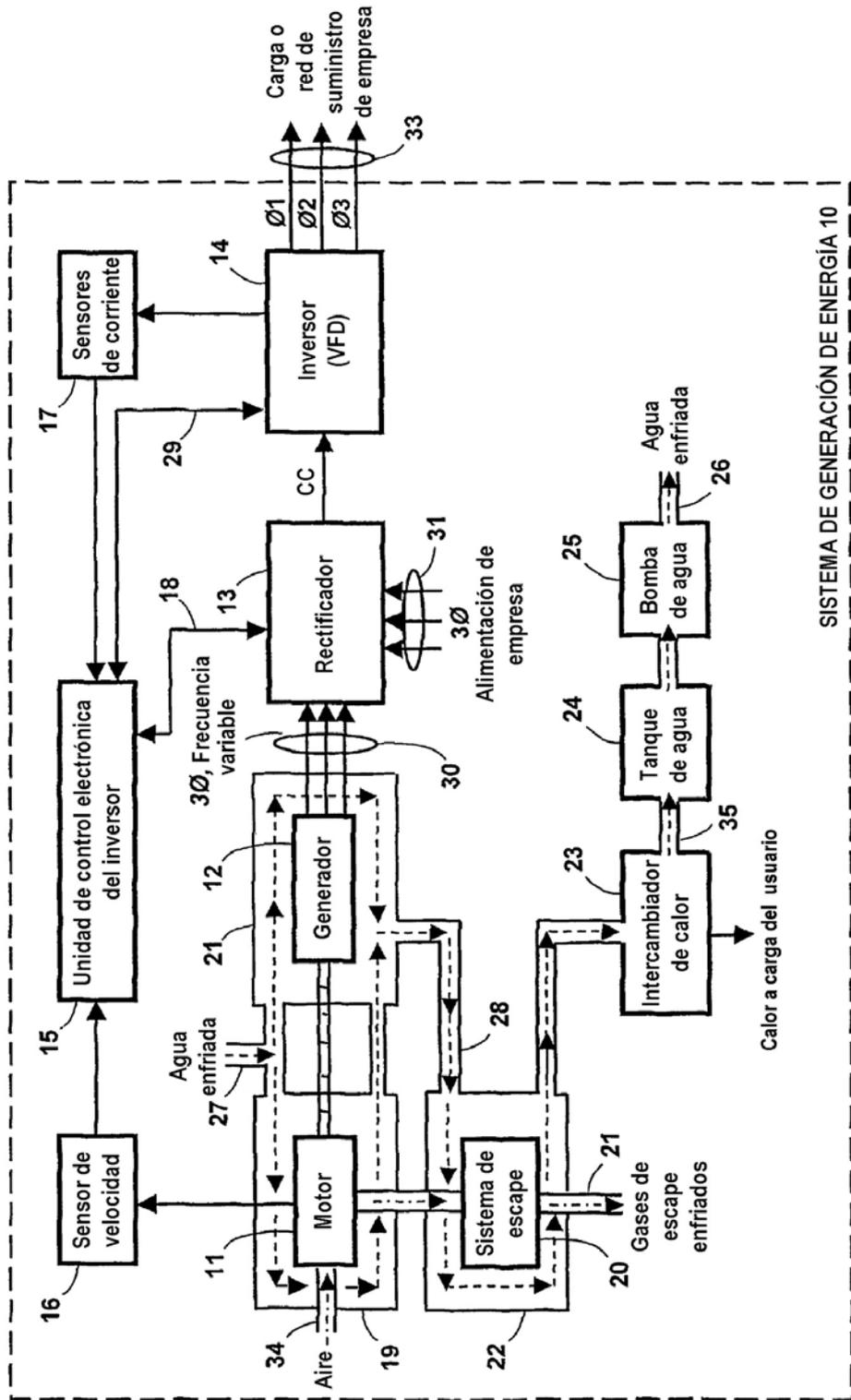


FIGURA 1

Control de velocidad del motor

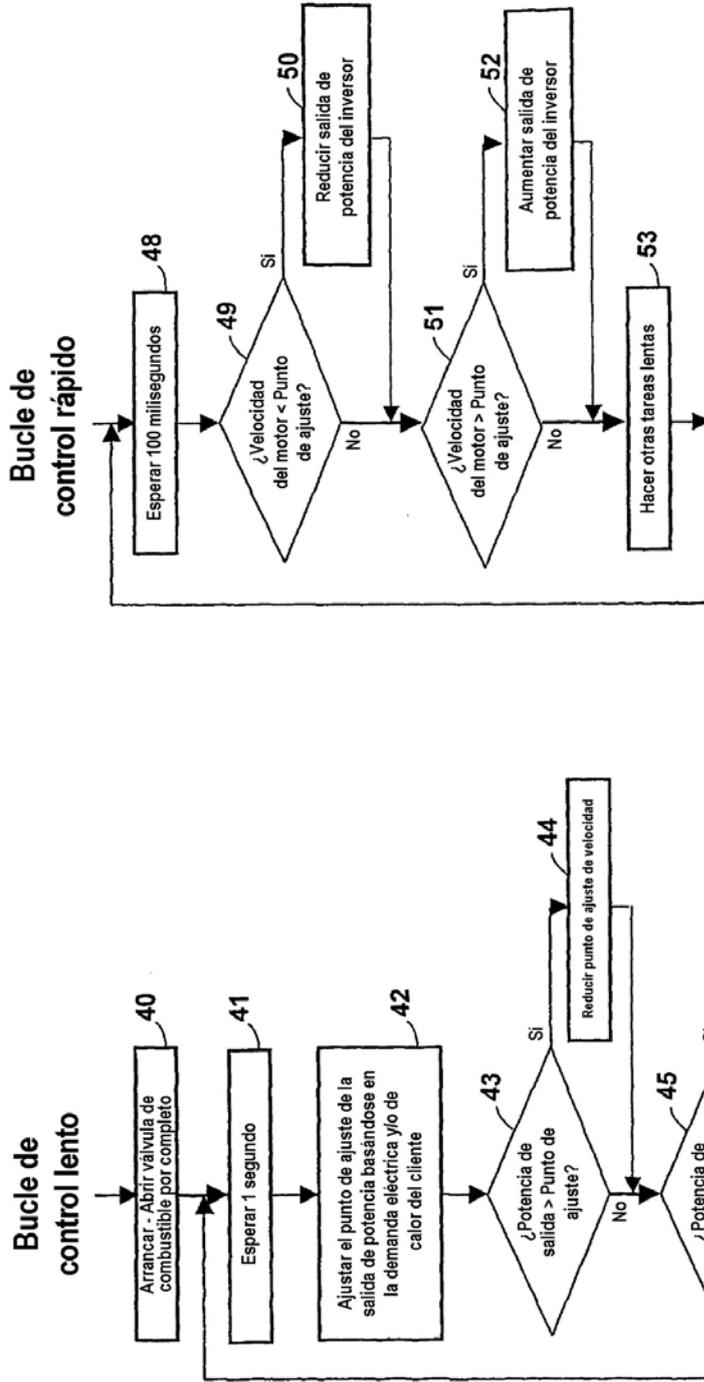


Figura 2B

Figura 2A

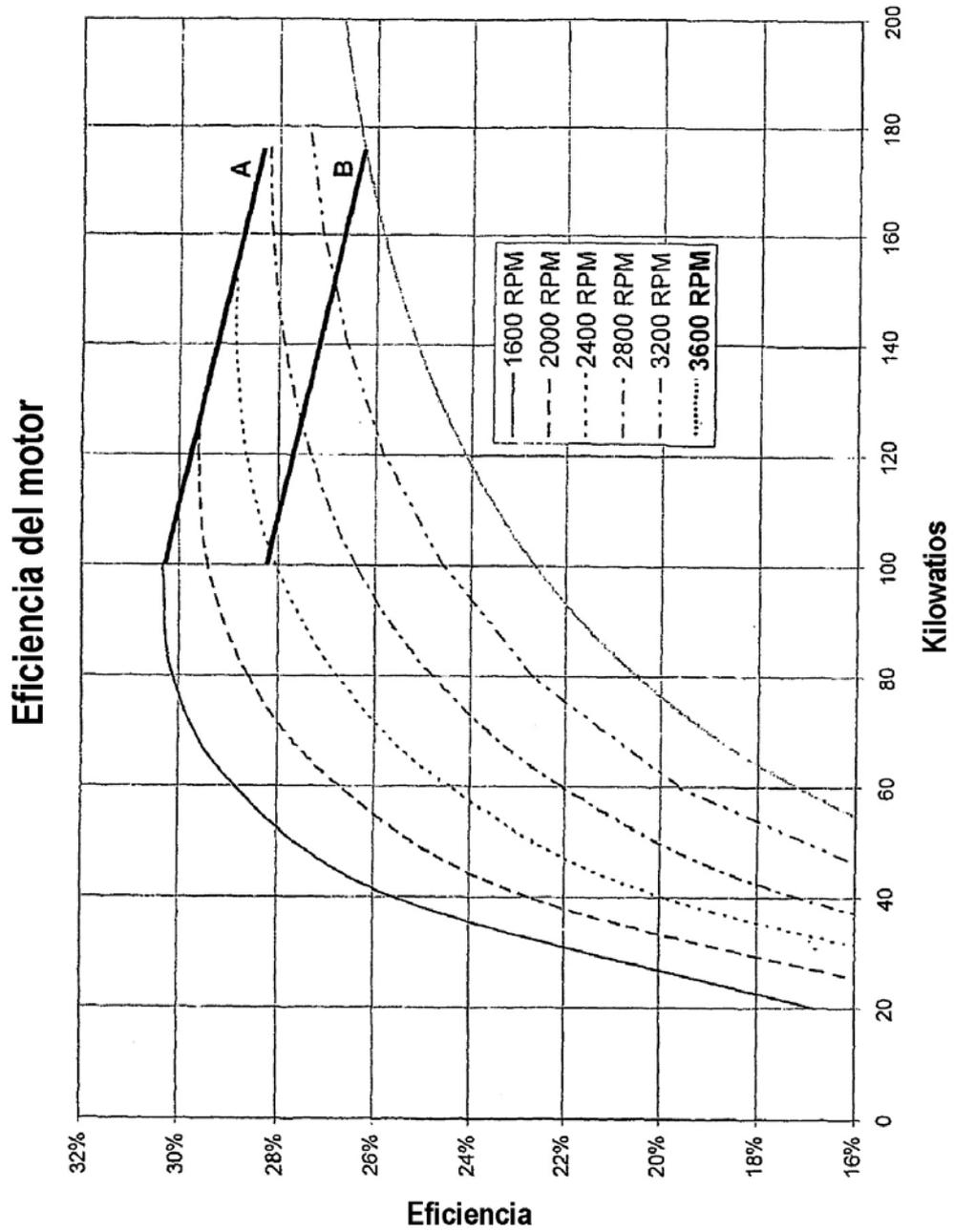


Figura 3