

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 503 542**

51 Int. Cl.:

F28F 27/00 (2006.01)

F28C 1/00 (2006.01)

F04D 19/00 (2006.01)

F04D 27/02 (2006.01)

F04D 27/00 (2006.01)

H02K 1/27 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2008 E 08836812 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2212640**

54 Título: **Sistema de accionamiento de un ventilador integrado para una torre de enfriamiento y método de operación de torre de enfriamiento húmedo**

30 Prioridad:

10.10.2007 US 978916 P

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

07.10.2014

73 Titular/es:

**PRIME DATUM INC. (100.0%)
4085 Route 247
Canandaigua, NY 14424, US**

72 Inventor/es:

**ROLLINS, PATRICK M. y
LUCAS, GEORGE**

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 503 542 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

5 Sistema de accionamiento de un ventilador integrado para una torre de enfriamiento y método de operación de torre de enfriamiento húmedo

Referencia cruzada a las solicitudes relacionadas:

Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional de los Estados Unidos núm. 60/978,916, presentada el 10 de octubre de 2007.

10 Campo técnico:

La presente invención generalmente se refiere a una torre de enfriamiento húmedo.

15 Técnica anterior:

Las torres de enfriamiento húmedo se conocen bien en la materia y se usan en una variedad de industrias para enfriar fluidos tales como agua. El uso principal de grandes sistemas industriales de torres de enfriamiento es eliminar el calor absorbido en los sistemas de circulación de agua de enfriamiento usados en centrales eléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas y petroquímicas, plantas de procesamiento de gas natural y otras instalaciones industriales. El calor absorbido se expulsa a la atmósfera mediante la evaporación de parte del agua de enfriamiento en torres de tiro forzado mecánico o tiro inducido.

20 La US 5,628,201 se refiere a un sistema de control para regular el flujo del refrigerante en un sistema que tiene una capacidad variable o un compresor de velocidad variable.

25 La US 4,955,585 describe un sistema de ventilación de torre de enfriamiento que tiene un ventilador giratorio y un motor hidráulico.

30 Las torres de enfriamiento se utilizan ampliamente en la industria de refinación del petróleo. La refinación del petróleo no puede realizarse sin las torres de enfriamiento. Las refinerías procesan hidrocarburos a altas temperaturas y presiones. El agua de enfriamiento se usa para controlar las temperaturas y presiones de operación. La pérdida de circulación del agua de enfriamiento en una refinería puede llevar a condiciones inestables y peligrosas de operación provocando un cierre inmediato de las unidades de procesamiento. Las torres de enfriamiento se han convertido en "activos de misión crítica" para la producción de la refinería de petróleo. Como la demanda de productos de gama alta, tales como combustible para la industria automovilística y la aviación ha aumentado y la capacidad de refinación se ha reducido, las refinerías han incorporado muchos procesos nuevos que extraen hidrógeno de subproductos de valor inferior y los recombinan en combustibles de mayor valor, lo que mejora el rendimiento. Muchos de estos procesos dependen del enfriamiento para optimizar el rendimiento y la calidad del producto. Durante la última década, muchas refinerías han añadido procesos que convierten productos derivados del petróleo de baja calidad en productos de mejor calidad y productos más rentables tales como la gasolina para industria automovilística y para la aviación. Estos procesos dependen altamente de las torres de enfriamiento para controlar las temperaturas y presiones del proceso que afectan la calidad del producto, el rendimiento del producto y la seguridad del proceso. Adicionalmente, estos procesos han aprovechado una gran parte de la reserva de la capacidad de enfriamiento en las torres dejando algunas refinerías en "enfriamiento limitado" en días calurosos e incluso cuando hay embotellamiento. Con la mayoría de las refinerías de los Estados Unidos operando muy por encima de la capacidad del 90% con atractivos márgenes de ganancias, la operación de la refinería es fundamental para obtener ganancias operativas y para costear las actualizaciones del proceso implementadas durante la última década.

35 40 45

50 Típicamente, un sistema de torre de enfriamiento húmedo comprende un depósito el cual contiene agua de enfriamiento la cual se enruta a través de los enfriadores y condensadores del proceso en una instalación industrial. El agua fría absorbe calor de las corrientes calientes del proceso que necesitan enfriarse o condensarse, y el calor absorbido calienta el agua de circulación. El agua caliente de circulación se entrega a la parte superior de la torre de enfriamiento y corre hacia abajo sobre el material de relleno dentro de la torre. El material de relleno se configura para proporcionar una superficie de contacto máximo y un tiempo de contacto máximo entre el agua y el aire. Mientras el agua corre hacia abajo sobre el material de relleno, esta entra en contacto con aire ambiental subiendo a través de la torre por tiro natural o por tiro forzado usando grandes ventiladores en la torre. Muchas torres de enfriamiento húmedo comprenden una pluralidad de celdas en las cuales el enfriamiento de agua se realiza en cada celda de acuerdo con la técnica anterior. Las torres de enfriamiento se describen extensamente en el tratado titulado "Cooling Tower Fundamentals", segunda edición, 2006, editado por John C. Hensley, publicado por SPX Cooling Technologies, Inc.

55

Muchas torres de enfriamiento usadas en la actualidad utilizan grandes ventiladores, como se describió en la discusión anterior, para proporcionar el aire ambiental. Los ventiladores están encerrados dentro de un cilindro del ventilador que se localiza en la plataforma del ventilador de la torre de enfriamiento. Los sistemas de accionamiento se usan para accionar y rotar los ventiladores. La tasa de eficiencia y producción de una torre de enfriamiento depende altamente de la eficiencia del sistema de accionamiento del ventilador. El ciclo de trabajo requerido del sistema de accionamiento del ventilador en un ambiente de torre de enfriamiento es extremo debido a una intensa humedad, condiciones de congelación, fuerzas de cizalla del viento, químicos corrosivos para el tratamiento de agua, y requisitos exigentes de accionamiento mecánico.

Un sistema de accionamiento de la técnica anterior comúnmente usado es un sistema complejo de accionamiento mecánico del ventilador que es similar al tipo usado en aplicaciones agrícolas. Este tipo de sistema de accionamiento del ventilador de la técnica anterior utiliza un motor que acciona un tren de accionamiento. El tren de accionamiento se acopla a una caja de velocidades, reductor de engranajes o reductor de velocidades que se acopla a, y acciona el ventilador. Este sistema de accionamiento del ventilador de la técnica anterior se somete a paradas frecuentes, un MTBF (Tiempo Promedio Entre Fallos) menor que el deseable, y requiere un mantenimiento diligente, tal como cambios regulares de aceite, con el fin de que opere efectivamente. Además, las cajas de velocidades de la técnica anterior típicamente requieren un engranaje separado para invertir la dirección de rotación. Un tipo común de sistema de accionamiento mecánico usado en el accionamiento tipo caja de velocidades del ventilador de la técnica anterior utiliza cinco ejes de rotación, ocho cojinetes, tres juntas de eje (dos a alta velocidad), y cuatro engranajes (dos mallas). Este tren de accionamiento absorbe aproximadamente el 3% de la potencia total. Aunque este sistema de accionamiento del ventilador de la técnica anterior en particular puede tener un costo inicial atractivo, los usuarios finales de torres de enfriamiento encontraron necesaria la adquisición de componentes adicionales tales como acoplamientos y ejes compuestos de la caja de velocidades con el fin de prevenir roturas de los componentes de accionamiento del ventilador. Muchos usuarios finales de torres de enfriamiento también añadieron otras opciones tales como el apagado por bajo nivel de aceite, embragues contra la inversión y calentadores de baño de aceite. Así, el costo del ciclo de vida del sistema de accionamiento mecánico del ventilador de la técnica anterior comparado con su precio inicial de compra no es equitativo.

En una torre de enfriamiento de múltiples celdas, tal como la del tipo comúnmente usada en la industria del petróleo, hay un ventilador y sistema de accionamiento mecánico del ventilador de la técnica anterior asociado con cada celda. Así, si el sistema de accionamiento mecánico del ventilador asociado con una celda particular se apaga, esa celda sufrirá una "avería de celda". Una avería de celda dará lugar a una disminución en la producción de petróleo refinado. Por ejemplo, una "avería de celda" que dure sólo un día puede dar lugar a la pérdida de miles de barriles de petróleo refinado. Si numerosas celdas experimentan averías que duren más de un día, la eficiencia de producción de la refinería puede degradarse significativamente. La pérdida en productividad durante un período de tiempo debido a la ineficiencia de los sistemas de accionamiento mecánico del ventilador de la técnica anterior puede medirse como un porcentaje de pérdida en el potencial total de enfriamiento de la torre. Mientras más averías de celda ocurren dentro de un marco de tiempo dado, el porcentaje de pérdida en el potencial total de enfriamiento de la torre se incrementará. Esto, a su vez, disminuirá la salida del producto y la rentabilidad de la refinería y provocará un incremento en el costo del producto refinado para el usuario final. No es raro que las disminuciones en la salida de las refinerías de petróleo, aún si son ligeras, provoquen un incremento en el precio del barril de petróleo y por tanto, un incremento en el costo de la gasolina para los consumidores. El efecto de las averías de celdas con respecto al impacto en los precios de los productos del petróleo se describe en el reporte titulado "Refinery Outages: Description and Potential Impact On Petroleum Product Prices", Marzo 2007, Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Otros tipos de sistemas de accionamiento del ventilador de la técnica anterior, tales como sistemas de accionamiento de correa en V, también presentan muchos problemas con respecto al mantenimiento, MTBF y rendimiento y no superan o eliminan los problemas asociados con los sistemas de accionamiento tipo caja de velocidades del ventilador de la técnica anterior. Un intento para eliminar los problemas asociados con el sistema de accionamiento tipo caja de velocidades del ventilador de la técnica anterior es el sistema de ventilador accionado hidráulicamente de la técnica anterior. Tal sistema se describe en la patente de los Estados Unidos núm. 4,955,585 titulada "Hydraulically Driven Fan System For Water Cooling Tower".

Por lo tanto, con el fin de evitar la interrupción del suministro de la cadena de suministro inelástica de productos de petróleo refinados, la confiabilidad y el rendimiento posterior de las torres de enfriamiento debe mejorarse y gestionarse como un activo clave para la producción y ganancias de la refinería. Un sistema eficiente y confiable de accionamiento del ventilador se requiere para mantener una eficiencia de enfriamiento relativamente alta y evitar interrupciones en la producción.

Descripción de la invención:

Por consiguiente, es un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema de accionamiento del ventilador que elimine sustancialmente los problemas antes mencionados y las desventajas asociadas con los sistemas de accionamiento tipo caja de velocidades del ventilador de la técnica anterior.

Así, la presente invención se dirige, en un aspecto, a una torre de enfriamiento húmedo para enfriar fluidos usados en un proceso industrial, en donde la torre de enfriamiento húmedo tiene un ventilador (27) que provoca un flujo de aire que enfría los fluidos, un sistema de accionamiento del ventilador para provocar la rotación del ventilador (27) y un depósito para recoger fluidos fríos, caracterizada porque el sistema de accionamiento del ventilador es un sistema de accionamiento directo que comprende: un motor de imán permanente de baja velocidad variable y torque alto (52) que tiene un eje giratorio (56) conectado al ventilador (27) y una pluralidad de cojinetes sellados (90, 92), en donde el motor de imán permanente de baja velocidad variable y torque alto (50) se configura para tener un intervalo de velocidad de 0-250 RPM y una potencia máxima de aproximadamente 133HP/100KW;

un dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) para generar señales eléctricas que efectúa la rotación del eje giratorio (56) del motor (52) para hacer rotar el ventilador (27), en donde el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) se configura para recibir las señales de control que representan una velocidad de rotación del motor deseada, y en respuesta, generar señales eléctricas para su entrada en el motor (52) para provocar que el motor (52) opere a una velocidad de rotación que es sustancialmente la misma que la velocidad de rotación deseada; y

sensores de vibración (200, 202) en proximidad a los cojinetes para medir las vibraciones de los cojinetes y generar señales de salida que representan las vibraciones medidas;

sensores de temperatura (200, 202, 204) para medir el calor del estator (94) y de los cojinetes (90, 92) y generar señales de salida que representan el calor medido;

al menos un sensor de temperatura (208) localizado en el depósito para generar una señal de salida que representa la temperatura del fluido en el depósito;

al menos un sensor de flujo de aire (206) posicionado aguas abajo del ventilador de la torre de enfriamiento para medir el flujo de aire y generar señales de salida que representan el flujo de aire; y

una computadora (300) en comunicación electrónica de señales con el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50), en donde la computadora (300) procesa las señales que representan (i) el calor medido del estator del motor y de los cojinetes, (ii) las vibraciones medidas de los cojinetes del motor, (iii) la temperatura medida del fluido en el depósito y (iv) el flujo de aire medido, en donde la computadora, el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable y todos los sensores forman un circuito de retroalimentación, en donde la computadora genera las señales de control para su entrada en el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable para ajustar la velocidad del motor de imán permanente de baja velocidad variable y torque alto (52) en respuesta a las señales procesadas.

Otros objetivos de la presente invención, así como características particulares, elementos y ventajas de la misma, se aclararán en, o serán evidentes a partir de, la siguiente descripción y las figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos:

La comprensión de la presente invención y los diversos aspectos de la misma se facilitarán por referencia a las figuras adjuntas, presentadas a efectos de ilustración solamente y no con la intención de definir el alcance de la invención, en la cual:

La Fig. 1 es una vista en elevación, parcialmente en sección transversal, de un cilindro del ventilador soportado por una plataforma del ventilador de una torre de enfriamiento, un ventilador dentro del cilindro del ventilador y un sistema de accionamiento tipo caja de velocidades del ventilador de la técnica anterior;

La Fig. 2A es una vista en elevación, parcialmente en sección transversal, de un cilindro del ventilador soportado por una plataforma del ventilador de una torre de enfriamiento, un ventilador dentro del cilindro del ventilador y el sistema de accionamiento del ventilador de la presente invención;

La Fig. 2B es un gráfico de la velocidad del motor contra los caballos de fuerza para un motor de imán permanente de baja velocidad y torque alto, usado en una modalidad del sistema de accionamiento del ventilador de la presente invención;

La Fig. 3 es un diagrama de bloques del sistema de accionamiento del ventilador de la presente invención;

La Fig. 4 es un gráfico que muestra una comparación en rendimiento entre el sistema de accionamiento del ventilador de la presente invención y un sistema de accionamiento tipo caja de velocidades del ventilador de la técnica anterior que usa un motor de inducción de velocidad variable; y

La Fig. 5 es un diagrama esquemático que muestra el sistema de accionamiento del ventilador de la presente invención en combinación con una pluralidad de sensores de monitoreo del rendimiento.

Mejor modo de llevar a la práctica la invención:

5 Haciendo referencia a la Fig. 1, se muestra un sistema de accionamiento mecánico del ventilador de la técnica anterior, y una parte de una torre de enfriamiento húmedo. La parte restante de la torre de enfriamiento húmedo no se muestra dado que la estructura y operación de las torres de enfriamiento húmedo se conocen bien en la técnica. El cilindro del ventilador 10 se posiciona en la plataforma del ventilador 12 de la torre de enfriamiento. El sistema de accionamiento mecánico del ventilador de la técnica anterior comprende el motor de inducción 14, el eje de accionamiento 16, los acoplamientos 18 y 20, y la caja de velocidades de ángulo recto 22. El motor 14 se asienta en y/o se asegura a la plataforma del ventilador 12. La caja de velocidades o reductor de engranajes 22 se monta o se apoya en la plataforma del ventilador 12. Las caja de velocidades 22 tiene un eje vertical 24 que gira con la rotación del eje de accionamiento 16. Como se muestra en la Fig. 1, el ventilador 27 se localiza dentro del cilindro del ventilador 10 y comprende el buje 28 y las aletas del ventilador 30 que están unidas al buje 28. El eje vertical 24 se conecta al buje del ventilador 28. Así, la rotación del eje vertical 24 provoca la rotación del buje del ventilador 28 y de las aletas del ventilador 30.

15 Haciendo referencia a la Fig. 2A, se muestra el sistema de accionamiento del ventilador de la presente invención. De forma similar a la vista de la Fig. 1, sólo una parte de la torre de enfriamiento se muestra en la Fig. 2A. El sistema de accionamiento del ventilador de la presente invención comprende el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (VFD) 50 y el motor 52. De acuerdo con la invención, el motor 52 es un motor de imán permanente de baja velocidad y torque alto. El motor de imán permanente 52 tiene una alta densidad de flujo. Los beneficios, ventajas y resultados superiores que resultan del motor de imán permanente 52 se discuten en la descripción siguiente. El dispositivo VFD 50 y el motor de imán permanente 52 se montan o se apoyan en la plataforma del ventilador 12. El dispositivo VFD 50 se comunica a través de señales eléctricas con el motor de imán permanente 52 mediante cables o alambres 54. El motor de imán permanente 52 tiene el eje 56 que gira cuando las señales eléctricas apropiadas se aplican al motor de imán permanente 52. El eje 56 se conecta al buje del ventilador 28. Así, la rotación del eje vertical 56 provoca la rotación del buje del ventilador 28 y de las aletas del ventilador 30.

30 Haciendo referencia a las Figs. 2A y 3, el dispositivo VFD 50 comprende un controlador de frecuencia variable 60 y una interfaz de usuario o de operador 62. El dispositivo VFD 50 controla la velocidad, dirección (es decir, a favor de las manecillas del reloj o en contra de las manecillas del reloj), y torque del motor de imán permanente 52. La potencia de entrada de AC se introduce en el controlador de frecuencia variable 60 mediante la entrada 64. El controlador de frecuencia variable 60 convierte la potencia de entrada de AC a potencia intermedia de DC. El controlador de frecuencia variable 60 convierte entonces la potencia de DC en potencia de AC cuasi-sinusoidal que se aplica al motor de imán permanente 52. La interfaz de usuario 62 proporciona un medio para que un operador inicie y detenga el motor de imán permanente 52 y ajuste la velocidad de operación del motor 52. En una modalidad preferida, la interfaz de usuario 62 comprende un microprocesador, y una pantalla alfanumérica y/o luces de indicación y contadores para proporcionar información sobre la operación del motor 52. La interfaz de usuario 62 incluye además un teclado y la pantalla de teclado que permite al usuario introducir las velocidades de operación del motor deseadas. El dispositivo VFD 50 incluye las terminales de entrada y salida 70 y 72 para conectar pulsadores, interruptores y otros dispositivos de interfaz de operador o señales de control. En una modalidad preferida, el dispositivo VFD 50 incluye además un puerto de comunicación de datos en serie 80 para permitir la configuración, ajuste, monitoreo y control del dispositivo VFD 50 usando una computadora. En una modalidad, el dispositivo VFD 50 incluye las entradas de señal de sensor 82, 84, 86, 88 y 89 para recibir señales de salida del sensor. El propósito de estos sensores se discute en la descripción siguiente.

45 Haciendo referencia a las Figs. 2A y 5, el motor de imán permanente 52 se acopla directamente al buje del ventilador 28. Dado que el motor de imán permanente 52 se controla sólo por señales eléctricas proporcionadas por el dispositivo VFD 50, no hay eje de accionamiento, acoplamientos, cajas de velocidades o componentes relacionados como en el sistema de accionamiento tipo caja de velocidades del ventilador de la técnica anterior mostrado en la Fig. 1. De acuerdo con la invención, el motor de imán permanente 52 es un motor de baja velocidad y torque alto. El motor de imán permanente 52 es de diseño simplificado y usa sólo dos cojinetes 90 y 92 (ver la Fig. 5). El motor de imán permanente 52 incluye el estator 94. Tal diseño simplificado proporciona relativamente alta confiabilidad así como una mejor y económicamente más eficiente producción de motores. El motor de imán permanente 52 tiene relativamente bajo mantenimiento con un intervalo de lubricación de tres años. El motor de imán permanente 52 puede configurarse con cojinetes sellados. El motor de imán permanente 52 cumple o excede la eficiencia de Motores de Inducción de Eficiencia Máxima. El motor de imán permanente 52 reduce sustancialmente las horas/hombre asociadas con el servicio y mantenimiento que normalmente se requeriría con un sistema de accionamiento del ventilador de motor de inducción de la técnica anterior. En algunos casos, el motor de imán permanente 52 puede eliminar hasta 1000 horas/hombre de mantenimiento y servicio. Tal confiabilidad reduce la cantidad de averías de celdas y mejora significativamente la salida del producto. En una modalidad, el motor de imán permanente 52 tiene las siguientes características operacionales y de rendimiento:

60 Intervalo de velocidad: 0-250 RPM

Potencia máxima: 133 HP/100 KW
 Número de polos: 16
 Factor de servicio del motor: 1:1
 Corriente Nominal: 62 A (rms)
 Corriente Pico: 95 A
 Voltaje Nominal: 600 V
 Entradas de Accionamiento: 460 V, 3 fases, 60 Hz, 95A (rms máx. continua)

La Fig. 2B muestra un gráfico de velocidad contra caballos de fuerza para un motor de imán permanente de baja velocidad y torque alto 52. Sin embargo, se debe entender que las características operacionales y de rendimiento antes mencionadas sólo se refieren a una modalidad de motor de imán permanente 52 y que el motor 52 se puede modificar para proporcionar otras características operacionales y de rendimiento que se adaptan a una aplicación en particular.

Haciendo referencia a la Fig. 4, se muestra un gráfico que muestra "Eficiencia %" contra "Velocidad del Motor (RPM)" para el sistema de accionamiento del ventilador de la presente invención y un sistema de accionamiento del ventilador de la técnica anterior usando un motor de inducción de velocidad variable. La curva 100 se refiere a la presente invención y la curva 102 se refiere al sistema de accionamiento del ventilador de la técnica anterior antes mencionado. Como se puede observar en el gráfico, la eficiencia de la presente invención es relativamente más alta que el sistema de accionamiento del ventilador de la técnica anterior para velocidades del motor entre 60 RPM y 200 RPM aproximadamente.

Haciendo referencia a la Fig. 5, el sistema de accionamiento del ventilador de la presente invención comprende además una pluralidad de sensores 200, 202, 204, 206 y 208 que proporcionan señales de sensor a las entradas de señal de sensor 82, 84, 86, 88 y 89, respectivamente, del dispositivo VFD 50. Los sensores 200 y 202 se posicionan en proximidad a los cojinetes 90 y 92, respectivamente, del motor de imán permanente 52 con el fin de medir la vibración y el calor. El sensor 204 se posiciona en el estator 94 del motor de imán permanente 52 para monitorear el calor en el estator 94. El sensor 206 se posiciona aguas abajo del flujo de aire creado por el ventilador 27 para medir el flujo de aire. A efectos de simplificar la Fig. 5, no se muestra el ventilador 27. El sensor 208 se localiza dentro del depósito (no mostrado) de la torre de enfriamiento húmedo para medir la temperatura del agua dentro del depósito. Todas las señales de salida del sensor aplicadas a las entradas de señal de sensor 82, 84, 86, 88 y 89 se introducen en la interfaz de usuario 62 del dispositivo VFD 50 y se enrutan entonces a un dispositivo de procesamiento externo, tal como la computadora 300, mediante el puerto de datos 80. La computadora 300 incluye un dispositivo de pantalla de visualización 302 que permite a un usuario u operador monitorear visualmente los datos obtenidos de los sensores 200, 202, 204, 206 y 208. La computadora 300 incluye además una interfaz de usuario, por ejemplo teclado, (no mostrado) que permite a un operador introducir comandos. La computadora 300 se configura para implementar un algoritmo de confiabilidad usando los datos obtenidos de los sensores 200, 202, 204, 206 y 208 y en respuesta, genera señales de control apropiadas que se introducen en la interfaz de usuario 62 mediante el puerto de datos 80. Tales señales de control se usan para ajustar la velocidad del motor 52. Así, los sensores y la computadora 300 proporcionan un circuito de retroalimentación que:

- a) monitorea las vibraciones y el calor en los cojinetes del motor 52;
- b) monitorea el calor en el estator del motor 52;
- c) monitorea el flujo de aire producido por el ventilador 27;
- d) monitorea la temperatura del agua en el depósito de la torre de enfriamiento;
- e) proporciona un equilibrio de ajuste para compensar la inercia de desequilibrio del ventilador en la estructura de la torre de enfriamiento (es decir, "Efecto Hula");
- f) alerta a los operadores de una situación de "aleta desajustada" y automáticamente reduce la velocidad del motor 52;
- g) bloquea una velocidad del motor en particular que crea resonancia;
- h) alerta al operador de acumulación de hielo en las aletas del ventilador 30 y automáticamente inicia operaciones de descongelación; y
- i) enruta los datos de temperatura del depósito de agua a otras partes del proceso industrial para proporcionar información de retroalimentación de enfriamiento en tiempo real que puede usarse para realizar otros ajustes en el proceso industrial en general.

Así, el sistema de accionamiento del ventilador de la presente invención proporciona muchas ventajas y beneficios que incluyen:

- a) eliminación de muchos componentes encontrados en los accionamientos tipo caja de velocidades de ventiladores de la técnica anterior, tales como ejes de accionamiento, acoplamientos, cojinetes, juntas de eje, etc.;
- b) eliminación de cambios de aceite;
- c) reducción significativa en servicio y mantenimiento;
- d) capacidad de variar la velocidad del motor de imán permanente de una relativa amplia gama de velocidades;

- e) capacidad para invertir la dirección del motor de imán permanente sin componentes adicionales;
- f) consumo de cantidades significativamente inferiores de energía en comparación al accionamiento tipo caja de velocidades de ventilador de la técnica anterior;
- g) fácil reajuste con ventilador existente eliminando así la necesidad de construir nuevas torres de enfriamiento;
- h) reducción significativa en la ocurrencia de averías de celdas; y
- i) proporciona significativamente más capacidad de enfriamiento en comparación al accionamiento tipo caja de velocidades de ventilador de la técnica anterior.

5

10

La lógica operacional y la arquitectura del sistema de la presente invención proporcionarán la capacidad de optimizar la torre de enfriamiento para la eficiencia energética (por ejemplo, de noche cuando hay frío) y de maximizar el enfriamiento en días calientes o cuando el proceso exija enfriamiento adicional o para evitar el ensuciamiento de sistemas auxiliares tales como condensadores e intercambiadores de calor.

15

Aunque la discusión anterior es con respecto a los términos de la aplicabilidad de la presente invención en la industria del petróleo, se debe entender que la presente invención proporciona beneficios a cualquier industria que usa torres de enfriamiento húmedo. Así, la presente invención se puede aplicar a muchas industrias que consumen grandes cantidades de energía y son procesos intensivos, tales como las industrias de generación de energía, petroquímica, pulpa y papel, química, vidrio, minería, acero y aluminio.

20

Por tanto, se observará que los objetivos expuestos anteriormente, entre aquellos aclarados en, o evidentes a partir de, la descripción precedente, se logran eficientemente y, dado que ciertos cambios pueden realizarse en la construcción y/o el método anterior sin apartarse del alcance de la invención, se pretende que toda la materia contenida en la descripción anterior o mostrada en las figuras adjuntas se interprete como ilustrativa y no en un sentido limitante. Se debe entender también que las siguientes reivindicaciones están destinadas a cubrir todas las características genéricas y específicas de la invención aquí descritas.

25

Reivindicaciones

- 5 1. Una torre de enfriamiento húmedo para enfriar fluidos usados en un proceso industrial, en donde la torre de enfriamiento húmedo tiene un ventilador (27) que provoca un flujo de aire que enfría los fluidos, un sistema de accionamiento del ventilador para provocar la rotación del ventilador (27) y un depósito para recoger los fluidos fríos, **caracterizada porque** el sistema de accionamiento del ventilador es un sistema de accionamiento directo que comprende:
- 10 un motor de imán permanente de baja velocidad variable y torque alto (52) que tiene un eje giratorio (56) conectado al ventilador (27) y una pluralidad de cojinetes sellados (90, 92), en donde el motor de imán permanente de baja velocidad variable y torque alto (50) se configura para tener un intervalo de velocidad de 0-250 RPM y potencia máxima de aproximadamente 133HP/100KW;
- 15 un dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) para generar señales eléctricas que efectúa la rotación del eje giratorio (56) del motor (52) para hacer rotar el ventilador (27), en donde el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) se configura para recibir las señales de control que representan una velocidad de rotación del motor deseada, y en respuesta, generar señales eléctricas para su entrada en el motor (52) para provocar que el motor (52) opere a una velocidad de rotación que es sustancialmente la misma que la velocidad de rotación deseada; y
- 20 sensores de vibración (200, 202) en proximidad a los cojinetes para medir las vibraciones de los cojinetes y generar señales de salida que representan las vibraciones medidas;
- sensores de temperatura (200, 202, 204) para medir el calor del estator (94) y de los cojinetes (90, 92) y generar señales de salida que representan el calor medido;
- 25 al menos un sensor de temperatura (208) localizado en el depósito para generar una señal de salida que representa la temperatura del fluido en el depósito;
- al menos un sensor de flujo de aire (206) posicionado aguas abajo del ventilador de la torre de enfriamiento para medir el flujo de aire y generar señales de salida que representan el flujo de aire; y
- 30 una computadora (300) en comunicación electrónica de señales con el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50), en donde la computadora (300) procesa las señales que representan (i) el calor medido del estator del motor y de los cojinetes, (ii) las vibraciones medidas de los cojinetes del motor, (iii) la temperatura medida del fluido en el depósito y (iv) el flujo de aire medido, en donde la computadora, el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable y todos los sensores forman un circuito de retroalimentación, en donde la computadora genera las señales de control para su entrada en el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable para ajustar la velocidad del motor de imán permanente de baja velocidad variable y torque alto (52) en respuesta a las señales procesadas.
- 35
- 40 2. La torre de enfriamiento húmedo de acuerdo con la reivindicación 1 en donde la eficiencia del motor de imán permanente de baja velocidad variable y torque alto (52) está entre 85% y 95% cuando la velocidad del motor está entre aproximadamente 60 RPM y 200 RPM.
- 45 3. La torre de enfriamiento húmedo de acuerdo con la reivindicación 1 en donde el ventilador (27) comprende un buje del ventilador (28) y una pluralidad de aletas del ventilador (30) y el eje giratorio (56) del motor de imán permanente de baja velocidad variable y torque alto (52) se conecta al buje del ventilador (28).
- 50 4. La torre de enfriamiento húmedo de acuerdo con la reivindicación 1 en donde la computadora (300) se configura para generar señales de control de salida al dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) para provocar la rotación en reversa del motor de imán permanente de baja velocidad variable y torque alto (52).
- 55 5. La torre de enfriamiento húmedo de acuerdo con la reivindicación 1 en donde la computadora (300) comprende además un dispositivo de pantalla de visualización (302) que permite a un usuario u operador monitorear visualmente las señales de salida generadas por los sensores de calor, temperatura, vibración y flujo de aire.
6. La torre de enfriamiento húmedo de acuerdo con la reivindicación 1 en donde la computadora (300) se programa para generar señales de control que reducen la velocidad de rotación del motor de imán permanente de baja velocidad variable y torque alto (52) si la computadora (300) determina, como resultado del procesamiento de las vibraciones medidas, que existe una situación pendiente con una aleta del ventilador.

7. La torre de enfriamiento húmedo de acuerdo con la reivindicación 1 en donde la computadora (300) se programa para llevar a cabo un algoritmo de confiabilidad en las señales de salida generadas por los sensores de calor, temperatura, vibración y flujo de aire.

5 8. Un método de operación de una torre de enfriamiento húmedo para enfriar fluidos usados en un proceso industrial, en donde la torre de enfriamiento húmedo tiene un ventilador (27) para provocar un flujo de aire que enfría el fluido, un depósito para recoger el fluido frío, y un sistema de accionamiento del ventilador para provocar la rotación del ventilador, **caracterizado porque** el sistema de accionamiento del ventilador es un sistema de accionamiento directo que comprende un motor de imán permanente de baja velocidad variable y torque alto (52) que comprende un eje giratorio (56) conectado al ventilador (27) en donde el motor de imán permanente de baja velocidad variable y torque alto (50) se configura para tener un intervalo de velocidad de 0-250 RPM y potencia máxima de aproximadamente 133HP/100KW, un estator (94) y cojinetes (90, 92), y un dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) para generar señales eléctricas que efectúa la rotación del eje giratorio (56) del motor (52) para hacer rotar el ventilador (27), en donde el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) se configura para recibir señales de control que representan una velocidad de rotación del motor deseada, y en respuesta, generar señales eléctricas para su entrada en el motor (52) para provocar que el motor (52) opere a una velocidad de rotación que es sustancialmente la misma que la velocidad de rotación deseada, en donde el método de operación de la torre de enfriamiento húmedo comprende las etapas de:

20 medir las vibraciones de los cojinetes (90, 92) y proporcionar señales que representan las vibraciones medidas; medir calor del estator (94) y los cojinetes (90, 92) y proporcionar señales que representan el calor medido; medir el flujo de aire producido por el ventilador (27) y proporcionar señales que representan el flujo de aire medido;

25 medir la temperatura de los fluidos en el depósito;

utilizar una computadora (300) para procesar las señales que representan (i) el calor medido del estator del motor (94) y de los cojinetes (90, 92), (ii) las vibraciones medidas del cojinetes del motor (90, 92), (iii) el flujo de aire medido, y (iv) la temperatura medida de los fluidos en el depósito; y

30 generar señales de control para su entrada en el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) para ajustar la velocidad del motor (52) en respuesta a las señales procesadas.

9. El método de acuerdo con la reivindicación 8 que comprende además la etapa de generar señales de control para su entrada en el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) para provocar la rotación en reversa del motor (52).

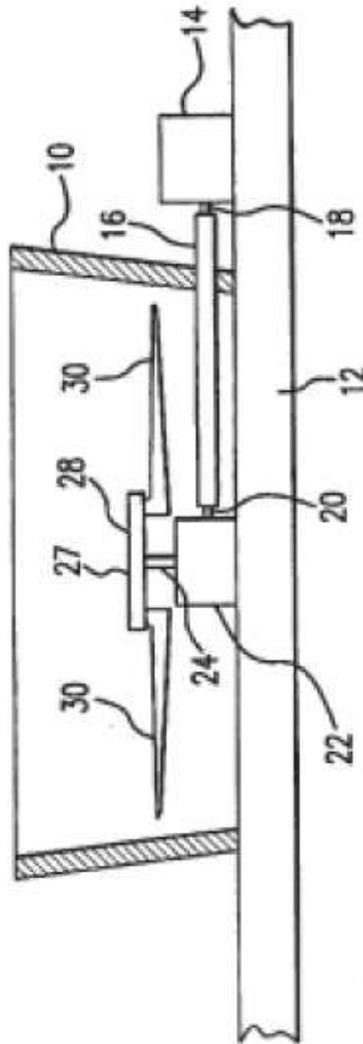


Fig. 1

Técnica Anterior

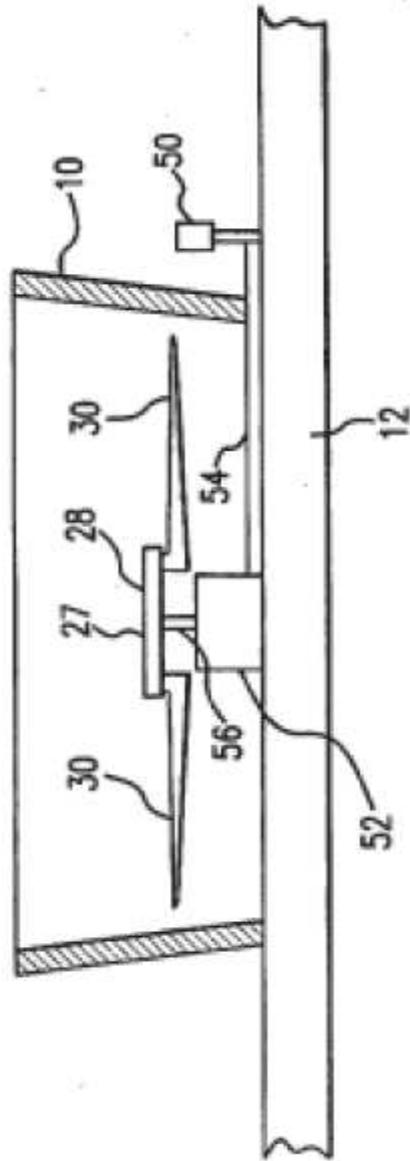


Fig. 2A

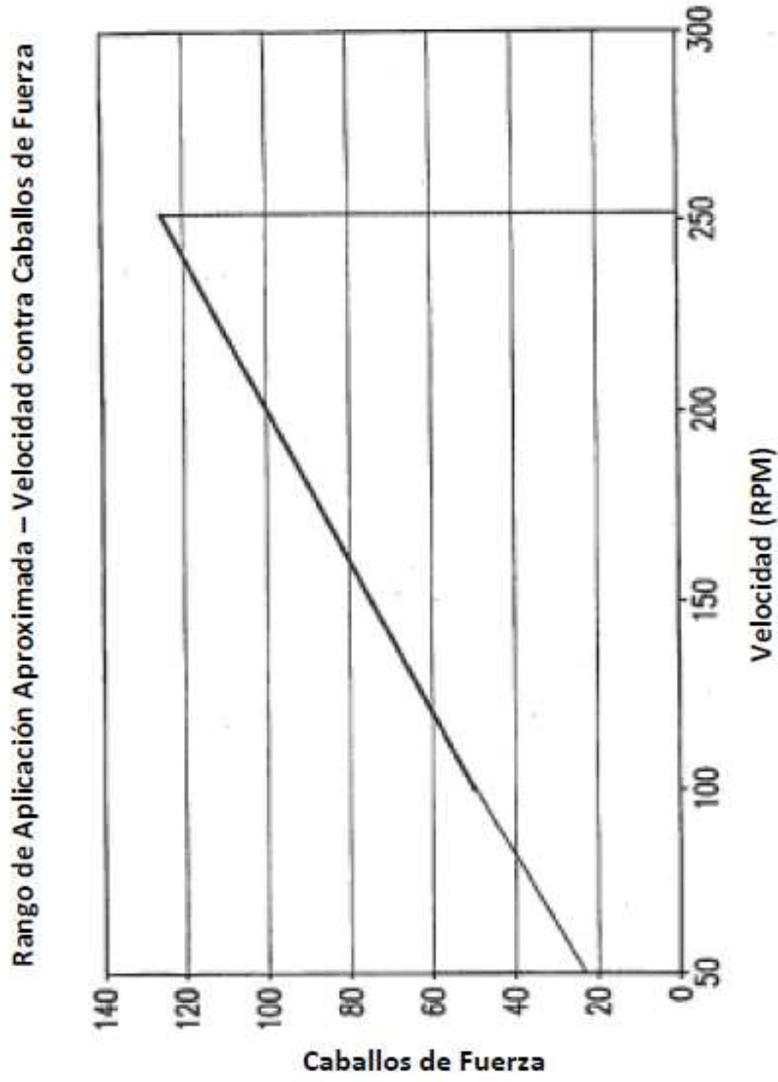


Fig. 2B

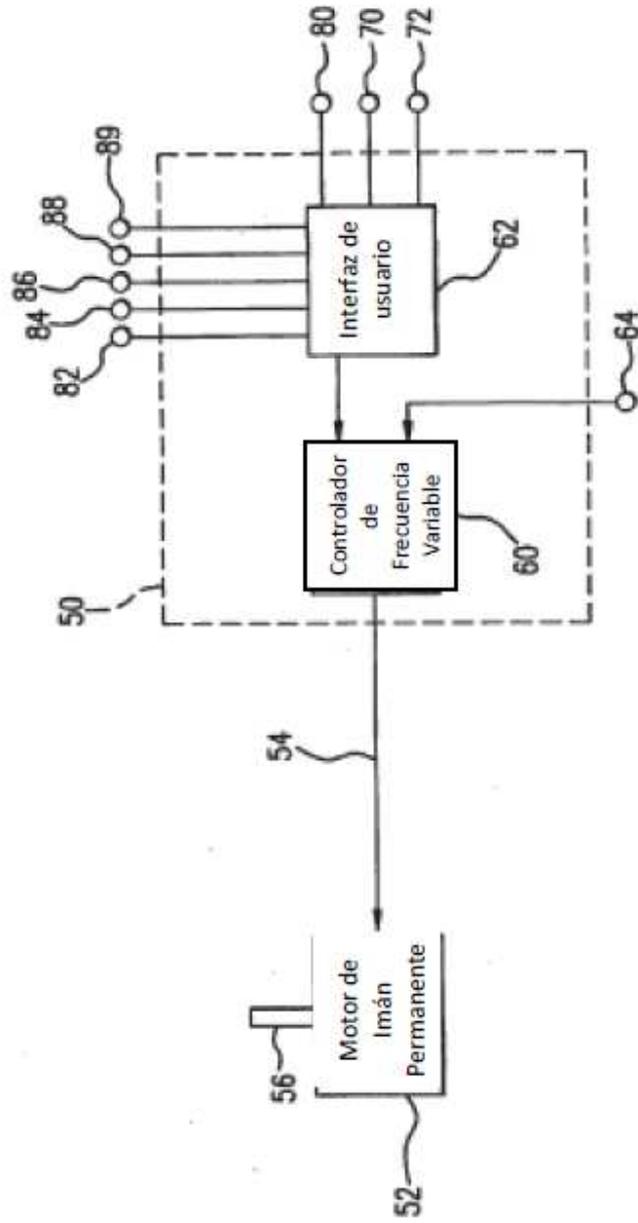


Fig. 3

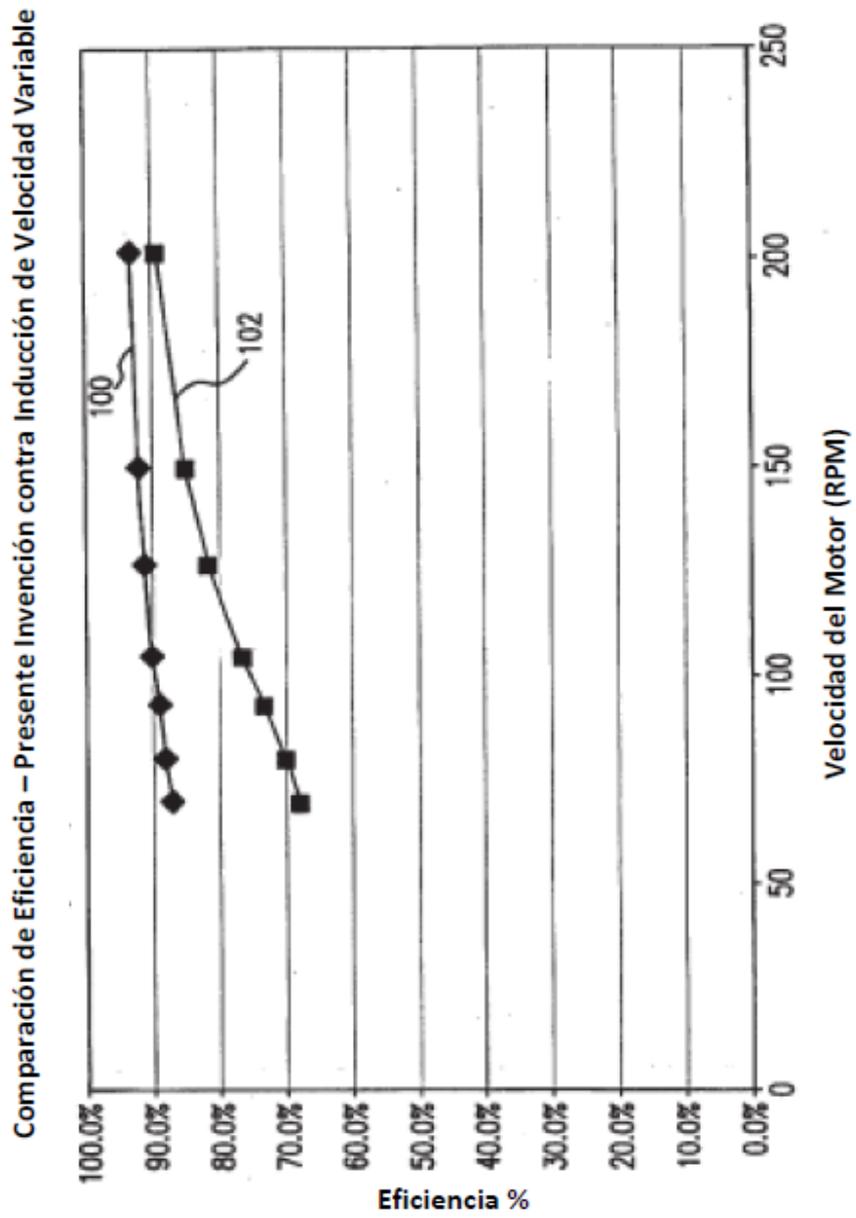


Fig. 4

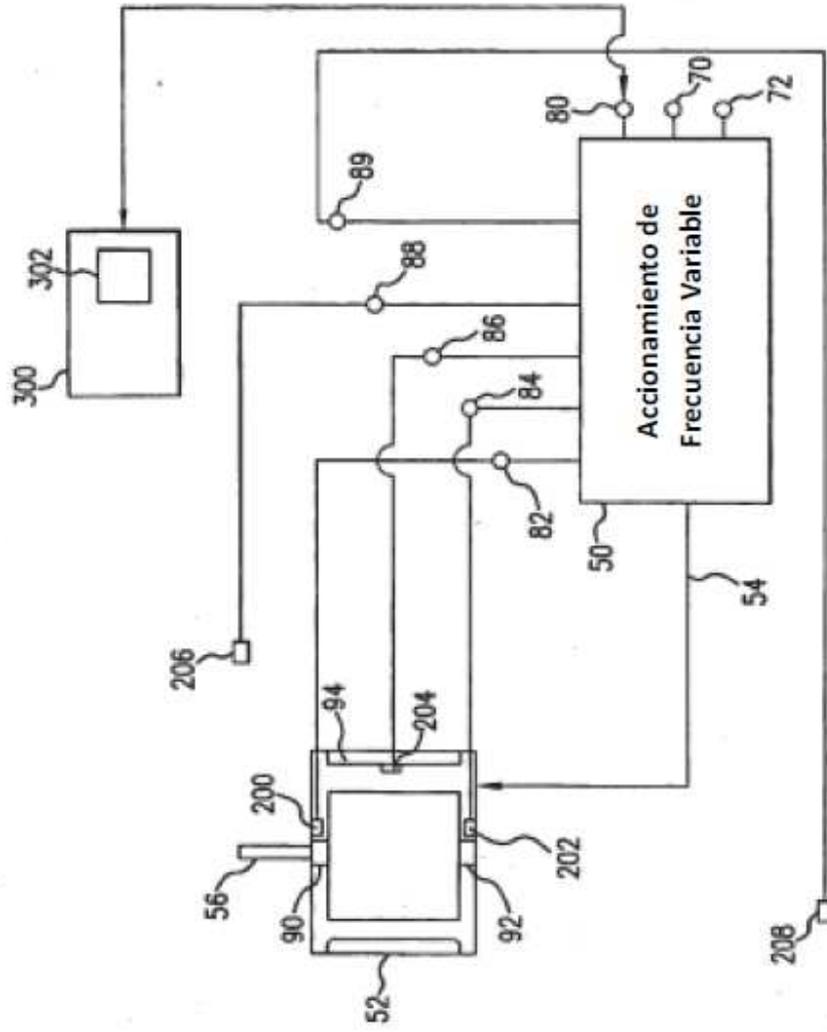


Fig. 5