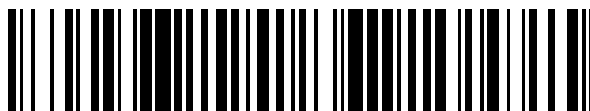


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 618**

51 Int. Cl.:

G05B 13/02 (2006.01)

F04D 13/14 (2006.01)

F04D 15/00 (2006.01)

F04D 15/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.12.2008 PCT/US2008/086803**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2009 WO09079447**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2008 E 08861340 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019 EP 2229610**

54 Título: **Equilibrio de par síncrono en sistemas de múltiples bombas**

30 Prioridad:

14.12.2007 US 13685

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.11.2019

73 Titular/es:

**ITT MANUFACTURING ENTERPRISES LLC
(100.0%)
1105 North Market Street, Suite 1300
Wilmington, DE 19801, US**

72 Inventor/es:

**KERNAN, DANIEL J. y
GANZON, NICOLAS W.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 729 618 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

Equilibrio de par síncrono en sistemas de múltiples bombas

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la Invención

La presente invención se refiere a un método y a un aparato de control en un sistema que tiene múltiples bombas.

10 2. Breve descripción de la técnica relacionada

El documento EP 0735273 A1 describe un sistema de doble bomba. Se disponen dos impulsores en una carcasa, que suministran un medio de bombeo. Se dispone un primer medio de control sobre uno de dos motores eléctricos, accionando cada motor eléctrico un impulsor respectivo. Cada uno de los motores eléctricos tiene un medio de control de circuito abierto, mientras que el medio de control de circuito cerrado específico ajusta la velocidad del motor eléctrico asociado según la variable de comando predeterminada por el primer medio de control.

15 Existen dispositivos o controladores conocidos que incluyen, aunque no de forma limitativa, controladores lógicos programables (PLC, por sus siglas en inglés), sistemas de control distribuidos (DCS), sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) o macros de variadores de velocidad que coordinan el control de un sistema de múltiples bombas. De forma típica, estos controladores utilizan dos métodos de control que pueden afectar negativamente al rendimiento y eficacia generales de la bomba. Estos métodos son:

- Bombas de velocidad fija con bomba de ajuste de velocidad variable y
- Velocidad síncrona de múltiples bombas.

25

Las bombas de velocidad fija con bomba de ajuste de velocidad variable presentan los siguientes inconvenientes:

30 En este método de control en un sistema de múltiples bombas, una o varias bombas esclavas trabajan a una velocidad máxima fija y una bomba de ajuste maestra es accionada por un variador de velocidad que modifica la velocidad de esta bomba para ajustar o compensar la diferencia y así alcanzar el punto de referencia deseado (de forma típica nivel, presión o control de flujo). La bomba maestra determina cuántos accionamientos esclavos de velocidad fija deben activarse o desactivarse.

35 El inconveniente que presenta este método de control es que, mediante el sistema hidráulico básico de bombeo, la bomba de ajuste de velocidad variable debe generar suficiente presión de descarga para superar la presión que suministra la bomba de velocidad fija en el colector de descarga. Para que la bomba de ajuste genere la presión requerida a la velocidad reducida, la bomba de ajuste de velocidad variable se verá forzada a retroceder en la curva de rendimiento de la bomba, lo que puede provocar un menor rendimiento operativo y una menor fiabilidad. Este tipo de control da lugar a un desequilibrio de flujo entre la bomba de velocidad fija y la bomba de ajuste de velocidad variable.

40

En el peor de los casos, la bomba de ajuste de velocidad variable puede funcionar en estado de cierre o de flujo cero. La Figura 1 ilustra un sistema paralelo de dos bombas con bombas idénticas que mantienen una presión de descarga constante de 61 m (200 ft) con una demanda de 0,095 m³/s (1500 gpm). La bomba 2 trabaja a una velocidad máxima fija de 1780 rpm y genera 0,063 m³/s (1000 gpm).

45

La bomba 1 se usa como bomba de ajuste para compensar la diferencia en el flujo, y trabaja a 1641 rpm a 0,032 m³/s (500 gpm). Esto supone un desequilibrio de flujo de 2:1 entre las bombas. El resultado de este desequilibrio de flujo es que la bomba 1 funciona al 54 % del punto de máxima eficiencia (BEP) y con una eficacia de bombeo más baja en comparación con la bomba 2. Ambos factores pueden dar lugar a un mayor coste operativo y a una menor fiabilidad de la bomba.

50

En última instancia, este método da lugar a una zona muerta de flujo en la que la única opción de funcionamiento es que la bomba de ajuste funcione por debajo del flujo mínimo recomendado por el fabricante.

55 La Figura 2 muestra el mismo sistema de bombeo que se describe en la Figura 1, con la excepción de que la demanda de flujo se ha cambiado a 0,076 m³/s (1200 gpm).

La bomba 2 funciona a una velocidad máxima fija y solo puede producir 0,063 m³/s (1000 gpm).

60 En este sistema, la bomba 1 debe compensar el flujo de 0,013 m³/s (200 gpm) adicional. Esto da lugar a que la bomba 1 opere en la zona muerta, por debajo del flujo mínimo recomendado para la bomba.

65 Como conclusión, esta forma de control de múltiples bombas puede dar lugar a desequilibrios de flujo entre la bomba de velocidad fija y la bomba de ajuste de velocidad variable. Este desequilibrio da lugar a que la bomba de ajuste se vea forzada a retroceder en la curva de rendimiento de la bomba, lo que da lugar a menores eficiencias de bombeo, menor fiabilidad de la bomba y a un desgaste desigual entre las bombas.

Ejemplos de estos dispositivos conocidos que contienen este tipo de control incluyen: Programa de aplicación de control de bombas de ABB para el variador de velocidad ACS800, y la aplicación de bomba y ventilador de ABB para el variador de velocidad ACH550.

5 Velocidad síncrona de múltiples bombas
 Con este método de control en un sistema de múltiples bombas, todas las bombas funcionan con un variador de velocidad y trabajan juntas a una velocidad síncrona para alcanzar el punto de referencia deseado. El objetivo del control de velocidad síncrona es equilibrar el flujo de todas las bombas por igual haciendo que todas las bombas
 10 funcionen a la misma velocidad. Sin embargo, en la práctica, esto no da lugar necesariamente a un flujo equilibrado.

15 Como se muestra en la Figura 3, las bombas son idénticas y mantienen una presión de descarga constante de 61 m (200 ft) con una demanda de 0,076 m³/s (1200 gpm). Para satisfacer la demanda del sistema, ambas bombas funcionan a la misma velocidad, equilibrando el flujo entre las bombas y compartiendo las cargas por igual. De forma adicional, se evita una zona muerta de flujo operativo.

20 El inconveniente de este método es que, para lograr un equilibrio de flujo entre las bombas, la curva de carga de las bombas debe ser idéntica o muy similar. En teoría, este método debe mantener siempre un flujo equilibrado entre las bombas, siempre que sean idénticas y siempre que el desgaste hidráulico y mecánico sea uniforme. Sin embargo, en la práctica, esta situación puede ser muy difícil de mantener, ya que las bombas pueden desgastarse de modo desigual o puede añadirse una bomba con una hidráulica ligeramente distinta a un sistema de bombeo en un momento distinto. Estos factores pueden provocar un desequilibrio de flujo entre las bombas y, en un caso severo, dar lugar a que una bomba no genere ningún flujo.

25 La Figura 4 ilustra un sistema idéntico al de la Figura 3, con la excepción de que la bomba 2 muestra un desgaste del 7 %. Cuando las bombas 1 y 2 tenían hidráulicas idénticas, el flujo se equilibraba 1:1. En este ejemplo, hacer funcionar las bombas conjuntamente a una velocidad síncrona da lugar a un desequilibrio de flujo de 2:1. Dado que la bomba 2 no puede generar la misma carga que la bomba 1, se ve forzada a retroceder en la curva de rendimiento de la bomba para compensar, lo que reduce la eficiencia de la bomba y su fiabilidad.

30 En un caso severo (Figura 5) en el que la bomba 2 muestra una pérdida del 20 % en la capacidad de carga, la bomba 1 superará completamente a la bomba 2. En esta situación, la bomba 2 no podrá superar la presión generada por la bomba 1 y no generará ningún flujo, provocando así una situación de flujo cero.

35 Como conclusión, aun cuando el control de velocidad síncrona conocido en la técnica pretende equilibrar el flujo entre bombas en paralelo, depende de bombas que tengan curvas de capacidad de carga idénticas. Cualquier desviación, como el desgaste de la bomba o el uso de bombas con distinta hidráulica, provocará un desequilibrio de flujo y, en circunstancias extremas, una situación de ausencia de flujo.

40 Ejemplos de dispositivos que contienen este tipo de control incluyen: el controlador de bomba MultiSmart / RTU de MULTITRODE, el variador de velocidad PS200 de ITT, y el variador de velocidad Aquavar CPC de ITT.

45 En vista de lo anterior, existe una necesidad en la industria de una técnica o dispositivo para equilibrar el flujo entre múltiples bombas en un sistema.

SUMARIO DE LA INVENCION

50 La presente invención proporciona un método y un aparato nuevos y únicos para accionar y hacer funcionar de forma simultánea múltiples bombas en un sistema a un par sustancialmente síncrono para alcanzar un punto de referencia deseado. Cada una de las múltiples bombas puede funcionar con un variador de velocidad.

55 El aparato de la presente invención puede adoptar la forma de un sistema que tiene múltiples bombas con un controlador del sistema para accionar y hacer funcionar las múltiples bombas, la bomba para operar y funcionar en dicho sistema, un módulo de control del sistema para dicho controlador del sistema, así como un módulo de control de bomba para accionar y hacer funcionar dicha bomba.

Según la presente invención, el flujo de las múltiples bombas está sustancialmente equilibrado incluso cuando las bombas tienen diferentes curvas de carga hidráulica, incluidas las múltiples bombas que tengan un equilibrio de flujo de casi 1:1.

60 Cada bomba respectiva puede ser controlada por un dispositivo variador de velocidad respectivo configurado para calcular un par respectivo de una carga respectiva de la bomba respectiva, o cada bomba puede ser controlada por cualquier dispositivo respectivo adecuado que puede variar la velocidad de la bomba.

65 El método también puede incluir proporcionar una variable de proceso y un punto de referencia como entradas a un controlador de sistema, donde el controlador del sistema incluye un PLC, un sistema DCS, un sistema SCADA o un variador de velocidad. El controlador del sistema puede configurarse con una lógica que reconozca un error de la variable de proceso al punto de referencia, y da instrucciones a una bomba respectiva para que aumente o

disminuya el par y/o la velocidad para mantener un punto de referencia deseado. También puede configurarse para reconocer cuándo debe conectarse o desconectarse una bomba adicional para ajustarse a la demanda del sistema.

5 El controlador del sistema puede configurarse para que dé instrucciones a una bomba principal de que aumente o disminuya el par/la velocidad para alcanzar el punto de referencia, y/o las bombas auxiliares ajustarán el par al de la bomba principal y funcionarán conjuntamente en un modo de par síncrono, cuando las bombas múltiples estén funcionando.

10 En funcionamiento, la técnica o dispositivo según la presente invención proporciona un equilibrado del flujo entre múltiples bombas en el sistema.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos incluyen las siguientes figuras:

15 La Figura 1, que incluye las Figuras 1a y 1b, es un gráfico y una tabla de un sistema paralelo de dos bombas conocido en la técnica de bombas idénticas, en el que una bomba funciona a una velocidad máxima fija y la otra bomba funciona en un modo de velocidad variable manteniendo una presión de descarga constante de 61 m (200 ft) con una demanda de 0,095 m³/s (1500 gpm).

20 La Figura 2, que incluye las Figuras 2a y 2b, es un gráfico y una tabla del mismo sistema de bombas de la Figura 1, con la diferencia de que la demanda de flujo se ha modificado a 0,076 m³/s (1200 gpm).

La Figura 3, que incluye las Figuras 3a y 3b, es un gráfico y una tabla de bombas idénticas, en donde ambas bombas funcionan en un modo de velocidad síncrona variable y mantienen una presión de descarga constante de 61 m (200 ft) con una demanda de 0,076 m³/s (1200 gpm).

25 La Figura 4, que incluye las Figuras 4a y 4b, es un gráfico y una tabla de un sistema idéntico al mostrado en la Figura 3, con la diferencia de que la bomba 2 muestra un desgaste del 7 %. La Figura 5, que incluye las Figuras 5a y 5b, es un gráfico y una tabla de un sistema idéntico al mostrado en la Figura 4, con la diferencia de que la bomba 2 muestra un desgaste del 20 %.

30 La Figura 6 es un diagrama de bloques funcionales de un controlador en forma de, aunque no de forma limitativa, un variador de frecuencia (VFD), un PLC, un sistema DCS o un sistema SCADA que lee una variable de proceso y determina el número de bombas necesarias y el par para hacer funcionar las bombas con el fin de mantener el punto de referencia deseado.

La Figura 7, que incluye las Figuras 7a y 7b, es un gráfico de un sistema idéntico al que se muestra en la Figura 4, salvo en que ambas bombas funcionan en un modo de par síncrono.

35 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Control de par síncrono

La Figura 6 es un diagrama de bloques funcionales de un sistema según la presente invención y generalmente indicado con el número 10 que tiene un controlador 12 que puede tomar la forma de, aunque no de forma limitativa, un VFD, un PLC, un sistema DCS o un sistema SCADA que lee una variable de proceso y determina el número de bombas necesarias y el par para hacer funcionar las bombas con el fin de mantener un punto de referencia deseado. El controlador 12 va acoplado a cuatro variadores de velocidad (VSD) 14a, 14b, 14c, 14d; cuatro motores 16a, 16b, 16c, 16d; y cuatro bombas 18a, 18b, 18c, 18d. Como se muestra, el variador de velocidad 14a es un VSD principal. El sistema se describe a modo de ejemplo con cuatro variadores de velocidad (VSD), motores y bombas, aunque el ámbito de la invención no pretende estar limitado al número de variadores de velocidad (VSD), motores y bombas. Se contemplan realizaciones de (y se pretende que el ámbito de la invención incluya) sistemas que tengan un número distinto de variadores de velocidad (VSD), motores y bombas, incluidos números tales como dos, tres, cinco, seis, etc. Además, los variadores de velocidad (VSD), los motores y las bombas son todos conocidos en la técnica, y el ámbito de la invención no pretende estar limitado a ningún tipo o clase específico de ellos, ya sea conocido o desarrollado posteriormente en el futuro.,

50 En funcionamiento, como se muestra, el controlador 12 está configurado para recibir señales que contienen información sobre un punto de referencia y/o una o más variables de proceso, y para proporcionar una salida de controlador al VSD principal 14a. En respuesta, el VSD principal 14a está configurado para proporcionar una o más señales de par a los otros tres variadores de velocidad (VSD) 14b, 14c y 14d. Como se muestra, el controlador 12 y los cuatro VSD 14a, 14b, 14c y 14d también están configurados para intercambiar la señalización de disponibilidad/encendido-apagado del accionamiento. El sistema se describe a modo de ejemplo con el controlador 12 configurado para recibir señales que contienen información sobre el punto de referencia y sobre una variable o variables de proceso; sin embargo, el ámbito de la invención no pretende limitarse al tipo o clase de información recibida por el controlador 12. Por ejemplo, se contemplan realizaciones dentro del ámbito de la invención en las que el controlador está configurado para recibir 60 señales que contienen otros tipos o clases de información, ya sea conocida o desarrollada posteriormente en el futuro.

El VSD principal 14a está configurado para responder a la salida del controlador, y los otros tres VSD 14a, 14b, 14c y 14d están configurados para responder a una señal o señales de par, y los cuatro VSD 14a, 14b, 14c y 14d están configurados para proporcionar la señalización VSD respectiva que contiene información sobre las velocidades variables para impulsar los cuatro motores 16a, 16b, 16c y 16d. Los cuatro motores 16a, 16b, 16c y 16d están configurados para responder a la señalización respectiva del VSD y accionar las cuatro bombas 18a, 18b, 18c y 18d.

Tal como se muestra y se indica mediante las líneas discontinuas rodeadas con un círculo, el controlador 12 puede estar ubicado en el interior o en el exterior del VSD principal 14a. Además, no se pretende que el ámbito de la invención quede limitado al lugar en el que se sitúe el controlador multibomba 12 dentro del sistema general 10.

Con este método de control en un sistema de múltiples bombas según la presente invención, las cuatro bombas 18a, 18b, 18c y 18d pueden funcionar con un variador de velocidad (VSD) y hacerlo conjuntamente a un par sustancialmente síncrono para alcanzar el punto de referencia deseado. El objetivo del par de velocidad síncrono es equilibrar el flujo de las cuatro bombas 18a, 18b, 18c y 18d, incluso cuando las cuatro bombas 18a, 18b, 18c y 18d tienen diferentes curvas de carga hidráulica.

En una aplicación concreta, el término "par sustancialmente síncrono" se entiende en el sentido de que el equipo accionado, como una bomba, funciona de tal modo que los pares operativos del equipo accionado están sustancialmente equilibrados dentro de, por ejemplo, un rango mínimo de aproximadamente el 95 % del par operativo real entre los equipos accionados. Para lograr un control de par sustancialmente síncrono, el controlador 12 actualizará y comunicará continuamente un punto de referencia de par idéntico a cada elemento del equipo accionado según se considere necesario para mantener la retroalimentación deseada de un sistema de bombeo. Seguidamente, el equipo accionado devolverá el par de trabajo real al controlador para confirmar que cada elemento del equipo accionado esté funcionando dentro de la ventana operativa requerida de aproximadamente 95 %. Sin embargo, cabe señalar que el ámbito de la invención no pretende limitarse a ningún porcentaje particular para lograr un par sustancialmente síncrono según la presente invención. Por ejemplo, como apreciaria un experto en la técnica, dependiendo del tipo o clase de aplicación, incluidas las conocidas ahora o que se desarrollen en el futuro, las realizaciones de la invención pueden incluir el uso de otro porcentaje superior o inferior a aproximadamente 95 % y seguir manteniéndose dentro del espíritu de la presente invención.

Al equilibrar el par de las cuatro bombas 18a, 18b, 18c y 18d, la carga de trabajo puede dividirse entre las bombas 18a, 18b, 18c y 18d, lo que proporciona un equilibrio de flujo mucho mejor. Al examinar el mismo sistema de bombeo que se muestra en la Figura 4, donde dos bombas con control de velocidad síncrona bombean en paralelo y la bomba 2 muestra una degradación del 7 % en la carga debido al desgaste, se produce un desequilibrio de flujo de casi 2:1. Si a este mismo sistema se aplica un par sustancialmente síncrono según la presente invención, el resultado sería un equilibrio de flujo de casi 1:1. Como se muestra en la Figura 7, las bombas funcionan con el mismo par de 198 Nm (146 pies-libra), con el resultado de que las bombas funcionan a un diferencial de 104 rpm y producen un equilibrio de flujo cercano a 1:1.

Esta forma de control permite accionar bombas en paralelo que sufren un desgaste mecánico e hidráulico, tienen diferentes ajustes de impulsor, diferentes curvas de rendimiento de carga o incluso que son fabricadas por diferentes fabricantes de bombas.

Cada bomba se controla mediante un dispositivo variador de velocidad que tiene la capacidad de calcular el par de la carga del accionamiento, en este caso la bomba. De forma típica, se utiliza un variador de frecuencia como dispositivo variador de velocidad, pero este método de control es aplicable a cualquier dispositivo que pueda modificar la velocidad de la bomba. En este sistema, el par se expresa en unidades reales como Nm. El par no debe expresarse como un porcentaje del par del motor a plena carga, ya que esto limitaría la funcionalidad a usar exclusivamente motores idénticos o motores que generen el mismo par a plena carga. Sin embargo, si los motores son idénticos, sería aceptable expresar el par como porcentaje de carga plena.

El sistema funciona de modo que se introducen una variable de proceso y un punto de referencia en un controlador del sistema. Este controlador del sistema puede tener la forma de, aunque no de forma limitativa, un PLC, un sistema DCS, un sistema SCADA o un variador de velocidad. El controlador del sistema está configurado para incluir algún tipo de lógica que reconozca el error desde la variable del proceso al punto de referencia y dé instrucciones a una bomba para aumentar o disminuir el par y/o la velocidad con el fin de mantener el punto de referencia deseado. Este controlador del sistema también está configurado para incluir la capacidad de reconocer en qué momento debe activarse o desactivarse una bomba adicional para satisfacer la demanda del sistema.

Cuando hay varias bombas en funcionamiento, el controlador del sistema dará instrucciones a una bomba principal para que aumente o reduzca el par/la velocidad para alcanzar el punto de referencia. Las bombas auxiliares ajustarán el par al de la bomba principal y funcionarán conjuntamente en un modo de par síncrono. La Figura G muestra el diseño de control para un sistema de cuatro bombas.

Excepciones

En este modo, las bombas siempre mantendrán sustancialmente los mismos niveles de pares con las siguientes excepciones, en cuyo caso el modo de par síncrono será anulado por el control de velocidad síncrono como sigue:

1. Todas las bombas disponibles están funcionando, no puede alcanzarse el punto de referencia y al menos una unidad auxiliar no está a velocidad máxima.
2. Una unidad auxiliar de bomba está a la velocidad máxima y no puede alcanzar el par síncrono.

Si se dan todas estas condiciones, las bombas auxiliares sincronizarán sus velocidades con la bomba principal para permitir que las bombas auxiliares alcancen la velocidad máxima. Esta anulación permite que las bombas generen la máxima salida al mismo tiempo que sacrifica el equilibrio de flujo de las bombas. Esta función de anulación será seleccionable por el usuario.

5 Una aplicación del controlador multibomba 12
De acuerdo con lo descrito anteriormente, las funciones del controlador multibomba 12 pueden aplicarse con uno o más módulos de hardware, software, firmware o una combinación de los mismos. En una aplicación de software típica, uno o más módulos que forman parte del controlador multibomba 12 incluirían una o más arquitecturas
10 basadas en microprocesadores con un microprocesador, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), dispositivos de entrada/salida y buses de control, de datos y de direcciones que los conectan. Un experto en la técnica reconocería y sería capaz de programar tal aplicación basada en microprocesador para llevar a cabo la funcionalidad descrita en la presente memoria sin experimentación indebida. No se pretende que el ámbito de la invención se limite a ninguna aplicación concreta que utilice alguna combinación de hardware, software
15 o tecnología de firmware, ya sea conocida o que pueda desarrollarse en el futuro.

Controlador multibomba 12 como un conjunto de chips

En algunas realizaciones según la presente invención, uno o más módulos del controlador también pueden formar parte de una aplicación básica de un conjunto de chips. La presente invención puede adoptar también la forma de un conjunto
20 de chips que puede incluir una serie de circuitos integrados diseñados para realizar una o varias funciones relacionadas, incluido un conjunto de chips o chip conformado como un grupo de circuitos integrados (o chips) que están diseñados para funcionar conjuntamente. Por ejemplo, un conjunto de chips puede proporcionar las funciones básicas del controlador general, mientras que otro conjunto de chips puede proporcionar funciones de la unidad central de procesamiento (CPU) para un ordenador o procesador en el controlador general. Los conjuntos de chips más nuevos incluyen de forma general
25 funciones proporcionadas por dos o más conjuntos de chips más antiguos. En algunos casos, los conjuntos de chips más antiguos que requieren dos o más chips físicos pueden reemplazarse por un conjunto de chips en un chip. El término "conjunto de chips" también pretende incluir la funcionalidad principal de una placa base en dicho controlador.

POSIBLES APLICACIONES:

30 Otras aplicaciones posibles incluyen al menos las siguientes: El control de par síncrono puede aplicarse a múltiples sistemas de bombeo en paralelo o en serie. De forma adicional, esta lógica puede aplicarse a múltiples sistemas de ventilador/soplador.

Ámbito de la Invención

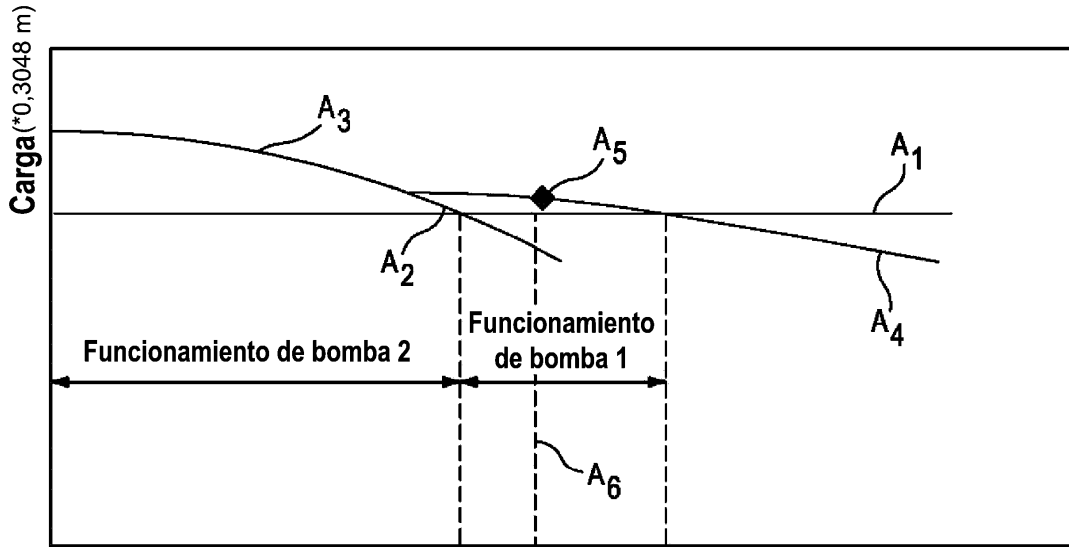
35 Debe entenderse que, salvo que se indique lo contrario en la presente descripción, cualquiera de las características, alternativas o modificaciones descritas con respecto a una realización particular en este documento también pueden aplicarse, utilizarse o incorporarse a cualquier otra realización descrita en la presente memoria. Además, los dibujos en la presente memoria no están dibujados a escala.

40 Aunque la invención se ha descrito e ilustrado con respecto a las realizaciones ilustrativas de la misma, pueden llevarse a cabo las anteriores y varias otras adiciones y omisiones en las mismas y a las mismas sin por ello abandonar el ámbito de la presente invención, que queda definida exclusivamente por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método de control en un sistema que tiene múltiples bombas (18a-18d), en donde las múltiples bombas (18a-18d) se accionan y funcionan conjuntamente a un par sustancialmente síncrono para alcanzar un punto de referencia deseado, en donde el método comprende:
- 10 responder mediante un controlador (12) a señales que contienen información sobre el punto de referencia deseado, y proporcionar una señal de control de salida;
 responder mediante un variador (14a) de velocidad principal a la señal de control de salida, proporcionando una señal de variador de velocidad principal para accionar una de las bombas múltiples (18a), y proporcionar también una o más señales de par; y
 responder mediante un variador (14b, 14c, 14d) de velocidad auxiliar a la señal o señales de par, y proporcionar una señal de variador de velocidad auxiliar para accionar otra de las bombas múltiples (18b, 18c, 18d);
 15 conteniendo la señal o señales de par información de modo que el variador (14a) de velocidad principal y el variador (14b, 14c, 14d) de velocidad auxiliar operan y hacen funcionar las múltiples bombas conjuntamente al par sustancialmente síncrono para alcanzar el punto de referencia deseado.
- 20 2. El método según la reivindicación 1, en donde el flujo de la bomba (18a, 18b, 18c, 18d) o de las múltiples bombas (18a-18d) está sustancialmente equilibrado incluso cuando las bombas (18a-18d) tienen curvas de carga hidráulica distintas.
3. El método según una de las reivindicaciones anteriores, en donde las múltiples bombas (18a-18d) tienen un equilibrio de flujo de casi 1:1.
- 25 4. El método según una de las reivindicaciones anteriores, en donde cada bomba respectiva (18a, 18b, 18c, 18d) se controla mediante un dispositivo variador de velocidad (VSD) respectivo que está configurado para calcular un par respectivo de una carga respectiva de la respectiva bomba (18a, 18b, 18c, 18d); y/o
- 30 - un dispositivo correspondiente que puede modificar la velocidad de la bomba (18a, 18b, 18c, 18d).
5. El método según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el método incluye proporcionar una variable de proceso y un punto de referencia como entradas a un controlador (12) del sistema.
- 35 6. El método según la reivindicación 5, en donde el controlador (12) del sistema
- incluye un PLC, un sistema DCS, un sistema SCADA o un variador de velocidad (VSD);
 - contiene lógica que reconoce un error desde la variable del proceso al punto de referencia y da instrucciones a la bomba respectiva (18a; 18b, 18c, 18d) para aumentar o disminuir el par y/o la velocidad con el fin de mantener un punto de referencia deseado;
 40 - está configurado para reconocer cuándo debe activarse o desactivarse una bomba (18a, 18b, 18c, 18d) adicional para satisfacer la demanda del sistema; y/o
 - está configurado para dar instrucciones a una bomba principal (18a) para aumentar o disminuir el par/la velocidad con el fin de alcanzar el punto de referencia cuando las múltiples bombas (18a, 18b, 18c, 18d) están en funcionamiento y, particularmente, en donde las bombas auxiliares (18b-18d) ajustarán el par al
 45 de la bomba principal (18a) y funcionarán conjuntamente en un modo de par síncrono cuando las múltiples bombas (18a, 18b, 18c, 18d) estén en funcionamiento.
- 50 7. Un sistema que tiene bombas múltiples (18a-18d), en donde las múltiples bombas (18a-18d) operan y funcionan juntas a un par sustancialmente síncrono para alcanzar un punto de referencia deseado, en donde el método comprende:
- un controlador (12) configurado para responder a la señalización que contiene información sobre el punto de referencia deseado y que proporciona una señal de control de salida;
 un variador (14a) de velocidad principal configurado para responder a la señal de control de salida,
 55 proporcionar una señal de variador de velocidad principal para accionar una de las bombas múltiples (18a), y proporcionar también una o más señales de par; y
 un variador (14b, 14c, 14d) de velocidad auxiliar configurado para responder a la señal o señales de par, y para proporcionar una señal de variador de velocidad auxiliar para accionar otra de las múltiples bombas (18b, 18c, 18d);
 60 conteniendo la señal o señales de par información de modo que el variador (14a) de velocidad principal y el variador (14b, 14c, 14d) de velocidad auxiliar operan y hacen funcionar las múltiples bombas conjuntamente al par sustancialmente síncrono para alcanzar el punto de referencia deseado.
- 65 8. El sistema según la reivindicación 7, en donde el flujo de las bombas (18a, 18b, 18c, 18d) está sustancialmente equilibrado con el flujo de una o varias de las otras bombas (18a, 18b, 18c, 18d) de modo que las bombas múltiples (18a, 18b, 18c, 18d) tienen un equilibrio de flujo de casi 1:1.

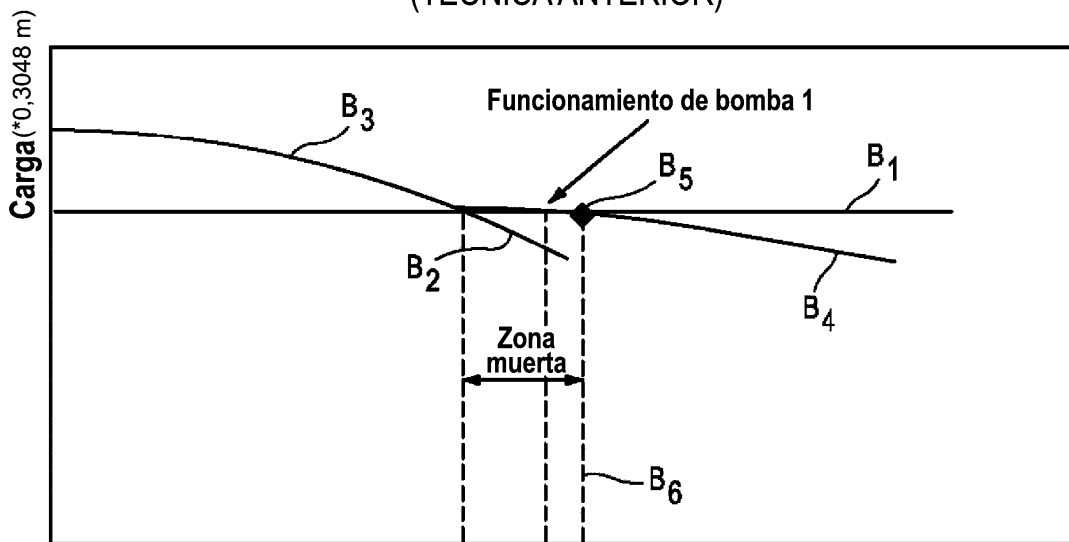
- 5 9. Una bomba principal (18a) para un sistema que tiene múltiples (18a-18d), en donde las múltiples bombas (18a-18d) operan y funcionan conjuntamente a un par sustancialmente síncrono para alcanzar un punto de referencia deseado, en donde la bomba principal (18a) comprende un módulo configurado para accionar y hacer funcionar la bomba principal (18a) a un par sustancialmente síncrono con el fin de alcanzar un punto de referencia deseado:
- 10 en donde la bomba principal (18a) está configurada para recibir una señal de salida de control de un controlador (12) que está configurado para responder a la señalización que contiene información sobre el punto de referencia deseado; comprendiendo además la bomba principal (18a):
- 15 un variador (14a) de velocidad principal configurado para responder a la señal de control de salida, para proporcionar una señal de variador de velocidad principal para accionar una de las múltiples bombas (18a-18d), y proporcionar también una o más señales de par que recibirá un variador (14b, 14c, 14d) de velocidad auxiliar para accionar otra de las múltiples bombas (18b, 18c, 18d);
- la una o más señales de par que contienen información de modo que el variador (14a) de velocidad principal y el variador (14b, 14c, 14d) de velocidad auxiliar accionan y hacen funcionar las múltiples bombas conjuntamente al par sustancialmente síncrono para alcanzar el punto de referencia deseado.
- 20 10. La bomba principal (18a) según la reivindicación 9, en donde el módulo
- incluye un dispositivo variador de velocidad (VSD) que está configurado para calcular un par respectivo de una carga respectiva de la bomba respectiva (18a);
 - incluye un dispositivo respectivo que puede modificar la velocidad de la bomba (18a); y/o
 - recibe señales de un controlador (16) del sistema que recibe una variable de proceso y un punto de referencia.
- 25
- 30 11. La bomba principal (18a) según la reivindicación 9 ó 10, en donde el controlador (16) del sistema está configurado para dar instrucciones a la bomba principal (18a) para aumentar o disminuir el par/la velocidad con el fin de alcanzar el punto de referencia cuando las bombas múltiples están en funcionamiento, y el módulo está configurado para responder a esa instrucción.
- 35 12. Un módulo de control (12) del sistema configurado para controlar un sistema según una de las reivindicaciones 7 y 8, y configurado para aplicar un método según una de las reivindicaciones 1 a 6.
13. Un módulo de control de bomba configurado para controlar una bomba según una de las reivindicaciones 9 a 11, y configurado para aplicar un método según una de las reivindicaciones 1 a 6.



Flujo(*6,309*10⁻⁵ m³/s) **FIG. 1a**
(TÉCNICA ANTERIOR)

| | N (/60 s ⁻¹) | Q (*6,309*10 ⁻⁵ m ³ /s) | P (*0,7457 kW) | T (*1,3558 Nm) | Eficiencia | % BEP | Equilibrio de flujo |
|---------|--------------------------|---|----------------|----------------|------------|-------|---------------------|
| Bomba 1 | 1641 | 500 | 43,1 | 138 | 59 % | 54 % | 33 % |
| Bomba 2 | 1780 | 1000 | 67,3 | 199 | 75 % | 100 % | 67 % |

FIG. 1b
(TÉCNICA ANTERIOR)



Flujo(*6,309*10⁻⁵ m³/s) **FIG. 2a**
(TÉCNICA ANTERIOR)

| | N (/60 s ⁻¹) | Q (*6,309*10 ⁻⁵ m ³ /s) | P (*0,7457 kW) | T (*1,3558 Nm) | Eficiencia | % BEP | Equilibrio de flujo |
|---------|--------------------------|---|----------------|----------------|------------|-------|---------------------|
| Bomba 1 | 1600 | 200 | 33,7 | 111 | 30 % | 22 % | 17 % |
| Bomba 2 | 1780 | 1000 | 67,3 | 199 | 75 % | 100 % | 83 % |

FIG. 2b
(TÉCNICA ANTERIOR)

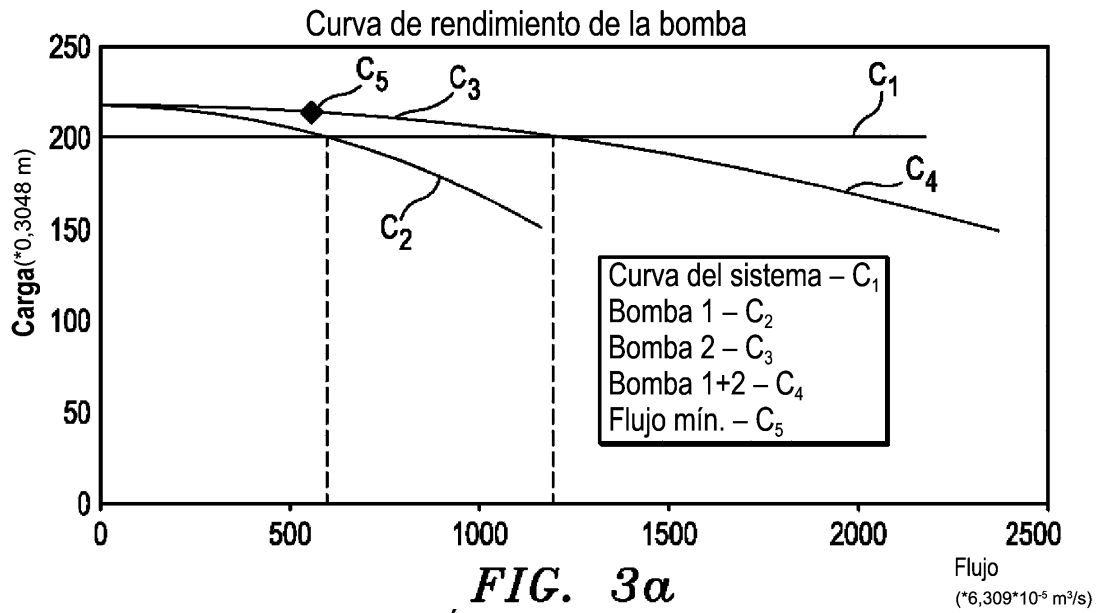


FIG. 3a
(TÉCNICA ANTERIOR)

| | N(/60 s ⁻¹) | Q(*6,309*10 ⁻⁵ m ³ /s) | P(*0,7457 kW) | T(*1,3558 Nm) | Eficiencia | % BEP | Equilibrio de flujo |
|---------|-------------------------|--|---------------|---------------|------------|-------|---------------------|
| Bomba 1 | 1662 | 600 | 47,0 | 148 | 65 % | 64 % | 50 % |
| Bomba 2 | 1662 | 600 | 47,0 | 148 | 65 % | 64 % | 50 % |

FIG. 3b
(TÉCNICA ANTERIOR)

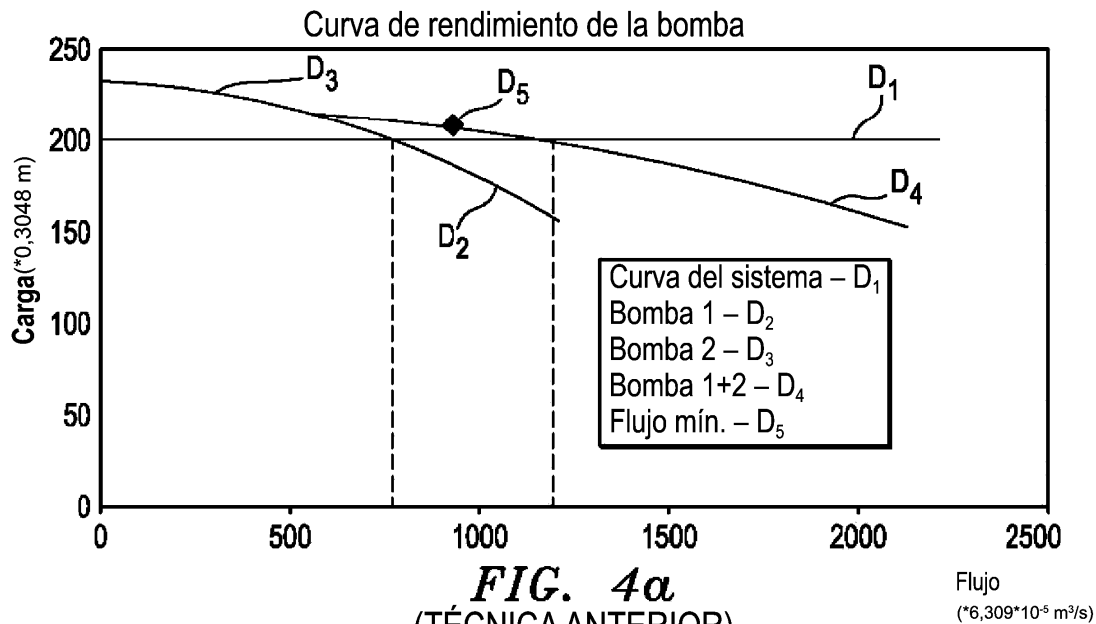


FIG. 4a
(TÉCNICA ANTERIOR)

| | N(/60 s ⁻¹) | Q(*6,309*10 ⁻⁵ m ³ /s) | P(*0,7457 kW) | T(*1,3558 Nm) | Eficiencia | % BEP | Equilibrio de flujo |
|---------|-------------------------|--|---------------|---------------|------------|-------|---------------------|
| Bomba 1 | 1704 | 760 | 54,4 | 167 | 71 % | 80 % | 64 % |
| Bomba 2 | 1704 | 430 | 46,2 | 142 | 47 % | 45 % | 36 % |

FIG. 4b
(TÉCNICA ANTERIOR)

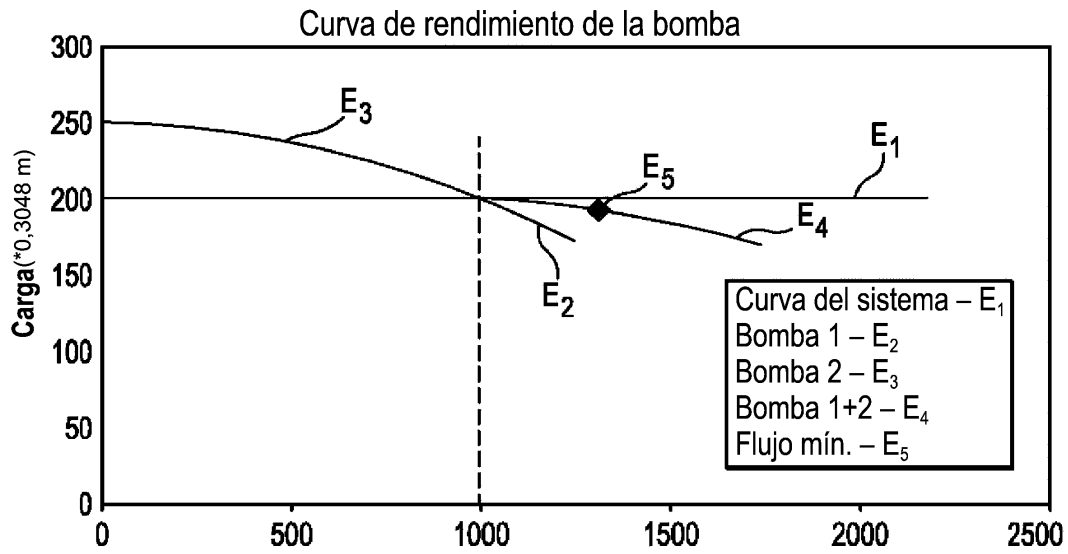


FIG. 5a
(TÉCNICA ANTERIOR)

Flujo
(*6,309*10⁻⁵ m³/s)

| | N(/60 s ⁻¹) | Q (*6,309*10 ⁻⁵ m ³ /s) | P(*0,7457 kW) | T(*1,3558 Nm) | Eficiencia | % BEP | Equilibrio de flujo |
|---------|-------------------------|---|---------------|---------------|------------|-------|---------------------|
| Bomba 1 | 1780 | 1000 | 67,3 | 199 | 75 % | 100 % | 100 % |
| Bomba 2 | 1780 | 0 | 40,4 | 119 | 0 % | 0 % | 0 % |

FIG. 5b
(TÉCNICA ANTERIOR)

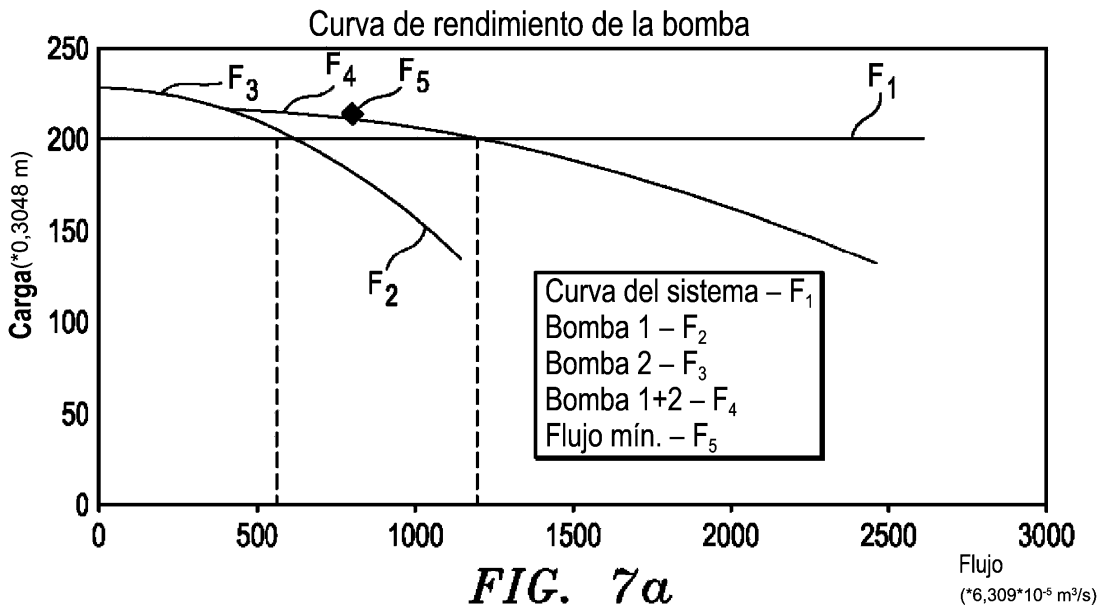


FIG. 7a

Flujo
(*6,309*10⁻⁵ m³/s)

| | N(/60 s ⁻¹) | Q (*6,309*10 ⁻⁵ m ³ /s) | P(*0,7457 kW) | T(*1,3558 Nm) | Eficiencia | % BEP | Equilibrio de flujo |
|---------|-------------------------|---|---------------|---------------|------------|-------|---------------------|
| Bomba 1 | 1657 | 572 | 46,0 | 146 | 63 % | 61 % | 48 % |
| Bomba 2 | 1761 | 624 | 48,8 | 146 | 65 % | 63 % | 52 % |

FIG. 7b

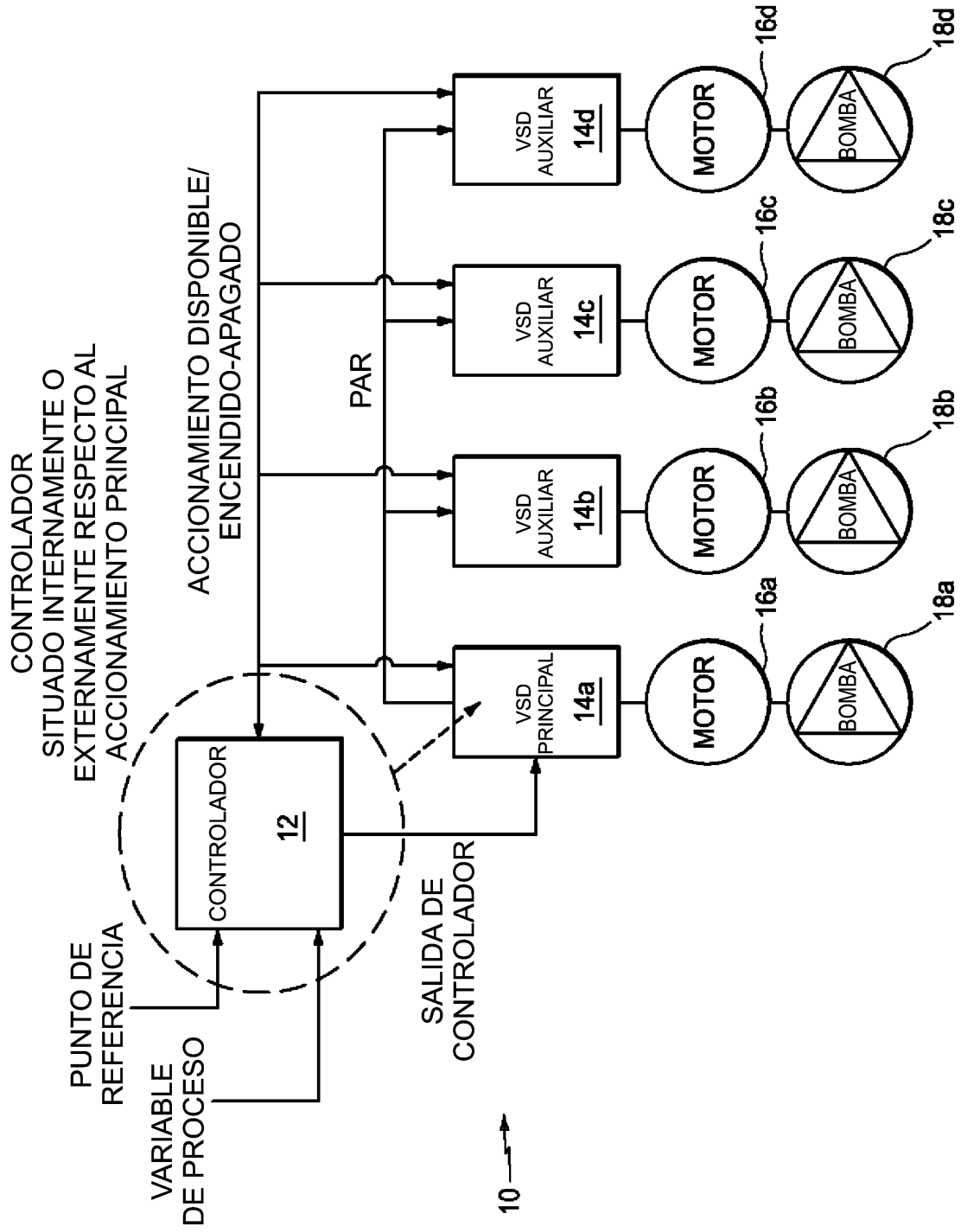


FIG. 6