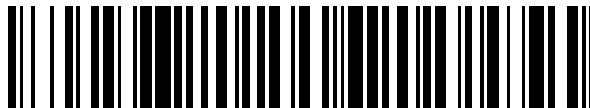


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 592**

51 Int. Cl.:

**F04D 13/12** (2006.01)

**F04D 15/00** (2006.01)

**G01F 1/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2013 E 13192701 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 2743508**

54 Título: **Procedimiento de control para sistema multibomba y sistema multibomba**

30 Prioridad:

**17.12.2012 FR 1262146**

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

**30.11.2015**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS  
(100.0%)  
33, rue André Blanchet  
27120 Pacy sur Eure, FR**

72 Inventor/es:

**COIN, SYLVAIN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 552 592 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**

Procedimiento de control para sistema multibomba y sistema multibomba

**Campo técnico de la invención**

La presente invención se refiere a un procedimiento de control para un sistema multibomba.

**5 Antecedentes de la invención**

Un sistema multibomba consta al menos de dos bombas, siendo al menos una de estas dos bombas de velocidad variable controlada en velocidad mediante un variador de velocidad y la otra de velocidad fija o de velocidad variable. En el sistema multibomba, las dos bombas están conectadas en paralelo a un mismo conducto de entrada y sus salidas se juntan en un conducto de salida común.

10 Algunas soluciones de control de un sistema multibomba necesitan una medición de caudal total en el conducto de salida. Para medir este caudal las soluciones actuales emplean un caudalímetro o utilizan métodos poco satisfactorios. Es el caso en particular de las patentes JP 2004/124814 y WO 0057063. Existe, por lo tanto, en la actualidad la necesidad de poder estimar de manera simple, con los sensores mínimos, el caudal total de un fluido que circula en el conducto de salida del sistema multibomba.

15 El objetivo de la invención es, por lo tanto, ofrecer un procedimiento de control implementado en una unidad de tratamiento, que permita poder determinar el caudal total de un fluido que circula a través del conducto de salida, sin tener que emplear un caudalímetro, siendo este procedimiento fácil de implementar y requiriendo solo los sensores mínimos.

**Descripción de la invención**

20 Este objetivo se alcanza mediante un procedimiento de control implementado en una unidad de tratamiento empleada en el control de un sistema multibomba, comprendiendo dicho sistema multibomba un conducto de entrada destinado a recibir un fluido, dos bombas conectadas en paralelo a dicho conducto de entrada y un conducto de salida conectado a las salidas de las dos bombas, estando al menos una de las dos bombas controlada por un variador de velocidad, estando dicho procedimiento destinado a determinar el caudal ( $Q_{total}$ ) total del fluido en dicho  
25 conducto de salida, estando cada bomba definida por una curva característica caudal-altura manométrica a la velocidad máxima, constanding el procedimiento de control de las siguientes etapas:

- determinación de una primera expresión de la altura manométrica del sistema multibomba a partir de las características del sistema multibomba, siendo dichas características del sistema:

- la presión del fluido, medida en un primer punto de medición situado en el conducto de salida;
- 30 - la presión del fluido, medida en un segundo punto de medición situado en el conducto de entrada;
- el diámetro del conducto de salida en el primer punto de medición;
- el diámetro del conducto de entrada en el segundo punto de medición;
- la diferencia de altura entre el primer punto de medición y el segundo punto de medición.

35 De acuerdo con la invención, el procedimiento consta de una etapa de determinación de una segunda expresión de la altura manométrica del sistema multibomba en función del caudal total. El procedimiento consta a continuación de una etapa de determinación del caudal total del fluido a través del conducto de salida a partir de la primera expresión de la altura manométrica y de la segunda expresión de la altura manométrica.

De acuerdo con la invención, la segunda expresión de la altura manométrica se determina a partir de la velocidad de cada bomba, y de la curva característica caudal-altura manométrica a la velocidad máxima de cada bomba.

40 De acuerdo con una particularidad de la invención, el procedimiento consta de una etapa de determinación de la altura manométrica del sistema multibomba a partir de la primera expresión de la altura manométrica del sistema multibomba y del caudal total inyectado como parámetro de retroalimentación.

45 De acuerdo con otra particularidad, el procedimiento consta de una etapa de determinación de un valor de caudal de cada bomba a partir de la curva característica caudal-altura manométrica de cada bomba, extrapolada a la velocidad de cada bomba, y de la altura manométrica determinada.

De acuerdo con otra particularidad, el procedimiento consta de una etapa de determinación del caudal total del fluido a través del conducto de salida del sistema multibomba a partir de los valores de caudal determinado para cada bomba.

50 De acuerdo con otra particularidad, la velocidad de la bomba controlada por el variador de velocidad se determina a partir de una referencia de velocidad inyectada en un circuito cerrado de regulación o de una medición de velocidad.

De acuerdo con otra particularidad, el procedimiento consta de una etapa de determinación de la altura manométrica del sistema multibomba a partir de la primera expresión de la altura manométrica y de la segunda expresión de la altura manométrica.

5 De acuerdo con otra particularidad, para cada bomba, este consta de una etapa de determinación del caudal en la salida de la bomba a partir de la altura manométrica determinada y de la curva característica caudal-altura manométrica de la bomba, extrapolada a la velocidad de la bomba.

De acuerdo con otra particularidad, la velocidad de la bomba controlada por el variador de velocidad se determina a partir de la referencia de velocidad inyectada en un circuito cerrado de regulación o de una medición de velocidad.

10 La invención también se refiere a un variador de velocidad que consta de una unidad de tratamiento dispuesta para implementar el procedimiento de control tal como se ha definido con anterioridad.

### **Breve descripción de las figuras**

Se van a mostrar otras características y ventajas en la descripción detallada que viene a continuación hecha en relación con los dibujos adjuntos que se enumeran a continuación:

- 15 - la figura 1 representa un sistema multibomba, estando una de las bombas controlada por un variador de velocidad;
- la figura 2 ilustra, de manera esquemática, el principio de funcionamiento de un procedimiento de control que no forma parte de la invención;
- la figura 3 ilustra, de manera esquemática, el principio de funcionamiento del procedimiento de control de la invención.

### **Descripción detallada de al menos una forma de realización**

20 En referencia a la figura 1, un sistema multibomba consta al menos de dos bombas  $P_1$ ,  $P_2$  conectadas en paralelo. Cada bomba es, por ejemplo, de tipo centrífugo y está destinada a aspirar un fluido por una entrada y a expulsarlo por una salida. Una bomba puede ser de velocidad variable ( $P_1$ ), controlada por un variador VSD de velocidad, o de velocidad fija ( $P_2$ ) controlada por un simple arrancador ST. En un sistema multibomba, al menos una de las dos bombas es de velocidad variable, mientras que la otra puede ser de velocidad variable o de velocidad fija.

A continuación en la descripción, consideramos un sistema multibomba con solo dos bombas  $P_1$ ,  $P_2$  (designadas  $P_n$  de manera general). Por supuesto, la invención se puede aplicar perfectamente a un sistema que conste de más de dos bombas.

30 En el sistema multibomba, las dos bombas  $P_1$ ,  $P_2$  empleadas están conectadas en paralelo. Se alimentan mediante una red RD de distribución eléctrica. De este modo, el sistema consta de un conducto IN de entrada común que une las entradas de las dos bombas  $P_1$ ,  $P_2$  y de un conducto OUT de salida común que une las salidas de las dos bombas  $P_1$ ,  $P_2$ . La bomba  $P_1$  está controlada por un variador VSD de velocidad.

35 El sistema multibomba consta también de un primer sensor de presión situado en el conducto de entrada, con el fin de medir la presión  $P_{IN}$  del fluido en la entrada y de un segundo sensor de presión situado en el conducto de salida con el fin de medir la presión  $P_{OUT}$  del fluido en la salida.

Por otra parte, de manera conocida, cada bomba  $P_1$ ,  $P_2$  está definida por una primera curva ( $HQ_{curva_1}$ ,  $HQ_{curva_2}$ , designada de manera general  $HQ_{curva_n}$ ) característica de bomba. Esta curva ilustra la relación existente entre la altura  $H$  manométrica de la bomba y su caudal  $Q$  volumétrico a la velocidad máxima. La altura  $H$  manométrica de la bomba se expresa en metros mientras que el caudal  $Q$  volumétrico se expresa, por ejemplo, en  $m^3/h$ .

40 El procedimiento de control de la invención se implementa en una unidad UC de tratamiento. Esta unidad UC de tratamiento está, por ejemplo, incluida en el variador VSD de velocidad empleado para el control de una o varias bombas del sistema multibomba.

45 Este procedimiento de control pretende, en primer lugar, determinar una expresión de la altura  $H_{MPS}$  manométrica (por "Multi-Pump System") en función de características del sistema. En el punto de funcionamiento considerado, la altura  $H_{MPS}$  manométrica del sistema multibomba es idéntica para todas las bombas  $P_n$ , ya sean de velocidad fija o de velocidad variable. Las características del sistema multibomba son las siguientes:

- la diferencia  $D_P$  de presión que corresponde a la diferencia entre la presión  $P_{IN}$  medida por el primer sensor en el conducto de entrada y la presión  $P_{OUT}$  medida por el segundo sensor en el conducto de salida;
- el diámetro  $D_{IN}$  del conducto IN de entrada en el punto de medición de la presión;
- 50 - el diámetro  $D_{OUT}$  del conducto OUT de salida en el punto de medición de la presión;
- la diferencia  $Z$  de altura entre los dos puntos de medición de presión.

A partir de estos parámetros característicos del sistema multibomba y del teorema de Bernouilli que se define a continuación, el procedimiento de control puede expresar la altura manométrica:

$$D_P = \rho \cdot g \cdot \left[ H_{MPS} - Z - \left( \left( \frac{4 \cdot Q_{total}}{\pi \cdot D_{OUT}^2} \right)^2 - \left( \frac{4 \cdot Q_{total}}{\pi \cdot D_{IN}^2} \right)^2 \right) / 2 \cdot g \right]$$

donde:

- 5 -  $\rho$  representa la densidad del fluido aspirado por el sistema multibomba;
- $D_P$  representa la diferencia de presión;
- $H_{MPS}$  representa la altura manométrica buscada;
- $Z$  representa la altura geométrica entre el punto de medición de la presión en la aspiración y el punto de medición de la presión en la descarga;
- 10 -  $g$  representa la constante de gravedad;
- $Q_{total}$  representa el caudal total en el conducto de salida.

Se obtiene, entonces:

$$\begin{cases} H_{MPS} = f(D_P, Q_{total}) \\ Q_{total} = \sum Q_{Pn} \end{cases}$$

siendo  $Q_{Pn}$  el que representa el caudal de cada bomba del sistema multibomba.

15 En la forma de realización que no forma parte de la invención ilustrada en la figura 2, el procedimiento de control consiste, en primer lugar, en determinar la altura  $H$  manométrica. Para determinar la altura manométrica  $H_{MPS}$ , la unidad UC de tratamiento lanza un primer módulo M1 de software que recibe en la entrada las características del sistema multibomba, es decir:

- 20 - la diferencia  $D_P$  de presión que corresponde a la diferencia entre la presión  $P_{IN}$  medida por el primer sensor en el conducto de entrada y la presión  $P_{OUT}$  medida por el segundo sensor en el conducto de salida;
- el valor de diámetro  $D_{IN}$  del conducto de entrada;
- el valor de diámetro  $D_{OUT}$  del conducto de salida;
- la diferencia  $Z$  de altura entre los dos puntos de medición de presión por el primer sensor y el segundo sensor.

25 También recibe en la entrada el valor del caudal  $Q_{total}$  total como parámetro de retroalimentación, es decir el caudal total determinado en este caso n-1. El circuito cerrado así formado permite converger de forma natural hacia un valor los más exacto posible de la altura  $H_{MPS}$  manométrica.

Una vez determinada la altura  $H_{MPS}$  manométrica, la unidad UC de tratamiento lanza, para cada bomba  $P_n$ , un segundo módulo M10 de software que permite determinar el caudal  $Q_{Pn}$  en la salida de la bomba. Este módulo recibe en la entrada los siguientes valores:

- 30 - el valor de la altura  $H_{MPS}$  manométrica determinada por el primer módulo de software;
- un valor de la velocidad  $W_n$  de la bomba considerada en el sistema multibomba;
- la curva ( $H_{Q_{curva\_n}}$ ) característica caudal/altura manométrica de la bomba cuyo caudal se busca, que se extrapolará a la velocidad  $W_n$  de la bomba, utilizando las leyes de afinidad de las bombas centrífugas.

35 La velocidad  $W_n$  de la bomba puede derivarse de diferentes fuentes. Para una bomba de velocidad variable, esta velocidad se puede basar en la referencia de velocidad aplicada en la entrada del circuito cerrado de regulación del variador de velocidad o en una medición de velocidad. Para una bomba de velocidad fija, se trata solo de tener en cuenta la dinámica de funcionamiento de la bomba.

40 Una vez que la unidad UC de tratamiento ha determinado el caudal  $Q_{Pn}$  del fluido en la salida de cada bomba, solo hay que sumar estos caudales para obtener el caudal  $Q_{total}$  total. El caudal  $Q_{total}$  total determinado se envía como parámetro de entrada del primer módulo de software de determinación con el fin de converger de forma natural hacia el valor más preciso posible de la altura  $H_{MPS}$  manométrica, y de este modo el del caudal total resultante.

La figura 3 ilustra la forma de realización de la invención. En esta forma de realización, la altura  $H_{MPS}$  manométrica se determina en particular a partir de su expresión definida con anterioridad, en función de las características del

sistema. En la descripción de esta forma de realización, se diferencia la altura  $H_{MPS}$  manométrica del sistema multibomba de la altura  $H_n$  manométrica definida para cada bomba  $P_n$ .

La unidad UC de tratamiento lanza, en primer lugar, un primer módulo M2 de software de determinación de esta expresión de la altura  $H_{MPS}$  manométrica en función del caudal  $Q_{total}$  total y de la diferencia  $D_P$  de presión. Las características introducidas en la entrada del primer módulo M2 son las siguientes:

- 5
- la diferencia  $D_P$  de presión que consiste en la diferencia entre la presión  $P_{IN}$  medida por el primer sensor en el conducto de entrada y la presión  $P_{OUT}$  medida por el segundo sensor en el conducto de salida;
- el valor de diámetro  $D_{IN}$  del conducto de entrada;
- el valor de diámetro  $D_{OUT}$  del conducto de salida;
- 10
- la diferencia  $Z$  de altura entre los dos puntos de medición de presión por el primer sensor y el segundo sensor.

De este modo, tenemos  $H_{MPS} = f(Q_{total}, D_P)$  siendo  $f$  una función.

En paralelo, la unidad UC de tratamiento determina una segunda expresión de la altura  $H_{MPS}$  manométrica del sistema multibomba en función del caudal  $Q_{total}$  total del sistema multibomba. Para ello, la unidad UC de tratamiento determina por medio de un módulo M21 de software, para cada bomba  $P_n$ , su curva ( $H_n = g_n(Q_{P_n}, W_n)$ ) característica que expresa la altura  $H_n$  manométrica de la bomba en función del caudal  $Q_{P_n}$  de la bomba, extrapolada a la velocidad de la bomba considerada utilizando las leyes de afinidad de las bombas centrífugas. Una vez que la unidad UC de tratamiento ha recuperado todas las curvas de bomba, esta recompone por medio de un módulo M20 de software la curva ( $H_{MPS} = g(Q_{total})$ ) global del sistema multibomba.

Para determinar el caudal  $Q_{total}$  total, la unidad UC de tratamiento lanza un módulo M22 de software de determinación del caudal  $Q_{total}$  total a partir de las dos expresiones. Dicho de otro modo, el caudal  $Q_{total}$  total corresponde al punto de intersección de una primera curva correspondiente a la primera expresión ( $H_{MPS} = f(Q_{total}, D_P)$ ) y de una segunda curva correspondiente a la segunda expresión ( $H_{MPS} = g(Q_{total})$ ).

A partir de las dos curvas, la unidad UC de tratamiento también puede deducir, de manera opcional, el valor de la altura  $H_{MPS}$  manométrica del sistema multibomba. Esta altura  $H_{MPS}$  manométrica del sistema multibomba se puede emplear a continuación para determinar (módulo M23 de software) el caudal  $Q_{P_n}$  de cada bomba  $P_n$  por medio de las curvas características de cada bomba, extrapoladas a la velocidad de cada bomba ( $H_n = g_n(Q_{P_n}, W_n)$ ), utilizando las leyes de afinidad de las bombas centrífugas.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de control implementado en una unidad (UC) de tratamiento empleada en el control de un sistema multibomba, comprendiendo dicho sistema multibomba un conducto (IN) de entrada destinado a recibir un fluido, dos bombas ( $P_1$ ,  $P_2$ ) conectadas en paralelo a dicho conducto de entrada y un conducto de salida conectado a las salidas de las dos bombas ( $P_1$ ,  $P_2$ ), estando al menos una de las dos bombas controlada por un variador (VSD) de velocidad, estando dicho procedimiento destinado a determinar el caudal ( $Q_{total}$ ) total del fluido en dicho conducto (OUT) de salida, estando cada bomba ( $P_1$ ,  $P_2$ ) definida por una curva característica caudal-altura manométrica a la velocidad máxima, constando el procedimiento de control de las siguientes etapas:
- determinación de una primera expresión de la altura ( $H_{MPS}$ ) manométrica del sistema multibomba a partir de las características del sistema multibomba, siendo dichas características del sistema:
    - la presión ( $P_{OUT}$ ) del fluido, medida en un primer punto de medición situado en el conducto de salida;
    - la presión ( $P_{IN}$ ) del fluido, medida en un segundo punto de medición situado en el conducto de entrada;
    - el diámetro ( $D_{OUT}$ ) del conducto de salida en el primer punto de medición;
    - el diámetro ( $D_{IN}$ ) del conducto de entrada en el segundo punto de medición;
    - la diferencia ( $Z$ ) de altura entre el primer punto de medición y el segundo punto de medición.
  - determinación de una segunda expresión de la altura ( $H_{MPS}$ ) manométrica del sistema multibomba en función del caudal ( $Q_{total}$ ) total a partir de la velocidad ( $W_n$ ) de cada bomba, y de la curva característica caudal-altura manométrica ( $HQ_{curva\_n}$ ) a la velocidad máxima de cada bomba;
  - determinación del caudal ( $Q_{total}$ ) total del fluido a través del conducto (OUT) de salida a partir de la primera expresión de la altura ( $H_{MPS}$ ) manométrica y de la segunda expresión de la altura ( $H_{MPS}$ ) manométrica, correspondiendo el caudal total a un punto de intersección de una primera curva correspondiente a la primera expresión y de una segunda curva correspondiente a la segunda expresión.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** consta de una etapa de determinación de la altura ( $H_{MPS}$ ) manométrica del sistema multibomba a partir de la primera expresión de la altura manométrica y de la segunda expresión de la altura manométrica.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque**, para cada bomba ( $P_1$ ,  $P_2$ ), consta de una etapa de determinación del caudal ( $Q_{Pn}$ ) a la salida de la bomba a partir de la altura ( $H_{MPS}$ ) manométrica determinada y de la curva ( $HQ_{curva\_n}$ ) característica caudal-altura manométrica de la bomba, extrapolada a la velocidad de la bomba.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la velocidad ( $W_n$ ) de la bomba controlada por el variador de velocidad es determinada a partir de la referencia de velocidad inyectada en un circuito cerrado de regulación o de una medición de velocidad.
5. Sistema multibomba que comprende:
- un conducto (IN) de entrada destinado a recibir un fluido;
  - dos bombas ( $P_1$ ,  $P_2$ ) conectadas en paralelo a dicho conducto de entrada; y
  - un conducto de salida conectado a las salidas de las dos bombas ( $P_1$ ,  $P_2$ ), estando al menos una de las dos bombas controlada por un variador (VSD) de velocidad, estando cada bomba ( $P_1$ ,  $P_2$ ) definida por una curva característica caudal-altura manométrica a la velocidad máxima;
  - constando dicho sistema de una unidad (UC) de tratamiento que comprende:
    - un módulo (M2) de determinación de una primera expresión de la altura ( $H_{MPS}$ ) manométrica del sistema multibomba a partir de las características del sistema multibomba, siendo dichas características del sistema:
      - la presión ( $P_{OUT}$ ) del fluido, medida en un primer punto de medición situado en el conducto de salida;
      - la presión ( $P_{IN}$ ) del fluido, medida en un segundo punto de medición situado en el conducto de entrada;
      - el diámetro ( $D_{OUT}$ ) del conducto de salida en el primer punto de medición;
      - el diámetro ( $D_{IN}$ ) del conducto de entrada en el segundo punto de medición;
      - la diferencia ( $Z$ ) de altura entre el primer punto de medición y el segundo punto de medición.
    - un módulo (M21) de determinación de una segunda expresión de la altura ( $H_{MPS}$ ) manométrica del sistema multibomba en función del caudal ( $Q_{total}$ ) total a partir de la velocidad ( $W_n$ ) de cada bomba, y de la curva ( $HQ_{curva\_n}$ ) característica caudal-altura manométrica a la velocidad máxima de cada bomba; un módulo (M22) de determinación del caudal ( $Q_{total}$ ) total del fluido a través del conducto (OUT) de salida a partir de la primera expresión de la altura ( $H_{MPS}$ ) manométrica y de la segunda expresión de la altura ( $H_{MPS}$ ) manométrica, correspondiendo el caudal total a un punto de intersección de una primera curva correspondiente a la primera expresión y de una segunda curva correspondiente a la segunda expresión.

Fig. 1

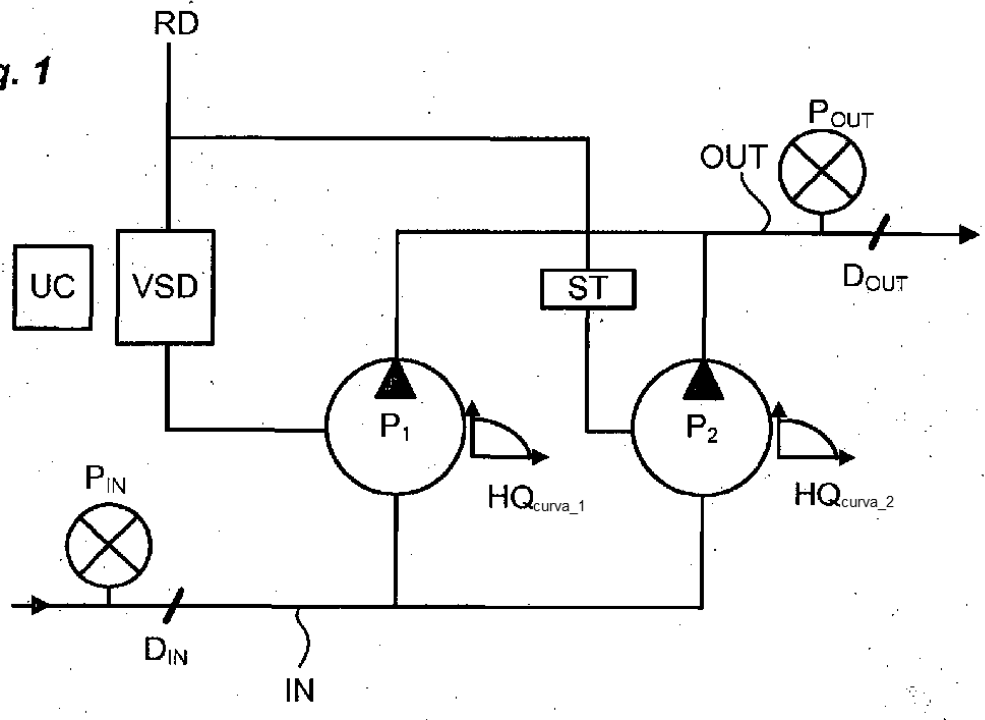


Fig. 2

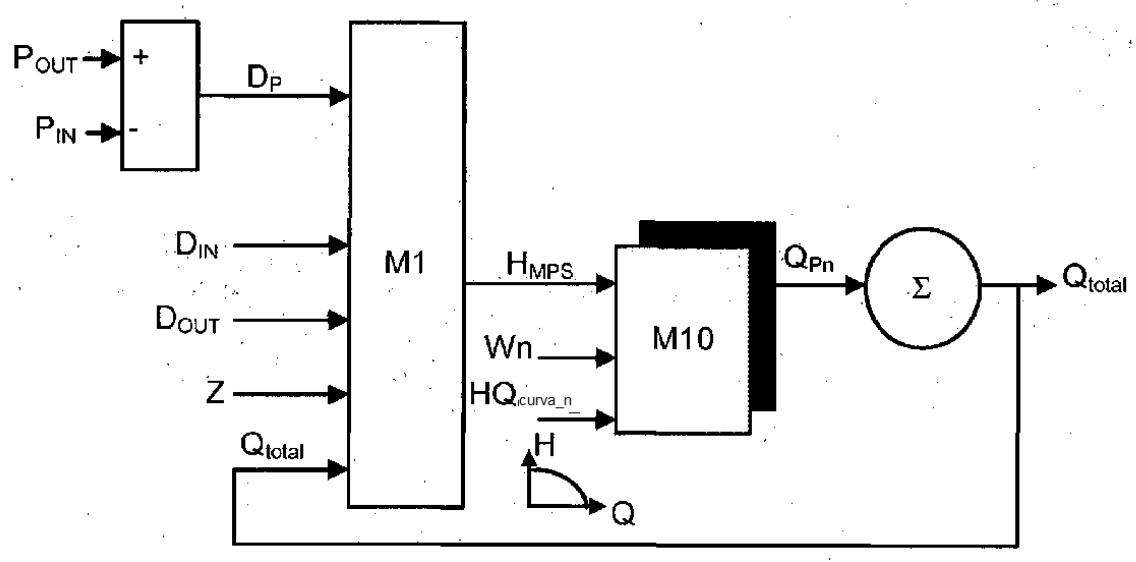


Fig. 3

