

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 915**

51 Int. Cl.:

F03B 13/08	(2006.01)
F03B 15/04	(2006.01)
H02P 9/04	(2006.01)
H02P 101/10	(2015.01)
F03B 15/08	(2006.01)
F03B 15/16	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.10.2015 PCT/JP2015/005343**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.04.2016 WO16063543**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2015 E 15853145 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 3190289**

54 Título: **Sistema de fluido**

30 Prioridad:
23.10.2014 JP 2014216548

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.02.2020

73 Titular/es:
**DAIKIN INDUSTRIES, LTD. (100.0%)
Umeda Center Bldg. 4-12, Nakazaki-nishi 2-
chome Kita-ku
Osaka-shi, Osaka 530-8323, JP**

72 Inventor/es:
**SAKAMOTO, TOMOMI y
SUHARA, ATSUSHI**

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 744 915 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de fluido

Campo técnico

La presente invención se refiere a un sistema de fluido.

5 Antecedentes de la técnica

En la técnica conocida, por ejemplo, un conducto de derivación (circuito de derivación) está conectado en paralelo a un sistema de fluido, en el que un generador es activado a través de una turbina de agua. Al controlar una válvula de control de caudal, que se instala en el conducto de derivación, se controla un caudal en un lado del suministro de agua para que sea constante (véase, por ejemplo, el documento de patente 1). En el ejemplo del documento de patente 1, se proporciona un detector de caudal (medidor de flujo) en el lado de suministro de agua. La frecuencia de la turbina de agua se controla en función del caudal detectado con el medidor de flujo. En el documento JP H09 250442 también divulga un sistema de fluido con un conducto de derivación y un detector de caudal.

Lista de citas

Documentos de patente

15 Documento de Patente 1: Publicación de patente japonesa no examinada n.º 2004-360482

Sumario de la invención

Problema técnico

En general, sin embargo, los medidores de flujo son caros y, por lo tanto, tienden a aumentar los costes del sistema de fluido. Además, es necesario un tubo recto relativamente largo para obtener un grado predeterminado de precisión en un medidor de flujo. Por lo tanto, aparte de los costes de construcción, también el espacio de instalación tiende a aumentar.

En vista del problema anterior, la presente invención trata de proporcionar un sistema de fluido que incluya un circuito de derivación y en el que un caudal total puede ser controlado sin un medidor de flujo.

Solución al problema

25 Para resolver el problema anterior, se proporciona un primer aspecto, relativo a un sistema de fluido según la reivindicación 1.

En esta configuración, el caudal total (QT) estimado se utiliza para poner la máquina de fluido (W) y la válvula de control de caudal (6) bajo control de cooperación, de tal manera que la máquina de fluido (W) y la válvula de control de caudal (6) se acerca al caudal objetivo (QT*) del caudal total (QT).

30 Además, en un segundo aspecto, que es una realización del primer aspecto,

el dispositivo de control (20) puede obtener el caudal total (QT) y la diferencia de altura efectiva (H) en una pluralidad de puntos operativos de la máquina eléctrica giratoria (G) para construir la línea característica de resistencia al flujo (S).

35 En esta configuración, el dispositivo de control (20) es capaz de construir la línea característica de resistencia al flujo (S).

Además, en un tercer aspecto, que es una realización del segundo aspecto,

el dispositivo de control (20) puede ser capaz de renovar la línea característica de resistencia al flujo (S) construida.

En esta configuración, el dispositivo de control (20) es capaz de renovar la línea característica de resistencia al flujo (S).

40 Además, en un cuarto aspecto, que es una realización de cualquiera de los aspectos primero a tercero,

el dispositivo de control (20) puede repetir el control cooperativo de manera que el valor estimado converja con el caudal objetivo (QT*).

En esta configuración, el valor estimado converge al caudal objetivo (QT*).

Además, en un quinto aspecto, que es una realización de cualquiera de los aspectos primero a cuarto,

el dispositivo de control (20) puede realizar el control cooperativo de manera que cualquier estado operativo entre un estado operativo en el que el sistema de fluido, cuya máquina eléctrica giratoria (G) sirve como generador, logre una capacidad máxima de generación de energía, un estado operativo en el que la máquina eléctrica giratoria (G) alcanza la máxima eficiencia, y se obtiene un estado operativo en el que la máquina de fluido (W) logra una máxima eficiencia.

- 5 En esta configuración, la máquina de fluido (W) y la válvula de control de caudal (6) están bajo control cooperativo, de tal manera que pueden obtenerse modos operativos muy eficientes.

Ventajas de la invención

- 10 De acuerdo con el primer aspecto, en un sistema de fluido, que incluye un circuito de derivación, el caudal total puede controlarse sin necesidad de utilizar un medidor de flujo. En consecuencia, se puede esperar que los costes disminuyan y se puede esperar que se ahorre espacio, en comparación con el caso del control de caudal total con un medidor de flujo.

Además, de acuerdo con el segundo aspecto, una línea característica de resistencia al flujo puede construirse fácilmente.

- 15 Además, según el tercer aspecto, la línea característica de resistencia al flujo se renueva apropiadamente, por lo que el caudal se puede estimar en un alto grado de precisión.

Además, según el cuarto aspecto, un caudal total requerido se puede obtener de forma fiable.

Por último, de acuerdo con el quinto aspecto, se hace posible operar el sistema de fluido de manera eficiente.

Breve descripción de los dibujos

- 20 La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra una configuración general de un sistema de tuberías que incluye un sistema de fluido de acuerdo con una primera realización.

La figura 2 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de control y un sistema de interconexión de fuente de energía en una máquina eléctrica giratoria del sistema de fluido.

La figura 3 muestra un mapa característico que se memoriza de antemano por un dispositivo de control proporcionado para el sistema de fluido.

- 25 La figura 4 es un diagrama de bloques que muestra una configuración interna de un dispositivo de control de optimización de operación proporcionado para el dispositivo de control.

La figura 5 es un diagrama de flujo que representa cómo se construye una curva de pérdida del sistema de acuerdo con la primera realización y que explica el control cooperativo.

La figura 6 es un diagrama explicativo que muestra un estado en el que se estima una curva de pérdida del sistema.

- 30 La figura 7 es un mapa característico que explica un estado en el que una turbina de agua y una válvula de control de caudal del sistema de fluido realizan una operación cooperativa.

La figura 8 es un diagrama de flujo que representa cómo se construye una curva de pérdida del sistema de acuerdo con una segunda realización y que explica el control cooperativo.

Descripción de realizaciones

- 35 Se describen realizaciones de la presente invención a continuación con referencia a los dibujos. Debe tenerse en cuenta que las realizaciones anteriores son meramente ejemplos beneficiosos en la naturaleza, y no pretenden limitar el alcance, la aplicación o los usos de la presente invención.

«Primera realización de la invención»

- 40 La figura 1 muestra esquemáticamente una configuración general de un sistema de tuberías (1) que incluye un sistema de fluido (A) según una primera realización de la presente invención. En la figura 1, el sistema de tuberías (1) tiene un extremo aguas arriba y un extremo aguas abajo. Un tanque de almacenamiento (2) para agua (un fluido) está ubicado en el extremo aguas arriba. Un tanque receptor de agua (3) está ubicado en el extremo aguas abajo. Una turbina de agua (W) del sistema de fluido (A) se encuentra en el recorrido del sistema de tuberías (1). Más específicamente, el sistema de tuberías (1) presenta una diferencia de altura y permite que fluya un fluido. La turbina de agua (W) es una máquina de fluido de ejemplo de la presente invención. Una máquina eléctrica giratoria (G) está conectada a un árbol de rotación (9) de la turbina de agua (W). Además, un circuito de derivación (5), que deriva la turbina de agua (W), está conectado al sistema de tuberías (1). Una válvula de control de caudal electromagnética (6) se encuentra en el recorrido del circuito de derivación (5). Más específicamente, la válvula de control de caudal (6) está conectada al sistema de tuberías (1) en paralelo a la turbina de agua (W). La válvula de control de caudal (6) se usa cuando, por ejemplo, una cantidad de agua que se suministra desde el tanque de almacenamiento (2) al sistema de tuberías (1)
- 50

excede un caudal procesable máximo. Luego, la válvula de control de caudal (6) se controla para abrirse de modo que parte de la cantidad de agua que fluye desde el tanque de almacenamiento (2) pase a través del circuito de derivación (5) y fluya de regreso al sistema de tuberías (1) en un lado aguas abajo de la turbina de agua (W).

5 En el sistema de tuberías (1) en la figura 1, una diferencia de altura entre una superficie de agua en el tanque de almacenamiento (2) y una superficie de agua en el tanque receptor de agua (3) se define como una diferencia de altura total (H_0). Una diferencia de altura obtenida restando una diferencia de altura, que es equivalente a una resistencia de tubería hasta que el agua que fluye desde el tanque de almacenamiento (2) a través del sistema de tuberías (1) llega al tanque receptor de agua (3), de la diferencia de altura total (H_0) es una diferencia de altura efectiva (H) en la turbina de agua (W).

10 La figura 2 muestra un sistema de control y un sistema de interconexión de fuente de energía de una máquina eléctrica giratoria (G). En la figura 2, la máquina eléctrica giratoria (G) es un generador que genera una salida. La salida generada se convierte en salida de CC mediante un convertidor (13), y posteriormente se alisa mediante un condensador de alisado (12), se envía a un dispositivo de interconexión del sistema (11) y se devuelve a una fuente de alimentación (10).

15 Por otra parte, se proporciona un dispositivo de control (20) para el sistema de control. El dispositivo de control (20) controla un estado operativo de la máquina eléctrica giratoria (G) a través del convertidor (13). En este ejemplo, el dispositivo de control (20) incluye un microordenador y un dispositivo de memoria en el que se almacena un programa, que opera el microordenador. Un mapa de características (M) -mostrado en la figura 3- se almacena por adelantado en el dispositivo de control (20). El mapa de características (M) registra, en un mapa H-Q, características que son detectables en la máquina eléctrica giratoria (G) y que se correlacionan con el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) en la turbina de agua (W). En el mapa H-Q, la diferencia de altura efectiva (H) del sistema de tuberías (1) se muestra en un eje vertical y el caudal (Q) del agua suministrada a la turbina de agua (W) se muestra en un eje horizontal. En este ejemplo, las características que se correlacionan con el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) son un valor de par (T), una velocidad de rotación y una potencia generada (P) de la máquina eléctrica giratoria (G). Más específicamente, el mapa de características (M) de la presente realización registra una pluralidad de curvas de par constante y curvas de velocidad constante en el mapa H-Q. El mapa de características (M) se almacena en forma de una tabla (tabla matemática) o una fórmula matemática (función) en el programa en el dispositivo de memoria, es decir, en el dispositivo de control (20).

30 En el campo de características (M), un área entre una curva de velocidad de escape con un valor de par cero ($T = 0$), lo que significa que no se aplica carga a la máquina eléctrica giratoria (G), y una curva de velocidad constante con un valor de frecuencia cero ($N = 0$) es un área de turbina de agua (área de operación). En el área de la turbina de agua, básicamente, una corriente hace girar la turbina de agua (W), que acciona nuevamente la máquina eléctrica giratoria (G) que opera como un generador en rotación. Un área a la izquierda de la curva de velocidad de escape es un área de ruptura de la turbina de agua (área de alimentación).

35 En el área de turbina de agua, una pluralidad de curvas de par constante se extiende junto a la curva de velocidad de escape ($T = 0$). En el mapa, un valor de par aumenta junto con el caudal (Q). Además, una pluralidad de curvas de velocidad constante se extiende junto a la curva de velocidad constante con un valor de frecuencia cero ($N = 0$). Cuanto mayor sea la diferencia de altura efectiva (H), más aumenta la frecuencia. Además, las curvas de potencia generadas constantes que se curvan hacia abajo se indican con líneas discontinuas. La potencia generada también aumenta junto con la diferencia de altura efectiva (H) y el caudal (Q). Una curva (E), que conecta los pasos de las curvas de potencia generadas constantemente, es una curva de capacidad de generación de energía máxima que indica dónde la máquina eléctrica giratoria (G) que opera como generador logra una capacidad de generación de energía máxima. El mapa de características (M), que registra el valor de par (T), la velocidad de rotación (N) y la potencia generada (P) de la máquina eléctrica giratoria (G) en el mapa H-Q, no está relacionado con el sistema de tuberías (1) conectado al sistema de fluido (A). El mapa de características (M) es un mapa de características intrínseco al sistema de fluido (A).

50 Una curva de pérdida de sistema (S) del sistema de tuberías (1), que ha sido medido durante una operación real, se registra en el mapa de características (M). Una operación de medición para la curva de pérdida del sistema (S) se describirá en detalle más adelante. La curva de pérdida del sistema (S) es una línea característica de resistencia al flujo intrínseca al sistema de tuberías (1) que se muestra en la figura 1. La diferencia de altura efectiva (H) cuando el caudal (Q) es cero es la diferencia de altura total (H_0). La curva de pérdida del sistema (S) tiene la característica de que la diferencia de altura efectiva (H) disminuye como una curva cuadrática a medida que aumenta el caudal (Q). La curva de pérdida del sistema (S) tiene una curvatura intrínseca al sistema de tuberías (1) de la figura 1. Un caudal total (QT) en el sistema de tuberías (1), que incluye el sistema de fluido (A), y la diferencia de altura efectiva (H) en el caso del caudal total (QT) corresponden a un punto en el curva de pérdida del sistema (S). Por ejemplo, si la válvula de control de caudal (6) está completamente cerrada y el agua fluye solo a la turbina de agua (W), el caudal en la turbina de agua (W) es el caudal total (QT) del sistema de tuberías (1), incluyendo el sistema de fluido (A). Un punto, que corresponde al caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) de la turbina de agua (W) en este momento, se encuentra en la curva de pérdida del sistema (S). En otras palabras, un punto de operación de la turbina de agua (W) se encuentra en la curva de pérdida del sistema (S).

Además, si el agua fluye en la turbina de agua (W) y el circuito de derivación (5), una suma del caudal en la turbina de agua (W) y el caudal en el circuito de derivación (5) (es decir, el caudal en la válvula de control de caudal (6)) es el caudal total (QT) del sistema de tuberías (1), incluyendo el sistema de fluido (A). El caudal total (QT) y la diferencia de altura efectiva (H) en el caso del caudal total (QT) corresponden a un punto que se encuentra en la curva de pérdida del sistema (S), mientras que no hay un punto operativo de la turbina de agua (W) que se encuentra en la curva de pérdida del sistema (S).

La curva de pérdida del sistema (S) determinada también se almacena en el dispositivo de memoria, es decir, el dispositivo de control (20), en forma de una tabla (tabla matemática) o una fórmula matemática (función) en un programa.

Volviendo a la figura 2, un detector de velocidad (21), un dispositivo de control de operación óptimo (22), un controlador de velocidad (23), un controlador de par (24), un controlador de corriente (25) y un selector (26) se proporcionan dentro del dispositivo de control (20). El detector de velocidad (21) recibe una salida de un sensor de corriente (27), que detecta una corriente de salida de la máquina eléctrica giratoria (G), y una salida del controlador de corriente (25), y detecta la velocidad de rotación (N) de la máquina eléctrica giratoria (G).

En base a la velocidad de rotación (N) detectada por el detector de velocidad (21) y el valor de par (T) obtenido del controlador de par (24), el dispositivo de control de operación óptimo (22) calcula (es decir, estima) un punto de operación (la diferencia de altura efectiva (H) y el caudal (Q)) de la turbina de agua (W) en el mapa de características (M), que es un punto de operación correspondiente a esta velocidad de rotación (N) y a este valor de par (T). Luego, el dispositivo de control de operación óptimo (22) calcula un valor de comando de par (T*) o un valor de comando de velocidad de rotación para transitar desde este punto operativo de la turbina de agua (W) a un punto operativo en una curva de capacidad de generación de energía máxima (E) donde se alcanza una capacidad máxima de generación de energía. Además, el dispositivo de control de operación óptimo (22) usa un selector (26) para cambiar entre control de velocidad y control de par de acuerdo con un estado operativo.

Una configuración interna del dispositivo de control de operación óptimo (22) del dispositivo de control (20) se muestra en la figura 4. El dispositivo de control de operación óptimo (22) incluye una unidad de cálculo de caudal (30), una unidad de cálculo de diferencia de altura efectiva (31) y una calculadora de comando de operación óptima (32). La unidad de cálculo de caudal (30) obtiene la velocidad de rotación (N) del detector de velocidad (21) que se muestra en la figura 2, y el valor de par (T) del controlador de par (24), y calcula el caudal (Q) en un punto operativo de la máquina eléctrica giratoria (G), que es un punto operativo en el mapa de características (M) de la figura 3 dependiendo de esta velocidad de rotación (N) y de este valor de par (T). Además, la unidad de cálculo de diferencia de altura efectiva (31) recibe un valor calculado internamente por la unidad de cálculo de caudal (30) (es decir, un valor estimado del caudal (Q)) y la velocidad de rotación (N) del detector de velocidad (21), y calcula la diferencia de altura efectiva (H) en un punto operativo en el mapa de características (M), que es un punto operativo que depende de este caudal (Q) y de esta velocidad de rotación (N). Es decir, la unidad de cálculo de diferencia de altura efectiva (31) estima la diferencia de altura efectiva (H). Basado en el caudal (Q) calculado por la unidad de cálculo de caudal (30) y en la diferencia de altura efectiva (H) calculada por la unidad de cálculo de diferencia de altura efectiva (31), la calculadora de comando de operación óptima (32) calcula un par valor de comando o un valor de comando de velocidad de rotación que permite el tránsito desde el punto de operación de la turbina de agua (W) en el mapa de características (M), que es el punto de operación dependiendo del caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) determinada por cálculo, a un punto operativo en la curva de capacidad de generación de energía máxima (E) donde se alcanza una capacidad de generación de energía máxima.

<Determinación de la curva de pérdida del sistema (S) del sistema de tuberías (1)>

La determinación de la curva de pérdida del sistema (S) se explica en detalle a continuación. La figura 5 es un diagrama de flujo que muestra cómo se construye una curva de pérdida del sistema (S) y se la pone bajo control cooperativo, que se describirá más adelante. En un estado en el que la válvula de control de caudal (6) del sistema de tuberías (1) está cerrada (consulte la Etapa S01), el caso en el que la máquina eléctrica giratoria (G) se opera por primera vez en un punto de operación arbitrario dentro del área de la turbina de agua en el mapa de características (M) -por ejemplo, en un punto operativo (Y) en la curva de capacidad de generación de energía máxima (E) en el mapa de características (M) mostrado en la figura 6- se ejemplificará (en adelante, el punto de operación (Y) también se denomina "punto de pico de capacidad de generación de energía"). En este momento, el dispositivo de control (20) pone la velocidad de rotación (N) y el valor de par (T) de la máquina eléctrica giratoria (G) bajo control de búsqueda secuencial (control MPPT (seguimiento del punto de máxima potencia)) de modo que se alcanza el punto de operación (Y) en la curva de capacidad de generación de energía máxima (E) (Etapa S02). Debe tenerse en cuenta que en el alcance del control MPPT, el dispositivo de control (20) controla una carga, es decir, un convertidor (13), de la máquina eléctrica giratoria (G).

Además, el dispositivo de control (20) cambia el punto de trabajo mientras que la válvula de control de caudal (6) se mantiene en un estado cerrado (véase la etapa S03). Por ejemplo, primero, el dispositivo de control (20) opera la máquina eléctrica giratoria (G) después de haber establecido el valor de comando de par (T*), que se comunica al controlador de par (24), a un valor porcentual predeterminado, por ejemplo, 30% del valor de par actual (To). Después de haber esperado durante un tiempo predeterminado hasta que este estado operativo se haya estabilizado, el

dispositivo de control (20) estima el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) en este punto operativo (etapa S04). Específicamente, el dispositivo de control (20) monitoriza la velocidad de rotación (N) de la máquina eléctrica giratoria (G) -la velocidad de rotación (N) que ha sido detectada por el detector de velocidad (21)- y el valor de par (T) obtenido del controlador de par (24), y determina un caudal (Q) y una diferencia de altura efectiva (H) de un punto operativo en el mapa de características (M), que es un punto operativo que depende de la velocidad de rotación (N) y del valor de par (T) detectado. Luego, el dispositivo de control (20) almacena el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) determinada en el dispositivo de memoria dentro del dispositivo de control (20) (etapa S05).

A continuación, el dispositivo de control (20) establece el valor de instrucción de par (T*) comunicado al regulador de par (24) para los valores de porcentaje de, por ejemplo, 60%, 90% y 120% del valor inicial de par (To) en este orden. El dispositivo de control (20) opera la máquina eléctrica giratoria (G) como se describió anteriormente en los valores de comando de par (T*) establecidos para cada uno de estos valores porcentuales respectivamente, y monitoriza la velocidad de rotación (N) y el valor de par (T) de la máquina eléctrica giratoria (G) durante cada estado de operación. Luego, el dispositivo de control (20) determina un caudal (Q) y una diferencia de altura efectiva (H) de un punto operativo en el mapa de características (M), que es un punto operativo que depende de la información sobre la velocidad de rotación (N) y el valor de par (T) monitorizados. Debe tenerse en cuenta que el valor del comando de par (T*) se establece en un valor en la curva de velocidad de escape igual o mayor que $T = 0$. Cuando se trata de cambiar el estado operativo de la máquina eléctrica giratoria (G), la velocidad de rotación (N) se puede cambiar en lugar del valor del comando de par (T*). Alternativamente, se puede cambiar una combinación de estos valores.

A continuación, el dispositivo de control (20) verifica si se ha obtenido la información con respecto a dos o más puntos de operación, que son necesarios para la construcción de la curva de pérdida del sistema (S) (etapa S06). Si no se ha obtenido la cantidad requerida de puntos de operación, el proceso retrocede a la etapa S03 para cambiar el punto de operación. Después de que se haya cambiado el punto de operación, el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) se estiman en base al mapa de características (M).

Por otro lado, si se ha obtenido la cantidad necesaria de puntos de operación, el dispositivo de control (20) construye la curva de pérdida del sistema (S) (etapa S07). En este ejemplo, como se muestra en la figura 6, se ha obtenido una pluralidad de puntos operativos (Z1) a (Z4) (cuatro puntos en esta descripción). Por lo tanto, los datos con respecto a estos puntos operativos se utilizan para estimar la curva de pérdida del sistema (S) del sistema de tuberías (1). Cuando se trata de estimar la curva de pérdida del sistema (S), específicamente, la curva de pérdida del sistema (S) se calcula utilizando un modelo característico de tubería memorizado de antemano. Este modelo característico de tubería se basa en la característica de que la diferencia de altura efectiva (H) disminuye proporcionalmente al cuadrado del caudal (Q), como se puede ver en la curva de pérdida del sistema (S) que se muestra en la figura 3, es decir, con la característica de que la resistencia de la tubería aumenta proporcionalmente al cuadrado del caudal (Q). Una curva característica del modelo característico de la tubería se expresa como una tabla o fórmula matemática. Con base en los puntos de operación obtenidos y al modelo característico de la tubería expresado por la curva característica, se estima la diferencia de altura total (Ho) del sistema de tuberías (1) y un coeficiente de resistencia de la tubería, y una nueva curva de pérdida del sistema (S) del sistema de tuberías (1) se deriva al interpolar datos de entre los puntos de operación obtenidos. Esta curva de pérdida del sistema (S) se deriva en el área de la turbina de agua, en el área de ruptura de la turbina de agua y en un área a la derecha de la curva de velocidad constante con un valor de frecuencia cero ($N = 0$) (en adelante denominado "área de alto caudal" por motivos de explicación). En este ejemplo, cuando se trata del área de la turbina de agua, la turbina de agua (W) se opera realmente y se realizan mediciones. Cuando se trata del área de alto caudal, se utiliza una fórmula matemática (o un valor numérico) basada en los resultados de medición con respecto al área de la turbina de agua para extrapolar puntos en el área de alto caudal. Con esto, se puede obtener la curva de pérdida del sistema (S) en el área de alto caudal, en la que no se puede operar la turbina de agua (W). La curva de pérdida del sistema (S) del sistema de tuberías (1) construida de esta manera se registra en el mapa de características (M) que se muestra en la figura 3. Específicamente, el dispositivo de control (20) almacena la curva de pérdida del sistema (S) en forma de una tabla o una fórmula matemática relacionada con el mapa de características (M) en el dispositivo de memoria dentro del dispositivo de control (20). Debe tenerse en cuenta que la curva de pérdida del sistema (S) se puede construir si se han obtenido datos de al menos dos puntos de operación.

En la presente realización, cuando se trata de la estimación de la curva de pérdida del sistema (S), el punto de operación (valor de par (T) y la velocidad de rotación (N)) de la máquina eléctrica giratoria (G) ha cambiado varias veces como se describe anteriormente, y el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) en el mapa de características (M) se han obtenido para cada uno de estos puntos de operación, respectivamente. Es decir, la curva de pérdida del sistema (S) del sistema de tuberías (1) se ha construido sin instalar un sensor costoso, tal como un sensor de caudal o un sensor de presión, en el sistema de tuberías (1).

Además, con respecto al momento de la construcción de la curva de pérdida del sistema (S), la curva de pérdida del sistema (S) se puede construir cuando se construye un sistema para la instalación del sistema de fluido (A) en el sistema de tuberías (1). Alternativamente, el dispositivo de control (20) puede estar provisto de la capacidad de renovar la línea característica de resistencia al flujo (S) construida. En este caso, el dispositivo de control (20) puede renovar apropiadamente la línea característica de resistencia al flujo (S) según sea necesario después de que el sistema de fluido (A) se haya ejecutado.

<Operación cooperativa de la turbina de agua (W) y la válvula de control de flujo (6)>

5 En el sistema de fluido (A), el punto de operación de la turbina de agua (W) cambia cuando se opera la válvula de control de caudal (6), y el caudal del circuito de derivación (5) fluctúa cuando el punto de operación de la turbina de agua (W) se cambia. Por lo tanto, en este sistema de fluido (A), es necesario el control cooperativo de la turbina de agua (W) y la válvula de control de caudal (6), es decir, el control que tiene en cuenta tanto el estado de la turbina de agua (W) como el estado de la válvula de control de caudal (6).

10 A continuación, la operación cooperativa de la turbina de agua (W) y la válvula de control de caudal (6) (control cooperativo de la turbina de agua (W) y la válvula de control de caudal (6) por el dispositivo de control (20)) se explicará a través de un ejemplo de caso en el que el caudal objetivo (QT^*) del caudal total (QT) que fluye a través del sistema de tuberías (1) excede un caudal máximo procesable (Q_m) de la turbina de agua (W).

15 En el diagrama de flujo de la figura 5, las etapas S08 a S12 corresponden al control cooperativo. Como el estado operativo inicial de la turbina de agua (W), el control puede iniciarse desde cualquier punto operativo (como el caudal objetivo (QT^*), puede emplearse un valor en el área de la turbina de agua o un valor en el área de alto caudal). Aquí, un caso en el que la turbina de agua (W) opera en un punto operativo (P_a) que tiene un caudal (Q_a) y una diferencia de altura efectiva (H_a) en la curva de pérdida del sistema (S) en el mapa de características (M) que se muestra en la figura 7, es decir, en una intersección entre la curva de pérdida del sistema (S) y la curva de capacidad de generación de energía máxima (E), y en la que la máquina eléctrica giratoria (G) opera a una capacidad de generación de energía máxima, se explicará como un ejemplo. En este momento, la válvula de control de caudal (6) está completamente cerrada. Debe tenerse en cuenta que el dispositivo de control (20) puede estimar el caudal (Q_a) y la diferencia de altura efectiva (H_a) en este momento en función del mapa de características (M). Si la válvula de control de caudal (6) está completamente cerrada, el caudal (Q_a) en la turbina de agua (W) es el caudal total (QT) del sistema de tuberías (1).

25 Ahora se supone que un caudal que supera el caudal procesable máximo (Q_m) de la turbina de agua (W) se requiere como el caudal objetivo (QT^*) del caudal total (QT) que fluye a través del sistema de tuberías (1). En el mapa de características (M) mostrado en la figura 7, este caudal objetivo (QT^*) es un caudal correspondiente a un punto en la curva de pérdida del sistema (S) que, por ejemplo, excede el caudal máximo procesable (Q_m) de la turbina de agua (W) (un caudal en la curva de velocidad constante con el valor de frecuencia cero ($N = 0$)) en un borde derecho del área de la turbina de agua en la figura 7).

30 Cuando se inicia el control cooperativo, el dispositivo de control (20) controla un grado de apertura de la válvula de control de caudal (6) de tal manera que la válvula de control de caudal (6) se abre al grado de apertura de minuto (ancho de paso) se establece previamente y un líquido (agua en este caso) comienza a fluir a través del circuito de derivación (5) (etapa S08). Además, mientras se mantiene el grado de apertura de la válvula de control de caudal (6) tal como está, el dispositivo de control (20) realiza un control de búsqueda secuencial (control MPPT) del estado operativo de la máquina eléctrica giratoria (G) (es decir, el velocidad de rotación (N) o el valor de par (T), o ambos valores) de modo que un punto de operación en la curva de capacidad de generación de energía máxima (E) converja (etapa S09). Por supuesto, la caudal total puede controlarse incluso si se alcanza un punto de operación diferente al punto máximo de la capacidad de generación de energía. Alcanzar el punto máximo de la capacidad de generación de energía es solo un ejemplo.

40 Mediante tal control, el caudal total (QT) del sistema de tuberías (1) aumenta, y el caudal inicial (Q_a) se convierte en un caudal (por ejemplo, un caudal (Q_b)) correspondiente a un punto (P_b) en la curva de pérdida del sistema (S). En este momento, una diferencia de altura equivalente a la resistencia de la tubería en el sistema de tuberías (1) aumenta junto con el caudal total (QT), mientras que la diferencia de altura efectiva disminuye de la diferencia de altura efectiva (H_a) a una diferencia de altura efectiva (H_b). Por otro lado, el caudal en la turbina de agua (W) converge desde el caudal inicial (Q_a) a un caudal (Q_1) ($Q_1 < Q_a$) del punto de operación en la curva de capacidad de generación de energía máxima (E), que es el punto de operación correspondiente a la diferencia de altura efectiva (H_b). En consecuencia, el caudal en la válvula de control de caudal (6) es un caudal ($Q_b - Q_1$), que es una diferencia entre el caudal total actual (QT) del sistema de tuberías (1), es decir, un caudal (Q_b) y el caudal (Q_1) en la turbina de agua (W).

50 A continuación, el dispositivo de control (20) calcula el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) en este punto de operación (etapa S10). Capaz de obtener la velocidad de rotación actual (N) y el valor de par actual (T), el dispositivo de control (20) estima el caudal (Q_1) de la turbina de agua (W) y la diferencia de altura efectiva (H_b), es decir, el punto de operación de la turbina de agua (W), basado en los valores obtenidos y el mapa de características (M) (etapa S10). Si el punto de operación de la turbina de agua (W) se obtiene de esta manera, el dispositivo de control (20) puede estimar el caudal (Q_b), que es el caudal total (QT) correspondiente a la diferencia de altura efectiva (H_b), basado en la diferencia de altura efectiva (H_b) estimada en la etapa S10 y la curva de pérdida del sistema (S) (etapa S11).

55 Como puede verse, con el dispositivo de control (20) poniendo la turbina de agua (W) y la válvula de control de caudal (6) bajo control cooperativo, el caudal total (QT) del sistema de tuberías (1) aumenta desde el caudal (Q_a) hasta el caudal (Q_b). Al mismo tiempo, en el área de la turbina de agua (un área donde la turbina de agua (W) puede operar), el caudal de la turbina de agua (W) se establece en el caudal (Q_1) correspondiente al punto de operación en la curva

de capacidad máxima de generación de energía (E). Como resultado, la máquina eléctrica giratoria (G) puede alcanzar una capacidad máxima de generación de energía con una eficiencia aún mayor. Es decir, el dispositivo de control (20) controla la máquina eléctrica giratoria (G) en un estado operativo que permite que el sistema de fluido (A), que emplea la máquina eléctrica giratoria (G) como generador, logre una capacidad de generación de energía máxima.

5 A continuación, el dispositivo de control (20) compara la velocidad actual total de flujo (QT) y el caudal objetivo presente (QT*) entre sí (etapa S12). Si el caudal total (QT) ha convergido al caudal objetivo (QT*) (por ejemplo, si ambos son iguales), el proceso vuelve al procesamiento realizado en la etapa S10. Si ese no es el caso, el dispositivo de control (20) repite secuencialmente el control del grado de apertura de la válvula de control de caudal (6) de tal manera que
10 la válvula de control de caudal (6) abre otro grado de apertura de minuto (ancho de paso) adicional. Cada vez que la válvula de control de caudal (6) se abre otro minuto más de apertura, el dispositivo de control (20) realiza un control de búsqueda secuencial (control MPPT) del estado operativo de la máquina eléctrica giratoria (G), de modo que un punto operativo en la curva de capacidad de generación de energía máxima (E) converge (etapas S08 a S12).

Mediante tal control, el caudal en la válvula de control de caudal (6) aumenta gradualmente, y el caudal total (QT) del sistema de tuberías (1) aumenta desde el caudal (Qb) hacia el caudal objetivo (QT*), que excede el caudal máximo procesable (Qm) de la turbina de agua (W). Por otro lado, el caudal de la turbina de agua (W) disminuye hacia abajo a la izquierda en la curva de capacidad de generación de energía máxima (E) en la figura 7. Es decir, el dispositivo de control (20) realiza un control cooperativo de la turbina de agua (W) y la válvula de control de caudal (6), de modo que un valor estimado del caudal total (QT) del sistema de tuberías (1) se acerca al caudal objetivo (QT*) del caudal total (QT) en el sistema de tuberías (1).

20 Cuando el caudal total (QT) ha convergido al caudal objetivo (QT*), el caudal en la válvula de control de caudal (6) es un caudal (QT - QE), que es una diferencia entre el caudal objetivo (QT*) y un caudal (QE) en la turbina de agua (W). El caudal total (QT) en el área de alto caudal se puede controlar de esta manera porque la curva de pérdida del sistema (S) se ha extrapolado a esta área. Por supuesto, no hace falta decir que el dispositivo de control (20) puede estimar el caudal total (QT) en el área de la turbina de agua.

25 <Ventajas de la primera realización>

Como puede verse a partir de la descripción anterior, según la presente realización, en un sistema de fluidos, que incluye un circuito de derivación, la tasa de flujo total puede ser controlado sin necesidad de utilizar un medidor de flujo. En consecuencia, se puede esperar que los costes inferior y se puede esperar que se ahorre espacio en comparación con el caso del control de caudal total con un medidor de flujo. Además, el caudal total puede controlarse durante la operación tanto en el área de la turbina de agua como en el área de alto caudal.

Además, en la presente realización, mediante la realización de control cooperativo de la turbina de agua (W) y la válvula de control de caudal (6), una capacidad máxima de generación de energía alcanzable en el caudal total (QT) se puede lograr mantener el caudal total (QT) del sistema de tuberías (1) como el caudal objetivo (QT*). Es decir, se puede realizar una operación muy eficiente. Esta operación muy eficiente se puede realizar tanto en el área de la turbina de agua como en el área de alto caudal. En consecuencia, en la presente realización, por ejemplo, en un caso
35 en el que se proporciona un valor desde dentro del área de la turbina de agua como el caudal objetivo (QT*) del caudal total (QT), el dispositivo de control (20) puede, por ejemplo, controlar la válvula de control de caudal (6) para que se abra de manera que el punto de operación de la turbina de agua (W) se controle para acercarse a un punto en la curva de capacidad de generación de energía máxima (E).

40 Además, después de que el sistema de fluido (A) se ha activado, es posible mantener un alto grado de precisión en la estimación del caudal y la diferencia de altura efectiva permitiendo que el dispositivo de control (20) renove la curva de pérdida del sistema (S) según sea necesario.

«Segunda realización de la invención»

45 En una segunda realización, se explicarán ejemplos distintos del proceso de construcción de la curva de pérdida del sistema.

La figura 8 es un diagrama de flujo que representa cómo se construye una curva de pérdida del sistema (S) según la segunda realización. Este proceso incluye las etapas S21 a S25 y las etapas S07 a S12. Las etapas S08 a S12 constituyen el proceso de realizar el control cooperativo, y son las mismas que las descritas en la primera realización. Por otro lado, las etapas S21 a S25 y la etapa S07 constituyen el proceso de construcción de la curva de pérdida del sistema (S). Entre otros, las etapas S21 a S25 son diferentes de las de la primera realización. El flujo se describirá más adelante con un enfoque en aspectos diferentes de la primera realización.

Además, en la presente realización, tal como se muestra en la figura 8, el dispositivo de control (20) cierra la válvula de control de caudal (6) completamente, de modo que la turbina de agua (W) comienza a operar (etapa S21). En este estado, el dispositivo de control (20) establece un punto operativo en un estado inicial adecuado (etapa S22). A continuación, después de haber esperado un tiempo predeterminado hasta que el estado operativo en este punto operativo se haya estabilizado, el dispositivo de control (20) estima el punto operativo (etapa S23). También al estimar el punto de operación de esta realización, el dispositivo de control (20) monitoriza la velocidad de rotación (N) de la

máquina eléctrica giratoria (G), que ha sido detectada por el detector de velocidad (21), y el valor de par (T) obtenido del controlador de par (24), y determina el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) de un punto operativo en el mapa de características (M), que es un punto operativo que depende de la velocidad de rotación (N) y del valor de par (T) detectado. Luego, el dispositivo de control (20) almacena el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) determinada en el dispositivo de memoria dentro del dispositivo de control (20) (etapa S24).

A continuación, el dispositivo de control (20) verifica si el presente punto de operación es el punto de pico de la capacidad de generación de potencia (etapa S25). Si esta verificación muestra que, por ejemplo, no se ha alcanzado el punto máximo de la capacidad de generación de energía, el proceso vuelve a la etapa S22 y se cambia el punto operativo. Luego, se estima el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) en el punto de operación modificado. El caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) obtenida por esta estimación se almacenan en el dispositivo de memoria (etapas S23 a S24). Debe tenerse en cuenta que la curva de pérdida del sistema (S) se puede construir (estimar) si se han obtenido datos sobre al menos dos puntos de operación. En general, sin embargo, se puede obtener una cantidad suficiente de datos para estimar la curva de pérdida del sistema (S) cambiando repetidamente el punto operativo hasta que el punto operativo converja con el punto máximo de la capacidad de generación de energía.

Si la verificación de la etapa S25 indica que el punto de operación ha alcanzado el punto máximo de la capacidad de generación de energía, el dispositivo de control (20) calcula la curva de pérdida del sistema (S) (etapa S07). En la presente realización, la curva de pérdida del sistema (S) se estima de la misma manera que en la primera realización. Por lo tanto, cuando se trata del área de alto caudal, se utiliza una fórmula matemática (o un valor numérico) basada en los resultados de medición con respecto al área de la turbina de agua para extrapolar puntos en el área de alto caudal de la misma manera que en el primer realización, y para estimar la curva de pérdida del sistema (S) para el área de alto caudal.

La curva de pérdida del sistema (S) estimado de esta manera también se puede usar para el control de cooperativa (etapas S08 a S12). Las etapas S08 a S12 que se muestran en la figura 8 son los mismos que los de la primera realización, y también en la presente realización el caudal total puede controlarse sin usar un medidor de flujo. Es decir, en la presente realización se pueden obtener los mismos efectos que en la primera realización.

«Otras realizaciones»

En la realización anterior, el estado de operación de la máquina eléctrica giratoria (G) se controla de tal manera que se consigue una capacidad máxima de generación de energía. Sin embargo, la presente invención no se limita a esto. La máquina eléctrica giratoria (G) también puede controlarse para alcanzar un estado operativo predeterminado. Por ejemplo, en lugar de la curva de capacidad de generación de energía máxima (E), una curva que muestra la eficiencia de la máquina eléctrica giratoria (G), de la turbina de agua (W) o del convertidor (13) puede almacenarse en el dispositivo de control (20) como información contenida en el mapa de características (M). La máquina eléctrica giratoria (G) puede operar en un punto operativo en el que la eficiencia determinada por esta curva es máxima. Es decir, un estado operativo en el que la eficiencia de la máquina eléctrica giratoria (G), de la máquina de fluidos (W) o del convertidor (13) es máxima puede usarse como índice en el caso en que el dispositivo de control (20) pone la máquina eléctrica giratoria (G) y la válvula de control de caudal (6) bajo control cooperativo.

Además, como se muestra en la figura 3, una curva de pérdida del sistema (S), que muestra la diferencia de altura efectiva (H) en su eje vertical y el caudal (Q) en su eje horizontal, se ha empleado como la línea característica de resistencia al flujo del sistema de tuberías (1). Sin embargo, dado que la diferencia de altura efectiva (H) y la diferencia de presión entre ambos lados de la turbina de agua (W) tienen una relación lineal, una curva de pérdida del sistema (S) que muestra la diferencia de presión (diferencia de presión efectiva) entre ambos lados de la turbina de agua (W) en su eje vertical es equivalente a una curva de pérdida del sistema (S) que muestra la diferencia de altura efectiva (H) en su eje vertical. Es decir, es posible emplear una curva de pérdida del sistema, que muestra la diferencia de presión entre ambos lados de la turbina de agua (W) en su eje vertical y el caudal (Q) en su eje horizontal.

Además, en las realizaciones anteriores, el punto de operación en el mapa de características (M) de la máquina eléctrica giratoria (G) se ha obtenido en base a la velocidad de rotación (N) y el valor de par (T). Sin embargo, como alternativa, el punto de operación puede obtenerse combinando la velocidad de rotación (N) o el valor de par (T) con una potencia generada (P). Es decir, las características de la máquina eléctrica giratoria (G) utilizada para el mapa de características (M) se correlacionan con el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) en la turbina de agua (máquina de fluido). Siempre que estas características sean detectables, las características no se limitan a la velocidad de rotación (N) y al valor de par (T).

Además, siempre que es posible relacionar las características (es decir, los detectables) de la máquina eléctrica giratoria (G) al caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) en la turbina de agua (W), la turbina de agua (W) y la máquina eléctrica giratoria (G) incluida en el sistema de fluido (A) no tienen una forma particularmente limitada. Por ejemplo, incluso si la operación de la turbina de agua (W) no puede ajustarse mediante la máquina eléctrica giratoria (G), gracias a la realización anterior, el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) aún pueden estimarse.

Además, en la realización anterior, el dispositivo de control (20) controla tanto la máquina eléctrica giratoria (G) y la válvula de control de caudal (6). Alternativamente, por supuesto, se puede proporcionar un primer dispositivo de control

que controla la máquina eléctrica giratoria (G), y un segundo dispositivo de control que controla la válvula de control del caudal (6), e información sobre el estado operativo de la máquina eléctrica giratoria (G) y el grado de apertura de la válvula de control de caudal (6) puede entrar y salir entre estos dos dispositivos de control, de modo que el dispositivo de control de la presente invención esté configurado como el primer y el segundo dispositivos de control.

5 Aplicabilidad industrial

La presente invención es útil para un sistema de fluido.

Descripción de caracteres de referencia

	A	Sistema de fluido
	G	Máquina eléctrica giratoria
10	W	Turbina de agua (máquina de fluido)
	1	Sistema de tuberías
	5	Circuito de derivación
	6	Válvula de control de caudal
	9	Árbol de rotación
15	20	Dispositivo de control

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de fluido, que comprende:
una máquina de fluido (W) instalada en un sistema de tuberías (1) que tiene una diferencia de altura y a través de la cual fluye un fluido;
- 5 una máquina eléctrica giratoria (G) conectada a un árbol de rotación (9) de la máquina de fluido (W);
una válvula de control de caudal (6) instalada en un circuito de derivación (5) que está conectada en paralelo a la máquina de fluido (W); y
un dispositivo de control (20), que está configurado para estimar un caudal (Q) y una diferencia de altura efectiva (H) en la máquina de fluido (W) basada en un
- 10 un valor de par, una velocidad de rotación y una potencia generada de la máquina eléctrica giratoria;
estimar un caudal total (QT) en el sistema de tuberías (1) basado en una línea característica de resistencia al flujo (S) que indica una relación entre la diferencia de altura efectiva (H), el caudal total (QT) y las diferencias de altura total (Ho) en el sistema de tuberías (1), y en el caudal (Q) y la diferencia de altura efectiva (H) estimada,
- 15 realizar un control cooperativo de la máquina de fluido (W) y la válvula de control de caudal (6) de modo que el valor estimado de un caudal total (QT) se acerque a un caudal objetivo (QT*) del caudal total (QT) en el sistema de tuberías (1).
2. El sistema de fluido de la reivindicación 1, en el que
el dispositivo de control (20) obtiene el caudal total (QT) y la diferencia de altura efectiva (H) en una pluralidad de puntos operativos de la máquina eléctrica giratoria (G) para construir la línea característica de resistencia al flujo (S).
- 20 3. El sistema de fluido de la reivindicación 2, en el que
el dispositivo de control (20) es capaz de renovar la línea característica de resistencia al flujo (S) construida después de la activación del sistema de fluido (A).
4. El sistema de fluido de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que
el dispositivo de control (20) repite el control cooperativo de manera que el valor estimado converja con el caudal objetivo (QT*).
- 25 5. El sistema de fluido de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que
el dispositivo de control (20) incluye, como un mapa de características (M), cualquiera de una curva de capacidad de generación de energía máxima (E) en la que se alcanza una capacidad de generación de energía máxima e indica una característica de la máquina eléctrica giratoria (G) como un generador, una curva que muestra la eficiencia de la máquina eléctrica giratoria (G), una curva que muestra la eficiencia de la turbina de agua (W) y una curva que muestra la eficiencia de un convertidor (13) y, en el control corporativo, la turbina de agua (W) opera en un punto de operación en el cual la eficiencia determinada por cualquiera de las curvas es máxima.
- 30

FIG.1

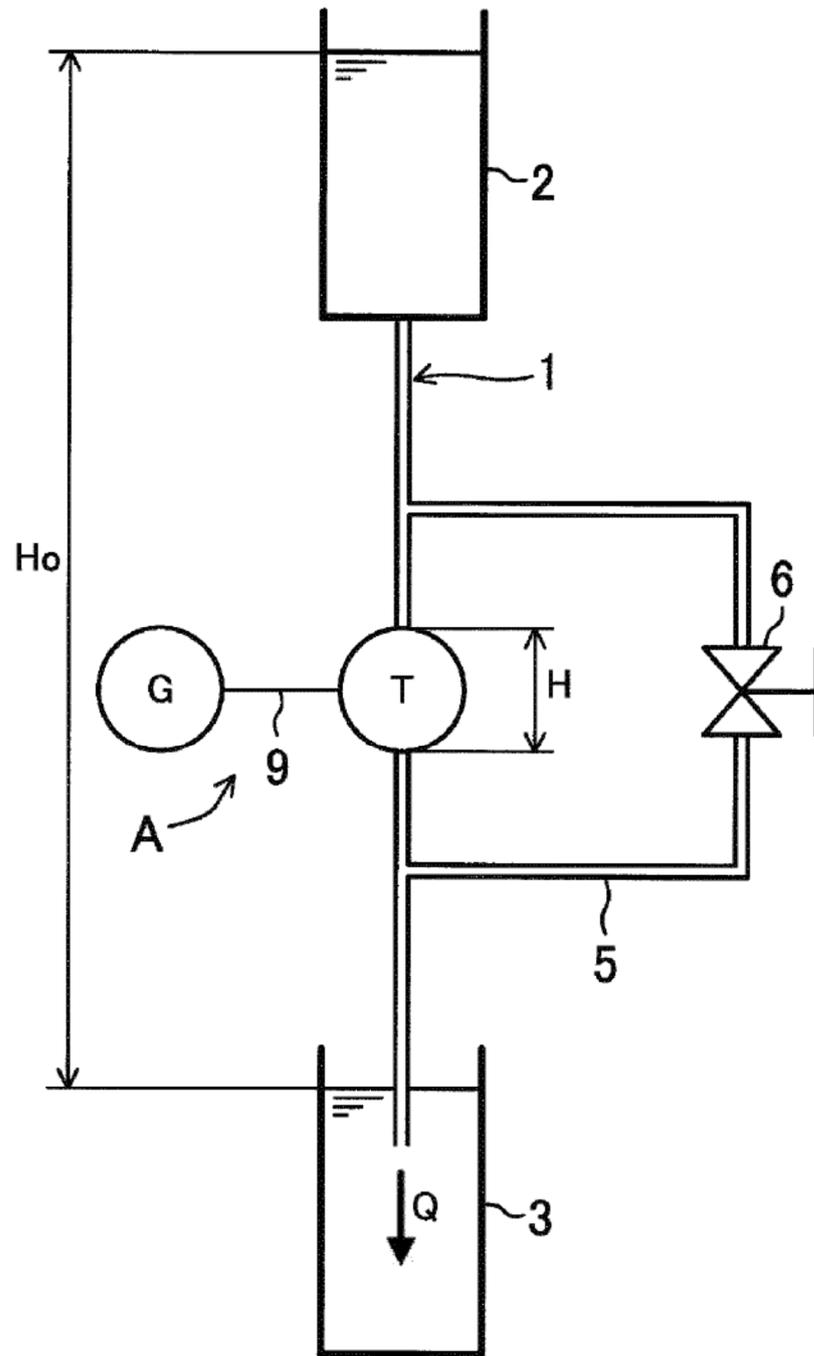


FIG.2

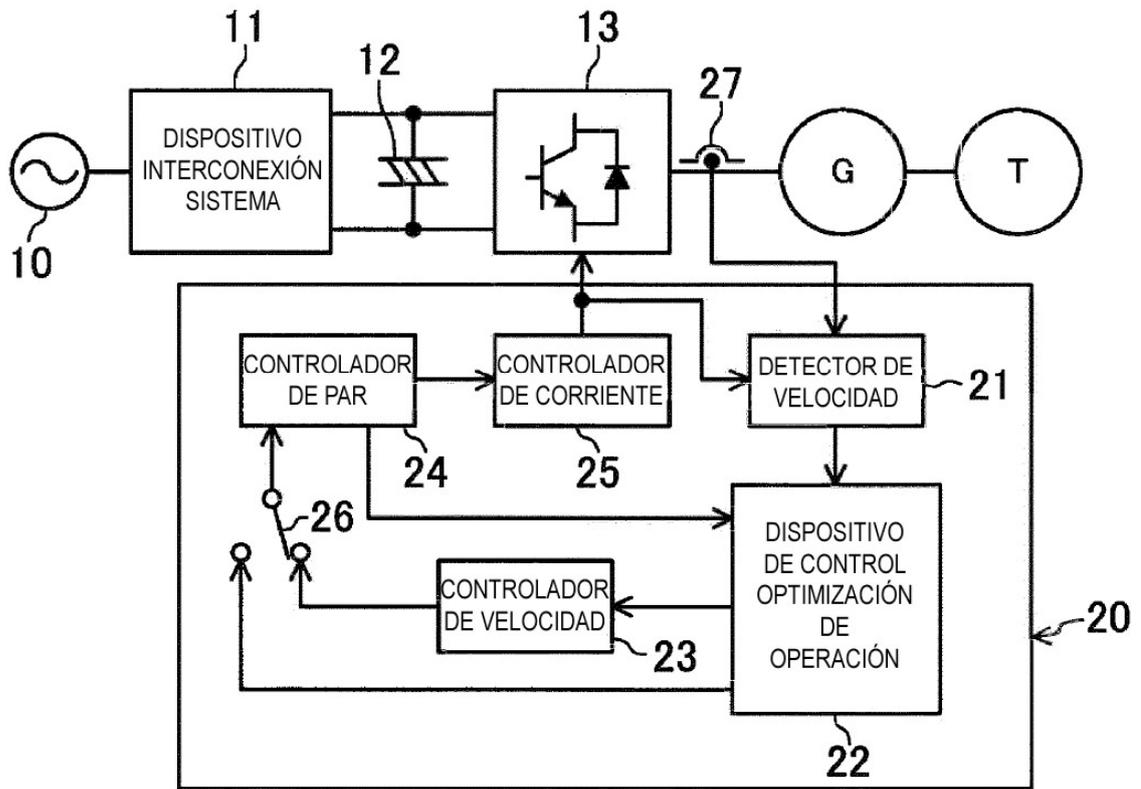


FIG.3

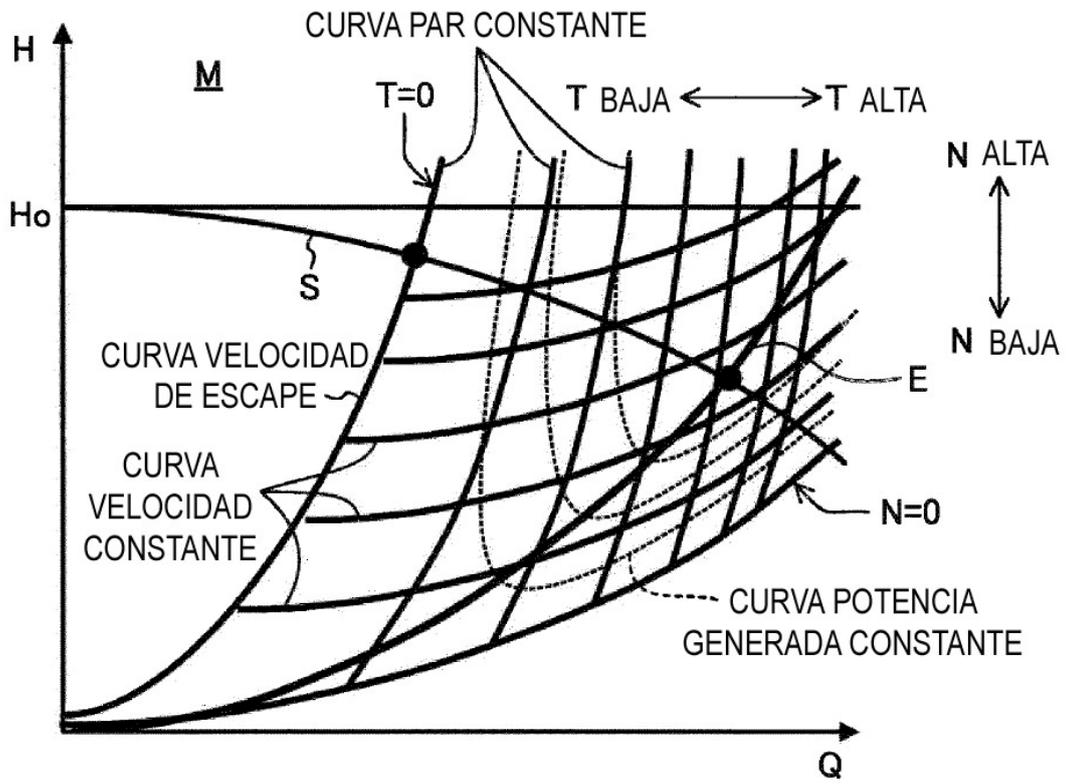


FIG.4

22

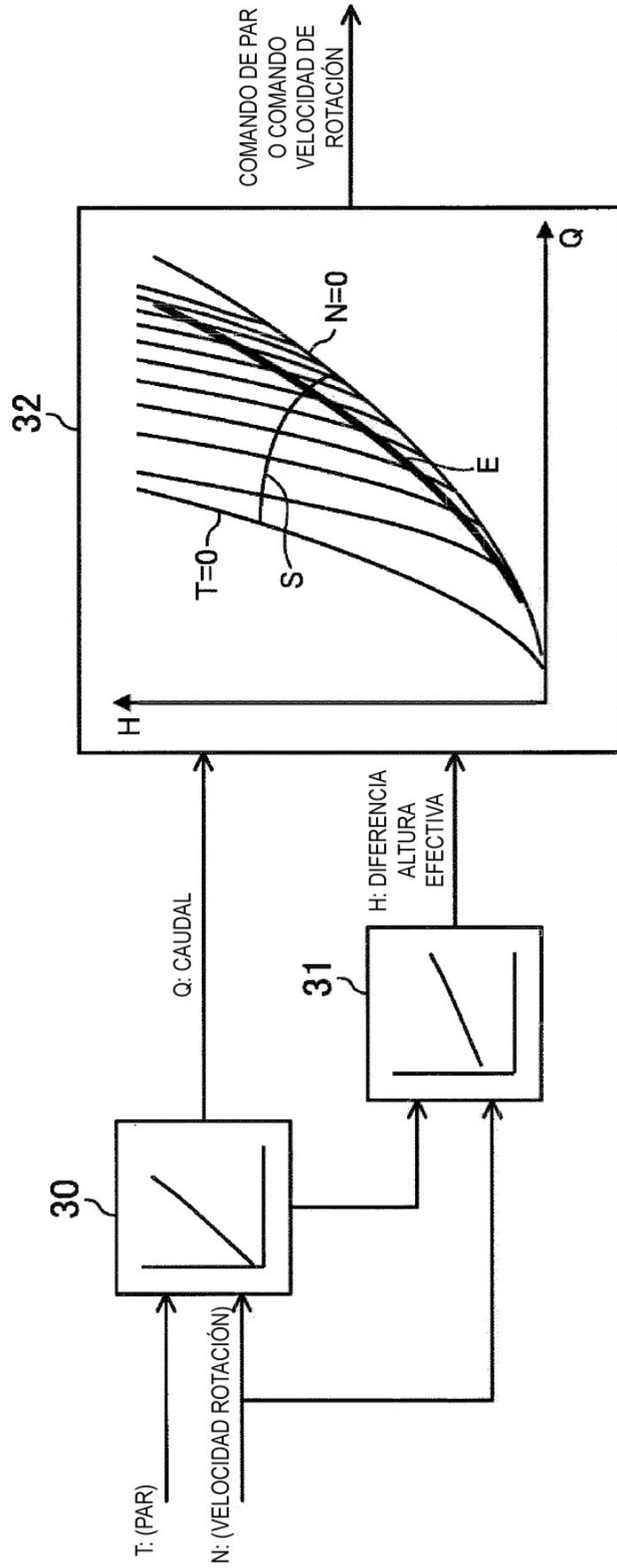


FIG.5

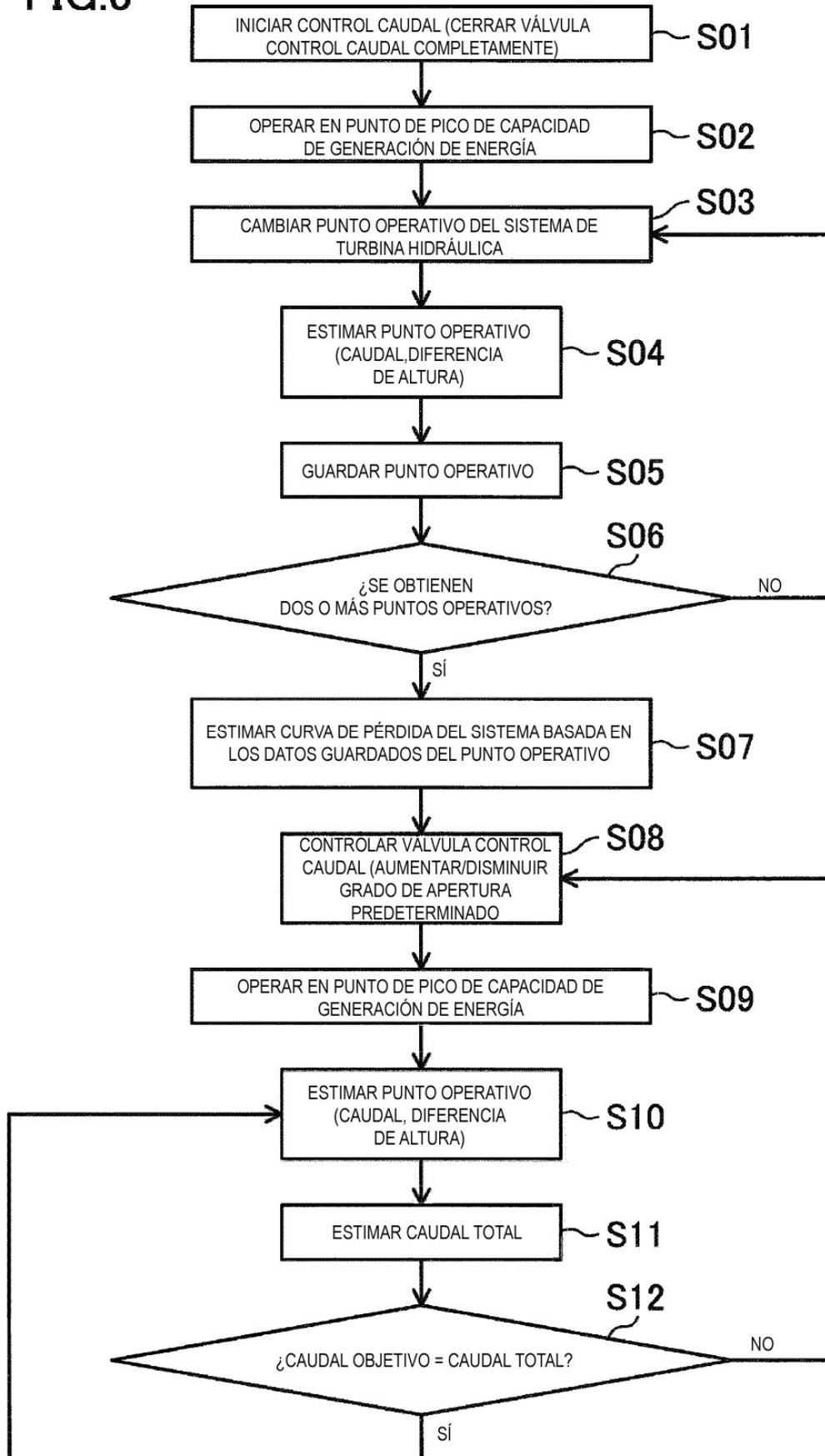


FIG.6

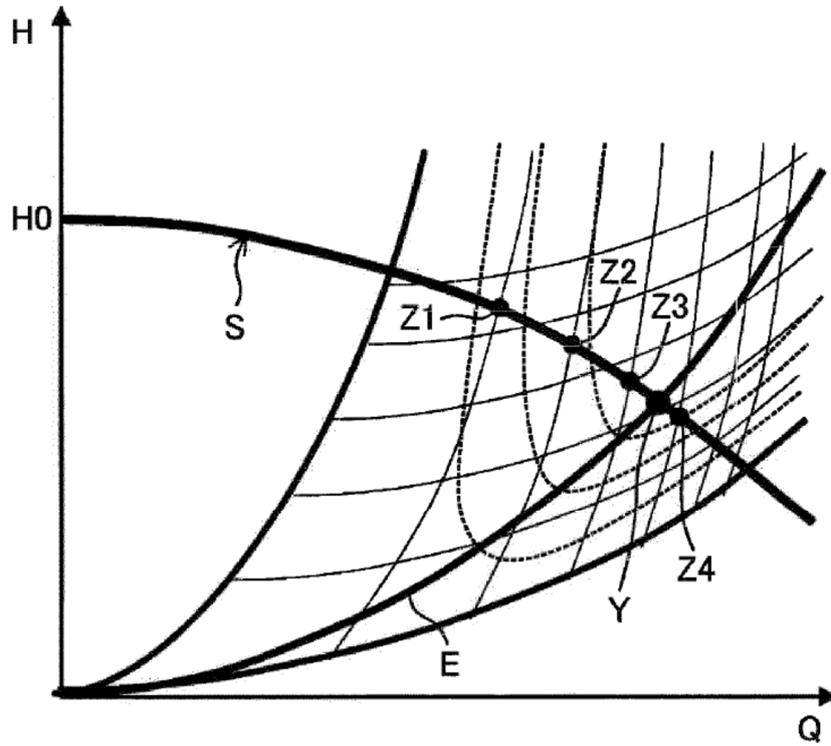


FIG.7

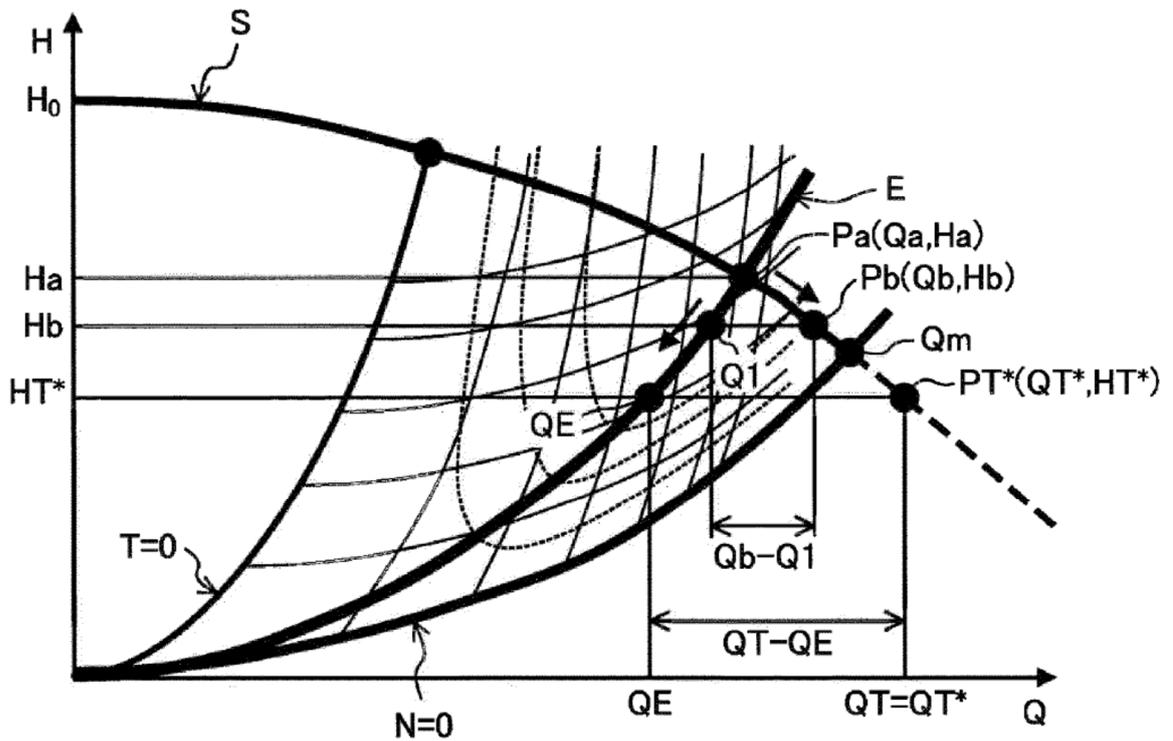


FIG.8

