

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 786 903**

51 Int. Cl.:

E02B 13/00 (2006.01)

G05B 19/00 (2006.01)

G05D 7/06 (2006.01)

F17D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.09.2014 PCT/AU2014/050208**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.03.2015 WO15031954**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2014 E 14841712 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2020 EP 3041997**

54 Título: **Procedimiento de gestión y control de la demanda de redes de tuberías de fluido**

30 Prioridad:

04.09.2013 AU 2013903383

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

14.10.2020

73 Titular/es:

**RUBICON RESEARCH PTY LTD. (100.0%)
1 Cato Street
Hawthorn East, VIC 3122, AU**

72 Inventor/es:

**AUGHTON, DAVID, JOHN y
CHOY, SUMITH**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 786 903 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 gestión y control de la demanda de redes de tuberías de fluido

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de gestión y control de la demanda para redes de conductos cerrados de fluido de carga de presión limitada o alimentados por gravedad, y se refiere especialmente, aunque no exclusivamente, a un procedimiento de gestión y control de la demanda para redes de tuberías de riego por agua de carga de presión limitada o alimentadas por gravedad.

Antecedentes de la invención

10 En nuestra patente de Estados Unidos n.º 7.152.001 se desvela un sistema basado en ordenador para predecir el nivel de fluido en una red de flujo de fluido. El sistema ha tenido mucho éxito, ya que puede usar mediciones pasadas y presentes de parámetros para predecir y controlar el nivel y el flujo del fluido. El sistema recopila datos de niveles de fluido y posiciones de apertura de reguladores o válvulas de manera temporizada para proporcionar un modelo a partir del que pueden determinarse en tiempo real los niveles y el flujo del fluido.

15 En nuestra solicitud de patente internacional n.º PCT/AU2012/000907 (publicada como WO 2013/016769) se desvela un procedimiento de gestión de la demanda para redes de fluido. El procedimiento incluye las etapas de:

- proporcionar una red de fluido controlada por ordenador para el suministro de fluido a al menos un cliente;
- mantener una base de datos en tiempo real dentro de la red de fluido controlada por ordenador de parámetros predeterminados;
- 20 • solicitar un caudal y un tiempo de suministro de dicho fluido desde la red de fluido a través de una interfaz de usuario a un cliente;
- determinar, usando unos parámetros predeterminados de la base de datos en tiempo real, la posibilidad de proporcionar el suministro de fluido desde la red de fluido al cliente basándose en la capacidad hidráulica de la red de fluido; y
- 25 • si la capacidad hidráulica está disponible, calcular los parámetros usando la base de datos en tiempo real para suministrar el fluido al cliente a través de la red de fluido controlada por ordenador.

El procedimiento puede aplicarse tanto a conductos cerrados (red de tuberías) como a conductos abiertos (redes de canales). Las redes de tuberías por gravedad operan habitualmente dentro de una carga de presión limitada y, por lo tanto, están limitadas en su capacidad para satisfacer la demanda.

30 Se usarían modelos conocidos para redes de tuberías en la gestión de la demanda de estas redes. Los datos del sistema SCADA se usarían para calibrar y ajustar con precisión de manera continua el modelo de la red de transporte de tuberías basándose en las técnicas de identificación de sistemas. La medición del flujo y las mediciones de la carga de presión se localizarían en puntos de la red de tuberías que se considerarían necesarios para calibrar el modelo con la precisión deseada. Los puntos de suministro a los usuarios son la forma principal de control usada con una red de tuberías. El controlador para una red de tuberías es mucho más simple que para una red de canales, siendo la forma principal de control el mantenimiento del flujo en el mismo punto de suministro que el del pedido.

40 El control y gestión de la demanda puede aplicarse especialmente a las redes de tuberías por gravedad habitualmente usadas para el suministro de agua de riego. Han surgido dificultades para implementar tales sistemas, ya que las redes de tuberías por gravedad operan habitualmente dentro de una carga de presión limitada y, por lo tanto, están limitadas en su capacidad para satisfacer continuamente la demanda. Habitualmente, las tuberías por gravedad también operan a cargas de presión más baja donde habrá una mayor interacción entre los flujos en las salidas debido a las operaciones de válvula. En consecuencia, suponiendo que todos los parámetros, tales como el diámetro de tubería, el caudal, el tamaño de válvula, etc., sean los mismos, cuanto mayor sea la carga de presión estática (por ejemplo, del bombeo), menos sensible será el impacto de las fluctuaciones de flujo debido a las operaciones de válvula (por ejemplo, apertura o cierre de válvula) en otras válvulas en funcionamiento.

45 La figura 1 ilustra por qué las válvulas operativas son menos sensibles a las variaciones de flujo en la tubería de suministro (por ejemplo, con respecto a otras válvulas de apertura y cierre) con una carga de presión más alta en la tubería. La figura 1 muestra una gráfica de la línea de gradiente hidráulico o carga de presión frente a la posición de válvula para una presión alta en la línea 10 y para una línea de gradiente hidráulico o carga de presión de baja presión o alimentada por gravedad en la línea 12. La tubería alimentada por gravedad 14 se muestra en pendiente con dos válvulas 16 y 18. Aunque la tubería 14 se muestra en pendiente, podría ser horizontal si el suministro de agua se elevase para proporcionar la carga de presión requerida. Para la línea 10, la tubería 14 se acoplaría a una bomba (no mostrada) para producir una carga de presión alta. La explicación sigue a continuación:

1. Supóngase que la tubería 14 física opera tanto en un estado de baja presión (LP) como en un estado de alta

presión (HP), y para una válvula operativa específica que suministra fluido fuera de la tubería 14.

2. Supóngase inicialmente que la tubería 14 de suministro está operando al mismo caudal Q_1 en ambos estados.

3. Se produce un cambio en el flujo en la tubería 14 de suministro (debido a que otras válvulas 16, 18 se ponen en marcha y se detienen) para ambos estados.

5
$$\Delta Q = Q_1 - Q_2$$

4. El cambio en la carga de presión, Δh , en la válvula operativa 16 debido al cambio en el flujo ΔQ , es el mismo para ambos estados. (Pueden aplicarse ecuaciones conocidas de flujo de tubería frente a carga de presión, por ejemplo, la ecuación de Colebrook-White, las fórmulas de Manning)

5. La pérdida de carga a través de la válvula 16 se determina de la siguiente manera:

10
$$h = K \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

donde

h = pérdida de presión en términos de carga de fluido, es decir, pérdida de carga de fluido

K = el factor "K" de válvula (se supone constante) para la apertura de válvula especificada

v = velocidad del fluido

15 g = aceleración debida a la gravedad

6. Supóngase que el mismo flujo inicial y , por lo tanto, la velocidad, a través de la válvula 16 operativa en ambos estados LP y HP son iguales

$$v_{LP1} = v_{HP1}$$

$$\frac{h_{LP1}}{K_{LP}} = \frac{h_{HP1}}{K_{HP}}$$

20 7. Con $h_{LP1} \ll h_{HP1}$

$$K_{LP} \ll K_{HP}$$

donde K_{LP} y K_{HP} representan los diferentes factores K para las diferentes aperturas de válvula en cualquier estado de presión, es decir, la válvula 16 tendrá una apertura mayor en el estado LP que en el estado HP.

8. Cuando se introduce un cambio de la carga de presión, Δh , el cambio en la carga de presión a través de la válvula 16 para cada estado es $h_{LP2} = h_{LP1} - \Delta h$, y $h_{HP2} = h_{HP1} - \Delta h$ respectivamente. El cambio relativo en la carga a través de la válvula es mayor en el estado LP que en el estado HP.

9. Suponiendo que la válvula 16 permanece en la misma posición de apertura para cada estado, y, por lo tanto, los factores K permanecen iguales, la nueva velocidad para cada estado es:

$$v_{LP2} = \sqrt{(h_{LP1} - \Delta h)2g/K_{LP}}$$

30
$$v_{HP2} = \sqrt{(h_{HP1} - \Delta h)2g/K_{HP}}$$

10. Se verá que las velocidades resultantes para cada estado debido al cambio de carga de presión, Δh , son:

$$(v_{LP2} - v_{LP1}) \gg (v_{HP2} - v_{HP1})$$

El cambio en la velocidad y , por lo tanto, el flujo a través de la válvula es mucho mayor para el estado LP que para el estado HP.

35 Las tuberías de mayor presión (por ejemplo, bombeadas) con válvulas y flujómetros de menor diámetro tienen menos interacción entre las válvulas operativas que las tuberías de baja presión con válvulas y flujómetros de mayor diámetro. En los sistemas de alta presión, las válvulas pueden colocarse manualmente en una apertura establecida para lograr un cierto flujo, y el flujo no se verá afectado significativamente por la operación de las otras válvulas (por ejemplo, la apertura o el cierre de válvulas) en la tubería. En cambio, las tuberías de baja presión requieren un sistema integrado de control y gestión de la demanda para gestionar la interacción de válvulas dentro de las estrictas condiciones de línea de gradiente hidráulico.

40 La figura 2 muestra la tubería 14 separada de la figura 1 e ilustra la presión 22 de suministro máxima que debe mantener la tubería llena para garantizar la precisión de los flujómetros (no mostrados) asociados con las válvulas 16, 18 y 20. Es importante mantener la tubería llena para que el problema de control sea simple y manejable, ya que un escenario de "tubería no llena" cambiará significativamente la física que gobierna la dinámica del flujo de tubería. La transición del flujo de tubería entre los estados "tubería llena" y "tubería no llena" hará que resulte imposible lograr un control firme. Mantener la línea 12 de gradiente hidráulico asociada con la tubería 14 por encima de la presión 22 de suministro máxima también garantizará que la carga de presión en las válvulas 16, 18 y 20 sea lo suficientemente alta como para garantizar el caudal para el que se diseñaron las válvulas. La carga de baja presión o línea 12 de gradiente

5 hidráulico asociada con la tubería 14 potencialmente dará como resultado una mayor interacción de controlador entre las acciones de control discretas necesarias para mantener los flujos deseados en las válvulas. Esto se agrava aún más con las tuberías por gravedad donde la capacidad de flujo en las válvulas es alta en relación con la capacidad de flujo general de la tubería troncal principal. La acción de abrir o cerrar las válvulas afectará a la carga de presión y, por lo tanto, al flujo, en todas las demás válvulas que están operando en la tubería 14. Por lo tanto, habrá interacción entre las diversas válvulas automáticas que operan fuera de la tubería. En esta tubería de baja energía, el control estará sometido a inestabilidad. Cada movimiento en una válvula tiene un nivel de interacción con todas las otras válvulas operativas más la variación de nivel de suministro en la fuente o en la salida (en la explotación agrícola). Debido a la baja presión en la tubería 14, la línea 12 de gradiente hidráulico es muy sensible a la operación de la válvula/salidas.

10 Esta sensibilidad se ilustra en la figura 3, donde se muestra una gráfica de flujo y de tiempo. La línea 24 ilustra que la válvula 16 ya está abierta y el efecto que tiene la apertura de la válvula 18 en la red. La línea 26 ilustra el flujo de la válvula 18. Ambas válvulas 16 y 18 intentan mantener su caudal preseleccionado, pero las válvulas producen una interacción oscilante inestable entre las válvulas. La interacción es bastante menor en el flujo a través de la válvula 16 mostrada por los cambios en el flujo en 28, pero hay una mayor interacción en la estabilidad del flujo a través de la

15 válvula 18 mostrada por los cambios en el flujo en 30. Además, todas las válvulas adicionales, por ejemplo, la válvula 20, también se verán afectadas por esta interacción. La red se vuelve extremadamente inestable y esta es una razón clave por la que los sistemas de riego alimentados por gravedad han encontrado poca aceptación entre los proveedores y usuarios de agua.

Objetos de la invención

20 Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento de gestión y control de la demanda de redes de tuberías de fluido de carga de presión limitada o alimentadas por gravedad para redes de fluido de conductos cerrados para mantener un caudal solicitado a pesar de las variaciones en la carga de presión en dicha red de fluido.

Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un procedimiento de gestión y control de la demanda de redes de tuberías de fluido de carga de presión limitada o alimentadas por gravedad para redes de fluido de conductos cerrados que evite la inestabilidad que puede producirse por la interacción entre válvulas operativas.

25

Sumario de la invención

La presente invención, en un aspecto, proporciona un procedimiento de gestión y control de la demanda de redes de tuberías de fluido de carga de presión limitada o alimentadas por gravedad, incluyendo dicho procedimiento las etapas de proporcionar una red de fluido controlada por ordenador para el suministro de fluido a través de una pluralidad de

30 válvulas, mantener un base de datos en tiempo real dentro de dicha red de fluido controlada por ordenador de parámetros predeterminados que incluyen programas y capacidades de flujo de dicha pluralidad de válvulas, solicitar, a través de una interfaz de usuario, un caudal y un tiempo de suministro de dicho fluido desde la red de fluido a al menos una de dicha pluralidad de válvulas, determinar, usando dichos parámetros predeterminados de dicha base de datos en tiempo real, la posibilidad de proporcionar dicho suministro y caudal de dicho fluido desde la red de fluido a dicha al menos una de dicha pluralidad de válvulas basándose en la capacidad hidráulica de dicha red de fluido, y, si dicha capacidad hidráulica está disponible, calcular parámetros usando dicha base de datos en tiempo real para suministrar dicho fluido a dicha al menos una de dicha pluralidad de válvulas a través de dicha red de fluido controlada por ordenador, por lo que cada una de dicha pluralidad de válvulas se monitoriza y controla de manera ajustable para proporcionar dicho caudal y suministro a través de dicha al menos una de dicha pluralidad de válvulas al unísono con la monitorización y control de las otras de dicha pluralidad de válvulas para mantener el flujo y gestionar la carga de

40 presión dentro de dicha red de tuberías de fluido entre unos límites predeterminados.

Preferentemente, el procedimiento incluye además adelantar la posición de válvula de al menos una de las otras de dicha pluralidad de válvulas operativas para mantener su caudal antes de la variación de la carga de presión en la red de tuberías de fluido debida a dicho suministro a través de dicha al menos una de dicha pluralidad de válvulas. El

45 procedimiento también puede incluir un controlador de retroalimentación respectivo asociado con cada una de dicha pluralidad de válvulas para permitir un ajuste preciso de la posición de válvula de cada válvula. También puede proporcionarse un controlador de alimentación directa respectivo para variar la posición de válvula de dichas válvulas a una mejor posición de estimación basada en una o más de las siguientes: capacidad hidráulica monitorizada de dicha red de tuberías de fluido; cambio de carga de presión previsto en las válvulas respectivas basado en el programa de flujo futuro mantenido en la base de datos en tiempo real; y clasificación de válvula asociada con las válvulas respectivas. Se propone que dichos controladores de alimentación directa y retroalimentación se asocien con las válvulas respectivas.

50

La invención también puede usar datos de una interfaz para calibrar y ajustar con precisión de manera continua la clasificación de válvula para las válvulas respectivas usando técnicas de ajuste de datos.

55 En otra realización más, se proporciona una capa de control de supervisión dentro de dicho control informático para monitorizar y controlar los controladores de alimentación directa y retroalimentación para cada válvula, para evitar la interacción entre las diversas válvulas operativas, mantener la carga de presión dentro de dicha red de tuberías de fluido entre unos límites predeterminados y manejar eventos de excepción según las reglas comerciales

predeterminadas.

5 Preferentemente, el procedimiento incluye además las etapas de permitir que una pluralidad de clientes accedan a dicha interfaz de usuario y a dicha red de fluido controlada por ordenador, determinar una prioridad y ponderar las solicitudes de caudal y tiempo de suministro de dicho fluido para garantizar la continuidad de dicha capacidad hidráulica. La prioridad y la ponderación de las solicitudes de suministro pueden incluir estructuras tarifarias para dichos clientes basadas en el mejor uso de la capacidad hidráulica disponible.

10 En una realización adicional, los datos de una interfaz se usan para calibrar y ajustar con precisión de manera continua la red de fluido controlada por ordenador usando un modelo de la red de tuberías de fluido basado en técnicas de identificación de sistemas. El procedimiento también puede incluir la etapa de reprogramar el caudal y el tiempo de suministro de dicho fluido mencionados desde la red de fluido si dicha capacidad hidráulica no está disponible.

En una realización práctica, el procedimiento incluye la etapa de controlar, mediante dicha red de fluido controlada por ordenador, la operación de una bomba híbrida para mantener la carga de presión. La pluralidad de válvulas puede incluir unos elementos protectores replegables que pivotan a lo largo de un eje central para proporcionar una relación aproximadamente lineal entre la apertura de los elementos protectores replegables y el flujo de fluido.

15 Preferentemente, dichos parámetros predeterminados incluyen reglas y restricciones comerciales para permitir variaciones adicionales de dicho caudal y tiempo de suministro de dicho fluido a través de cualquier válvula. El procedimiento puede incluir la etapa de que cualquier solicitud de suministro de caudal y tiempo posterior que dé como resultado que se incumplan unos umbrales máximos y mínimos de los límites de flujo a través de dicha red de fluido, se denegará o reprogramará para permitir que dicha solicitud posterior prosiga en función de dichos parámetros calculados.

20 La invención también proporciona un procedimiento de gestión y control de la demanda de redes de tuberías de fluido de carga de presión limitada o alimentadas por gravedad, incluyendo dicho procedimiento las etapas de proporcionar una red de fluido controlada por ordenador para suministrar fluido a través de una pluralidad de válvulas, mantener una base de datos en tiempo real dentro de dicha red de fluido controlada por ordenador de parámetros predeterminados que incluyen programas y capacidades de flujo de dicha pluralidad de válvulas para proporcionar un modelo de la red de tuberías de fluido, solicitar, a través de una interfaz de usuario, un caudal y tiempo de suministro de dicho fluido desde la red de fluido a al menos una de dicha pluralidad de válvulas, determinar, usando dichos parámetros predeterminados de dicha base de datos en tiempo real, la posibilidad de proporcionar el suministro y el caudal mencionados de dicho fluido desde la red de fluido a dicha al menos una de dicha pluralidad de válvulas basándose en la capacidad hidráulica de dicha red de fluido, y, si dicha capacidad hidráulica está disponible, calcular parámetros usando dicha base de datos en tiempo real para suministrar dicho fluido a dicha al menos una de dicha pluralidad de válvulas a través de dicha red de fluido controlada por ordenador, por lo que cada una de dicha pluralidad de válvulas se monitoriza y controla de manera ajustable para proporcionar dicho caudal y suministro a través de dicha al menos una de dicha pluralidad de válvulas al unísono con la monitorización y el control de las otras de dicha pluralidad de válvulas para mantener el flujo y gestionar la carga de presión dentro de dicha red de tuberías de fluido entre unos límites predeterminados.

La invención también se refiere a un sistema que usa los procedimientos descritos anteriormente.

Breve descripción de los dibujos

40 La estructura y las características funcionales de una realización preferida de la presente invención se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se interpreten junto con los dibujos adjuntos, en los que: -

la figura 1 es una gráfica de la línea de gradiente hidráulico o carga de presión frente a la posición de válvula para un sistema de riego de alta presión y para un sistema de riego de línea de gradiente hidráulico o de carga de presión de baja presión o alimentado por gravedad;

45 la figura 2 muestra un dibujo esquemático del sistema de riego de línea de gradiente hidráulico o de carga de presión de baja presión o alimentado por gravedad con las válvulas y la línea de gradiente hidráulico;

la figura 3 es una gráfica del flujo y el tiempo para la conmutación de válvulas mostrada en la figura 2 que muestra el comportamiento inestable de las válvulas;

50 la figura 4 es un diagrama de bloques de la arquitectura del sistema de riego de baja presión o alimentado por gravedad de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

la figura 5 es un dibujo similar al de la figura 4 superpuesto con una tubería de baja presión o alimentada por gravedad;

la figura 6 es una representación gráfica de la operación de válvula para desviarse hacia una carga de alta presión;

la figura 7 es una vista similar a la de la figura 3 que muestra el comportamiento estable de las válvulas que usan

el sistema mostrado en la figura 4; y

la figura 8 es una representación gráfica donde se instala una bomba híbrida en el sistema de riego de baja presión o alimentado por gravedad.

Descripción de la realización preferida

5 La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un sistema 40 de gestión y control de la demanda para una red 42 de riego alimentada por gravedad (figura 5). El sistema 40 tiene una interfaz 44 de usuario que permite a los clientes seleccionar un marco de tiempo y un caudal para las válvulas 16, 18 y 20. El número de usuarios y válvulas no está limitado, sino que se gestiona por el sistema 40. La interfaz 44 puede ser un ordenador, un teclado o una aplicación basada en internet para permitir al usuario introducir sus solicitudes 46 en el sistema 40. Las solicitudes 46 y las confirmaciones devueltas al usuario se monitorizan por un sistema 48 de gestión de la demanda implementado en un ordenador 50 central. El sistema 48 de gestión de la demanda incluye una base de datos en tiempo real que mantiene unos parámetros predeterminados que incluyen programas de flujo, capacidades de válvulas, reglas comerciales y de control. También se implementa una capa 52 de supervisión en el ordenador 50 central. La capa 52 de supervisión está vinculada al sistema 48 de gestión de la demanda a través del puerto 54 y actualiza y recibe programas de flujo e información de restricción.

La capa 52 de supervisión se comunica con cada válvula 16, 18 y 20 para hacer que las válvulas se controlen a través del puerto 56 y reciban el flujo medido y la información de rendimiento a través del puerto 58. Cada válvula 16, 18 y 20 tiene una interfaz 60 de control de válvula, aunque la figura 4 solo muestra una interfaz 60. Cada interfaz 60 de control de válvula puede tener la forma de una unidad terminal remota (RTU) o un controlador lógico programable (PLC). Es evidente que cada válvula requerirá una interfaz de control de válvula respectiva. La localización de la o las interfaces 60 de control de válvula respectivas puede ser con el ordenador 50 central, o localizarse remotamente con la válvula respectiva.

Habitualmente, la válvula 16 es del tipo mostrado en las figuras 17 a 79 de la solicitud de patente internacional n.º PCT/AU2012/000328. La válvula 16 estará asociada con un flujómetro (no mostrado), habitualmente del tipo mostrado en la solicitud de patente internacional n.º PCT/AU2010/001052. La ventaja de este tipo de válvula es la relación aproximadamente lineal entre la apertura de válvula (posición angular) y el flujo. Esto garantiza que se logre un ajuste de flujo relativamente preciso usando la apertura de válvula predeterminada. Otros mecanismos de válvula, tal como las válvulas de mariposa que se usan habitualmente en la industria del agua, no poseen esta característica lineal y, por lo tanto, tendrían dificultades para lograr la clasificación de válvula requerida (que se describirá a continuación) y el control asociado. La realización preferida no se limita a este tipo de válvulas o flujómetros, sino que estas válvulas y flujómetros son muy adecuados para la tarea. Cada flujómetro proporcionará el flujo medido y la información de rendimiento a través del puerto 58. Cada válvula 16 tiene un controlador 62 de alimentación directa y un controlador 64 de retroalimentación cuyas salidas 66, 68 provocan el accionamiento de la válvula 16 a través de la señal 69.

El caudal se mide con el flujómetro (no mostrado) y se envía al puerto 58, al controlador 64 de retroalimentación a través de la señal 71 y a una sección 70 de calibración de válvula. El pedido 72 de flujo desde el puerto 56 para la válvula 16 se suministra tanto al controlador 62 de alimentación directa como al controlador 64 de retroalimentación. Habitualmente, el controlador 62 de alimentación directa conducirá la acción del controlador 64 de retroalimentación usando un conmutador 74 de retardo opcional. Se prefiere que se proporcionen tanto el controlador 62 de alimentación directa como el controlador 64 de retroalimentación, pero el sistema también puede funcionar solo con uno de estos controladores.

La estrategia de control para tuberías de baja energía consiste en gestionar las interacciones de los controladores de cada válvula en una metodología de control definida. El conocimiento de la dinámica de la tubería 14 a través del modelo de red de fluido se usará para diseñar los controladores usando la teoría de control clásica ya conocida, y el conocimiento de la futura demanda. La clasificación de válvula y la medición de las condiciones de carga de presión actuales en la tubería 14 se usarán para alimentar de manera directa a la válvula 16 movimientos a través del controlador 62. La clasificación de válvula es la relación derivada entre:

- la apertura de válvula,
- la carga de presión diferencial en la válvula 16; y
- el flujo.

50 La clasificación de válvula se calibrará durante la operación normal por la sección 70 de calibración de válvula usando los datos registrados para los parámetros mencionados anteriormente durante la operación normal de la válvula 16. La clasificación de válvula se obtiene usando técnicas de identificación de sistemas. La clasificación de válvula ajustada se enviará a la válvula 16 en 76 y la apertura de válvula volverá a la sección 70 de calibración de válvula a través de la señal 78. La clasificación de válvula permite una acción de control predeterminada para enviar a la válvula 16 una apertura específica para una carga de presión conocida con el fin de lograr un flujo deseado. La clasificación de válvula facilita un ajuste de control menos preciso sin depender del control de retroalimentación usando la medición de flujo.

El sistema 40 proporciona un control tal que la línea de gradiente hidráulico se desvía hacia el extremo superior del espectro. Con referencia a la figura 6, se muestra que la válvula 16 está operando y que las válvulas 18 y 20 están a punto de abrirse. La figura 6 muestra gráficamente la operación estática, en oposición a la dinámica, de las tres válvulas. La válvula 16 debe detenerse en el punto 82 y las válvulas 18 y 20 deben abrirse al mismo tiempo. Mediante el desplazamiento de la apertura de las válvulas 18 y 20 a los puntos 84 y 86, el evento de cierre de la válvula 16 se iniciará en primer lugar para hacer que una carga 90 de presión adicional esté disponible, como puede verse en la línea 88 de carga de presión acumulativa. Por lo tanto, la acción de cierre de una o más válvulas siempre conducirá (avanzará en el tiempo) a cualquier acción de apertura de otras válvulas. Esta secuencia de control garantiza fluctuaciones en la carga de presión (línea de gradiente hidráulico) debido a acciones de control que siempre dan como resultado una presión mayor que la prevista por el modelo y garantiza que la carga de presión no caiga por debajo de la prevista por el modelo dentro del sistema 48 de gestión de la demanda. Es importante que la línea de gradiente hidráulico no caiga por debajo del nivel mínimo de suministro en la válvula, ya que esto puede dar como resultado que la tubería esté "no llena" y que la medición del flujo sea errónea. Además, mantener la línea de gradiente hidráulico por encima de un nivel mínimo crítico para las válvulas es un objeto importante de la tubería de baja energía para garantizar que pueda lograrse un flujo ordenado a través de la red. La orden para suministrar un flujo en la válvula se proporcionará por el sistema 48 de gestión de la demanda una vez que el pedido pase las verificaciones de capacidad. Cuando llega el momento de abrir la válvula, el controlador 62 de alimentación directa se activa en primer lugar y mueve la válvula a la mejor posición estimada para suministrar el flujo solicitado basándose en la carga de presión local y la clasificación de válvula. El controlador 64 de retroalimentación solo realiza los ajustes con precisión. En la realización preferida habrá una capacidad para usar el controlador 64 de retroalimentación o el controlador 62 de alimentación directa individualmente, o en combinación como se ha expuesto anteriormente. Dicha metodología minimizará los transitorios en la tubería y, por lo tanto, las interacciones. Esta es una singularidad de la solución.

La figura 7 es una vista similar a la de la figura 3 que muestra el comportamiento estable de las válvulas usando el sistema mostrado en la figura 4. La línea 24 ilustra que la válvula 16 ya está abierta y el efecto que tiene la apertura de la válvula 18 en la red. La línea 26 ilustra el flujo de la válvula 18. Ambas válvulas 16 y 18 tratan de mantener su caudal preseleccionado. La interacción oscilante principal mostrada en la figura 3 en 30 se ha reducido sustancialmente en la figura 7 usando el sistema de esta realización preferida. De manera similar, la interacción oscilante mostrada en la figura 3 en 28 también se ha reducido sustancialmente. Es evidente la mejora en el control y los flujos constantes a través de las válvulas, incluso cuando operan múltiples válvulas.

La invención también puede usarse en asociación con un sistema de riego que incluye una bomba híbrida para aumentar el caudal cuando se requiere un aumento en el caudal. Tal sistema se muestra en nuestras solicitudes de patente australianas n.º 2012905225 y 2012905508. La figura 1 de estas solicitudes desvela una tubería 20 principal y una tubería 30 secundaria que se abre en la tubería 20 principal. La tubería 30 secundaria tiene una bomba 34 de elevación de carga baja que proporciona un mayor caudal cuando lo requiere el sistema. Una compuerta 22 de entrada en la tubería 20 principal se cerrará cuando la bomba 34 esté operando. En la figura 3 de estas solicitudes, se muestra una realización adicional donde se omite la tubería 30 secundaria y se proporciona una bomba 36 en línea en la tubería 20 principal. El efecto de la bomba 34 híbrida de la figura 1 con la compuerta 22 de entrada de las solicitudes de patente australianas n.º 2012905225 y 2012905508 se muestra en la figura 8. La gráfica muestra la presión contra el tiempo, mostrando la línea 92 la carga de presión acumulativa. La bomba híbrida se enciende en el punto 94 pero la presión no aumenta hasta que la compuerta de entrada se cierra en el punto 96. La presión aumentará hasta la presión mostrada en el punto 98. El aumento de la presión se mantendrá mientras la compuerta de entrada esté cerrada y opere la bomba híbrida. Las líneas 100, 102 y 104 coinciden con los movimientos de las válvulas 20, 18 y 16 respectivas. Las válvulas 20, 18 y 16 están todas abiertas en el punto 106 a diversos caudales y el sistema 40 ordenará a las válvulas que ajusten sus aperturas de válvula para mantener sus caudales respectivos a medida que se aplica la mayor presión de la bomba híbrida.

El uso de una bomba híbrida también tendrá un impacto en la línea de gradiente hidráulico cuando la bomba se esté encendiendo o apagando. La operación de la compuerta de entrada asociada (cierre) en la entrada de tubería permite la entrada gradual de la carga de presión aumentada desde la bomba. Esto comenzaría una vez que la bomba se haya encendido. A medida que se cierra la compuerta, aumentará la carga de presión en la tubería. Esto se realizará de manera gradual y potencial en un enfoque progresivo, produciéndose en cada etapa los ajustes de válvula de desplazamiento (avance) correspondientes. La etapa y el retraso estarán en función de la dinámica de la tubería, de tal manera que las interacciones de válvulas se mantengan al mínimo. De manera similar, la compuerta de entrada podría abrirse gradualmente antes de que se apague la bomba. Los ajustes de válvula de desplazamiento (retroceso) correspondientes se producirían en una secuencia con una apertura progresiva de la compuerta de entrada. Cuando existe un objetivo de control para mantener la línea de gradiente hidráulico por debajo de una presión operativa máxima específica, la apertura de una válvula conduciría al cierre correspondiente de otra válvula. El sistema se programaría de manera que pudieran identificarse estas circunstancias y tomar las medidas de control adecuadas.

La capa 52 de supervisión monitorizará el rendimiento de la red 42 de tuberías de manera integral y tendrá información sobre la topología. La capa 52 de supervisión puede incluir reglas de alto nivel para operar las válvulas 16, 18, 20 para desviarlas hacia una carga de presión alta, reglas para mitigar los efectos de la interacción y reglas a seguir durante eventos de excepción. Las interacciones entre los controladores para cada válvula se monitorizarán por la capa 52 de supervisión a través de un conjunto adicional de reglas. El rendimiento se monitorizará continuamente y se identificará el deterioro en el rendimiento. Se realizará una verificación automática basada en reglas para desactivar

progresivamente el componente de retroalimentación de las válvulas en la red si se observa una interacción de bucle de control hasta que se identifique la válvula de bajo rendimiento. Una vez identificada, la válvula de bajo rendimiento tendrá su control suspendido, mientras que las demás tendrán la retroalimentación activada nuevamente.

5 A lo largo de la presente memoria descriptiva y las siguientes reivindicaciones, a menos que el contexto requiera lo contrario, se entenderá que la palabra "comprender" y variaciones tales como "comprende" y "comprendiendo" implican la inclusión de un número entero o etapa o grupo de números enteros o etapas establecidos, pero no la exclusión de ningún otro número entero o etapa o grupo de números enteros o etapas.

10 La referencia a cualquier técnica anterior en la presente memoria descriptiva no es y no debe tomarse como un reconocimiento o una forma de sugerencia de que la técnica anterior forma parte del conocimiento general común en Australia.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de gestión y control de la demanda de una red (42) de tuberías; siendo la red de tuberías una red de fluido controlada por ordenador y de carga de presión limitada o alimentada por gravedad;
- 5 incluyendo la red de tuberías una pluralidad de válvulas (16, 18, 20) a través de las que puede suministrarse fluido; estando las válvulas automatizadas para mantener los flujos deseados en las válvulas; incluyendo el procedimiento
- mantener unos parámetros predeterminados que incluyen programas y capacidades de flujo de la pluralidad de válvulas en una base de datos en tiempo real dentro de dicha red de fluido controlada por ordenador; y
- 10 recibir a través de una interfaz (44) de usuario una solicitud de suministro del fluido desde al menos una (18) de las válvulas;
- incluyendo la solicitud un caudal y un tiempo del suministro;
- incluyendo el procedimiento además
- 15 determinar, usando los parámetros predeterminados de la base de datos en tiempo real, si la red tiene capacidad hidráulica para suministrar el caudal solicitado; y
- si dicha capacidad hidráulica está disponible, calcular los parámetros usando dicha base de datos en tiempo real para suministrar dicho fluido, monitorizar y controlar de manera ajustable la al menos una válvula y al menos otra (16) de la pluralidad de válvulas para suministrar el caudal solicitado y mantener los flujos deseados y gestionar la carga de presión dentro de la red de tuberías de fluido entre unos límites predeterminados;
- 20 caracterizado porque el procedimiento comprende además:
- ajustar con precisión, mediante un controlador (64) de retroalimentación respectivo asociado con cada una de la pluralidad de válvulas, la posición de cada una de la pluralidad de válvulas;
- 25 variar, mediante un controlador (62) de alimentación directa respectivo, la posición de válvula de cada una de la pluralidad de válvulas a una posición estimada basada en la capacidad hidráulica monitorizada de la red de tuberías, el cambio de carga de presión previsto en las válvulas respectivas basado en los programas de flujo mantenidos en la base de datos en tiempo real y la clasificación de válvula asociada con la válvula respectiva.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, que incluye mover al menos otra de la pluralidad de válvulas anticipando una variación de la carga de presión en la red de tuberías de fluido debida al suministro.
3. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además las etapas de permitir que una pluralidad de clientes accedan a dicha interfaz de usuario; y determinar, mediante la red de fluido controlada por ordenador, una prioridad y una ponderación de las solicitudes de suministro de caudal y tiempo del fluido para garantizar la continuidad de dicha capacidad hidráulica.
- 30 4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que dichas prioridad y ponderación de las solicitudes de suministro incluyen estructuras tarifarias para dichos clientes basadas en el mejor uso de la capacidad hidráulica disponible.
- 35 5. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los datos de una interfaz se usan para calibrar y ajustar con precisión de manera continua la red de fluido controlada por ordenador usando un modelo de la red de tuberías de fluido basado en técnicas de identificación de sistemas.
6. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además la etapa de reprogramar dichos caudal y tiempo de suministro de dicho fluido desde la red de fluido si dicha capacidad hidráulica no está disponible.
- 40 7. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye la etapa de controlar, mediante dicha red de fluido controlada por ordenador, la operación de una bomba híbrida para mantener la carga de presión.
8. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, incluyendo dicha pluralidad de válvulas unos elementos protectores replegables que pivotan a lo largo de un eje central para proporcionar una relación aproximadamente lineal entre la apertura de los elementos protectores replegables y el flujo de fluido.
- 45 9. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos parámetros predeterminados incluyen reglas y restricciones comerciales para permitir variaciones adicionales de dicho caudal y tiempo de suministro de dicho fluido a través de cualquier válvula.
10. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cualquier solicitud de suministro de caudal y tiempo posterior que dé como resultado un incumplimiento de los umbrales máximos y mínimos de los límites de flujo a través de dicha red de fluido se denegará o reprogramará para permitir que dicha solicitud posterior prosiga en función de dichos parámetros calculados.
- 50 11. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la solicitud es una solicitud de agua de riego.

12. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que los límites predeterminados de la carga de presión no caen por debajo de una presión prevista para mantener llena la red de tuberías.

13. Un sistema (40) de gestión y control de la demanda para la gestión y control de la demanda de una red (42) de tuberías;

5 siendo la red de tuberías una red de fluido y de carga de presión limitada o alimentada por gravedad;
incluyendo la red de tuberías una pluralidad de válvulas (16, 18, 20) a través de las que puede suministrarse fluido;
estando las válvulas automatizadas para mantener los flujos deseados en las válvulas;
incluyendo el sistema un ordenador (50) configurado para

10 mantener unos parámetros predeterminados que incluyen programas y capacidades de flujo de la pluralidad
de válvulas en una base de datos en tiempo real dentro de dicha red de fluido controlada por ordenador; y
recibir a través de una interfaz (44) de usuario una solicitud de suministro del fluido desde al menos una (13)
de las válvulas;

incluyendo la solicitud un caudal y un tiempo del suministro;
estando el ordenador configurado además para

15 determinar, usando los parámetros predeterminados de la base de datos en tiempo real, si la red tiene
capacidad hidráulica para suministrar el caudal solicitado; y
si dicha capacidad hidráulica está disponible, monitorizar y controlar de manera ajustable la al menos una
válvula y al menos otra (16) de la pluralidad de válvulas para suministrar el caudal solicitado y mantener los
flujos deseados y gestionar la presión dentro de la red de tuberías de fluido entre los límites predeterminados;

20 **caracterizado porque** el sistema de gestión y control de la demanda comprende además:

un controlador (64) de retroalimentación respectivo asociado con cada una de la pluralidad de válvulas y
configurado para ajustar con precisión la posición de cada una de la pluralidad de válvulas;
un controlador (62) de alimentación directa respectivo configurado para variar la posición de válvula de cada
una de la pluralidad de válvulas a una posición estimada basada en la capacidad hidráulica monitorizada de la
25 red de tuberías, el cambio de carga de presión previsto en las válvulas respectivas basado en los programas
de flujo mantenidos en la base de datos en tiempo real y la clasificación de válvula asociada con la válvula
respectiva.

14. Un sistema (42, 50) de suministro de fluido que incluye el sistema de gestión y control de la demanda de la
reivindicación 13 y la red de tuberías.

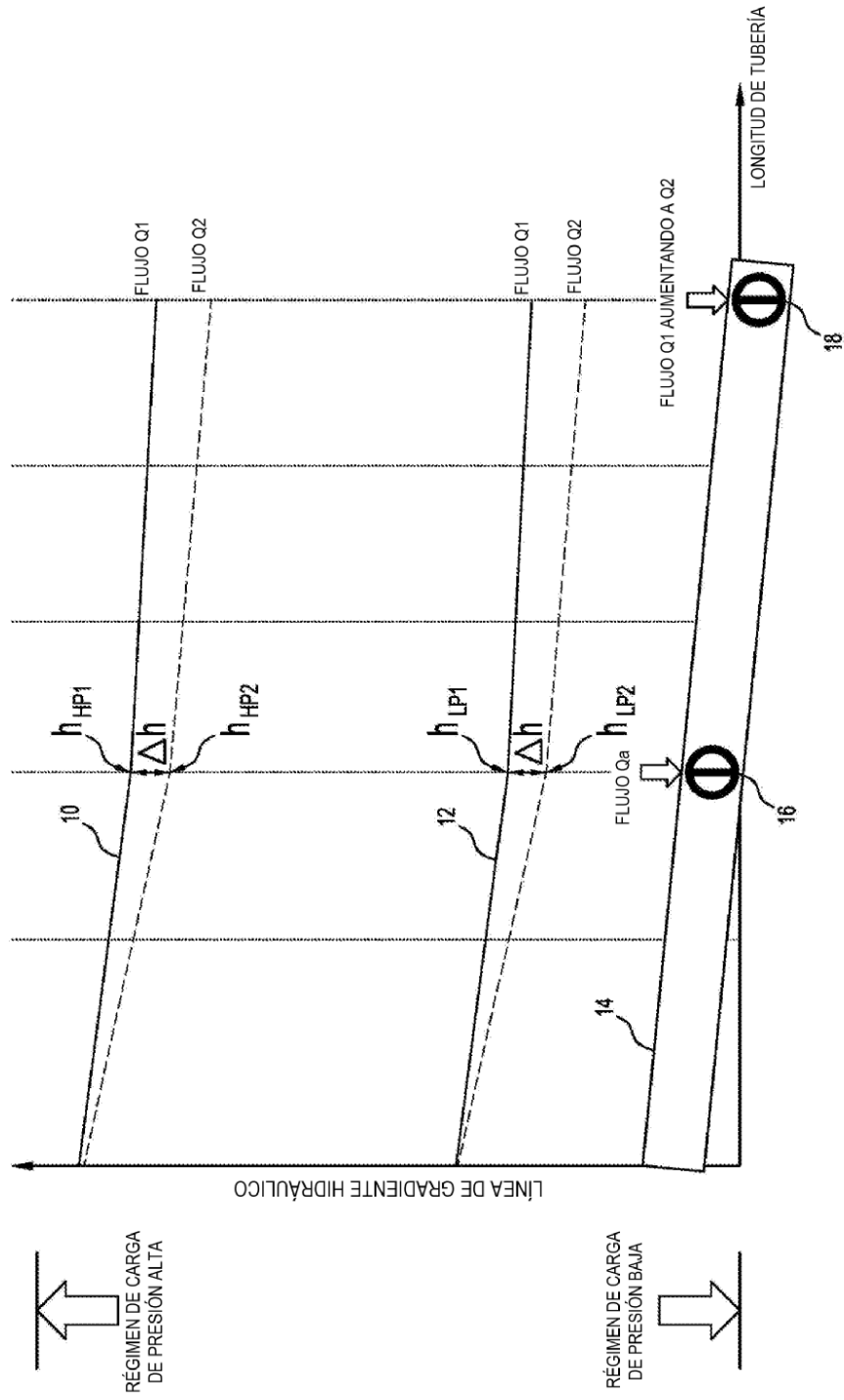


FIG. 1

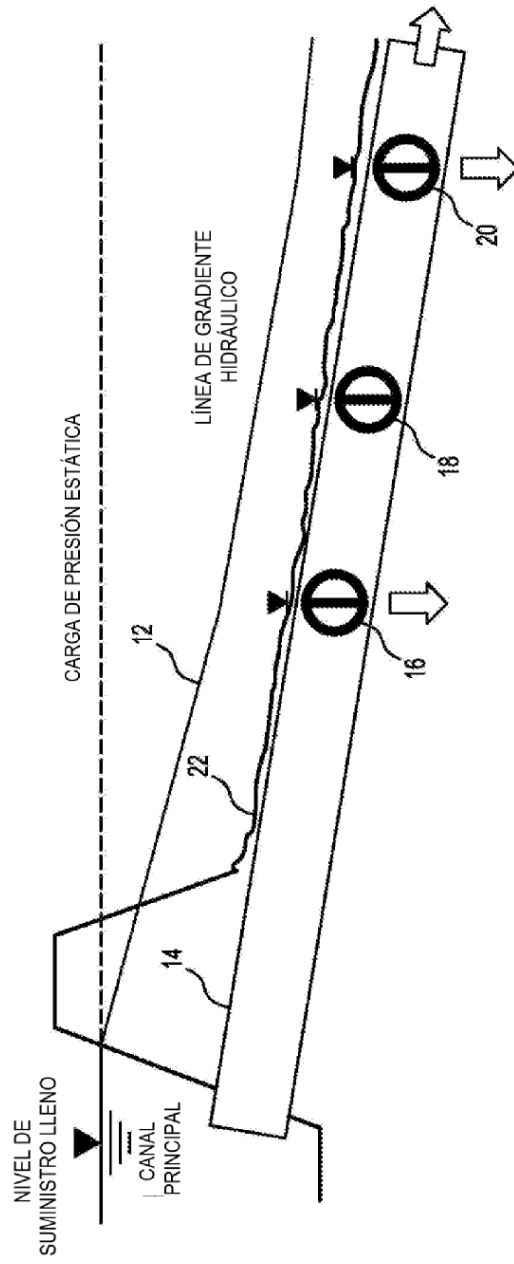


FIG. 2

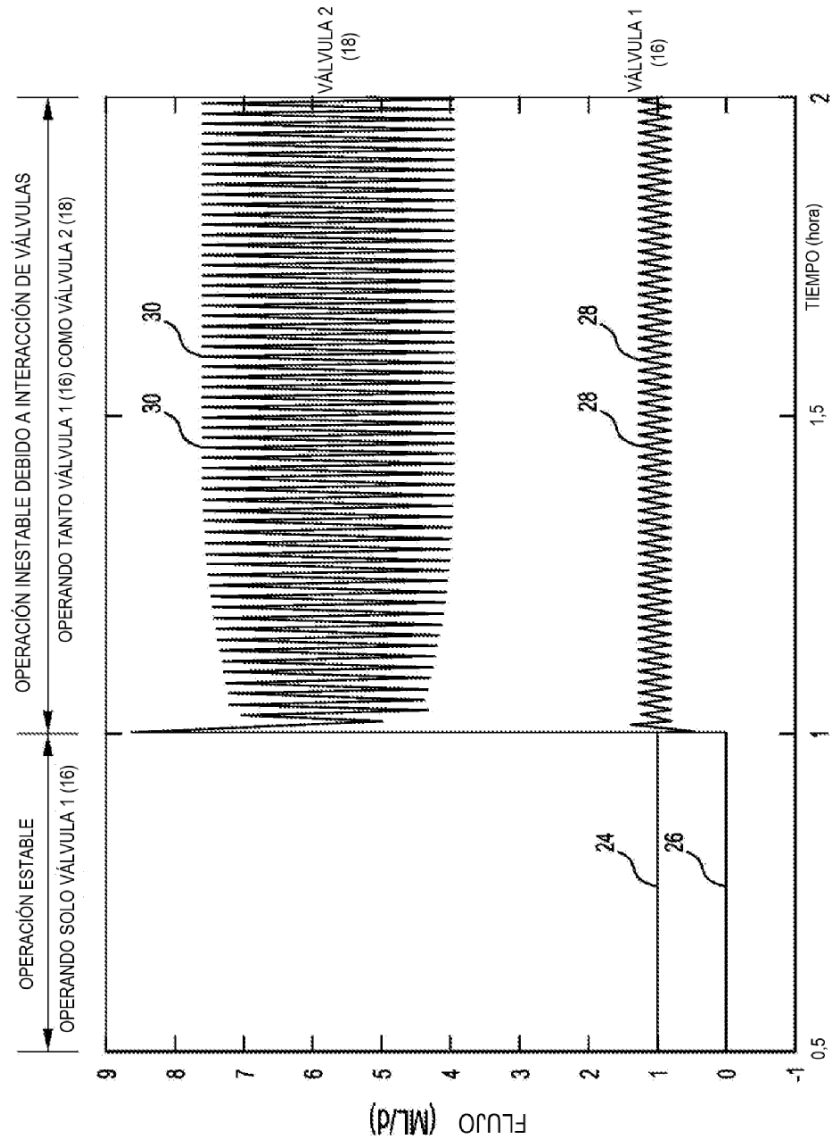


FIG. 3

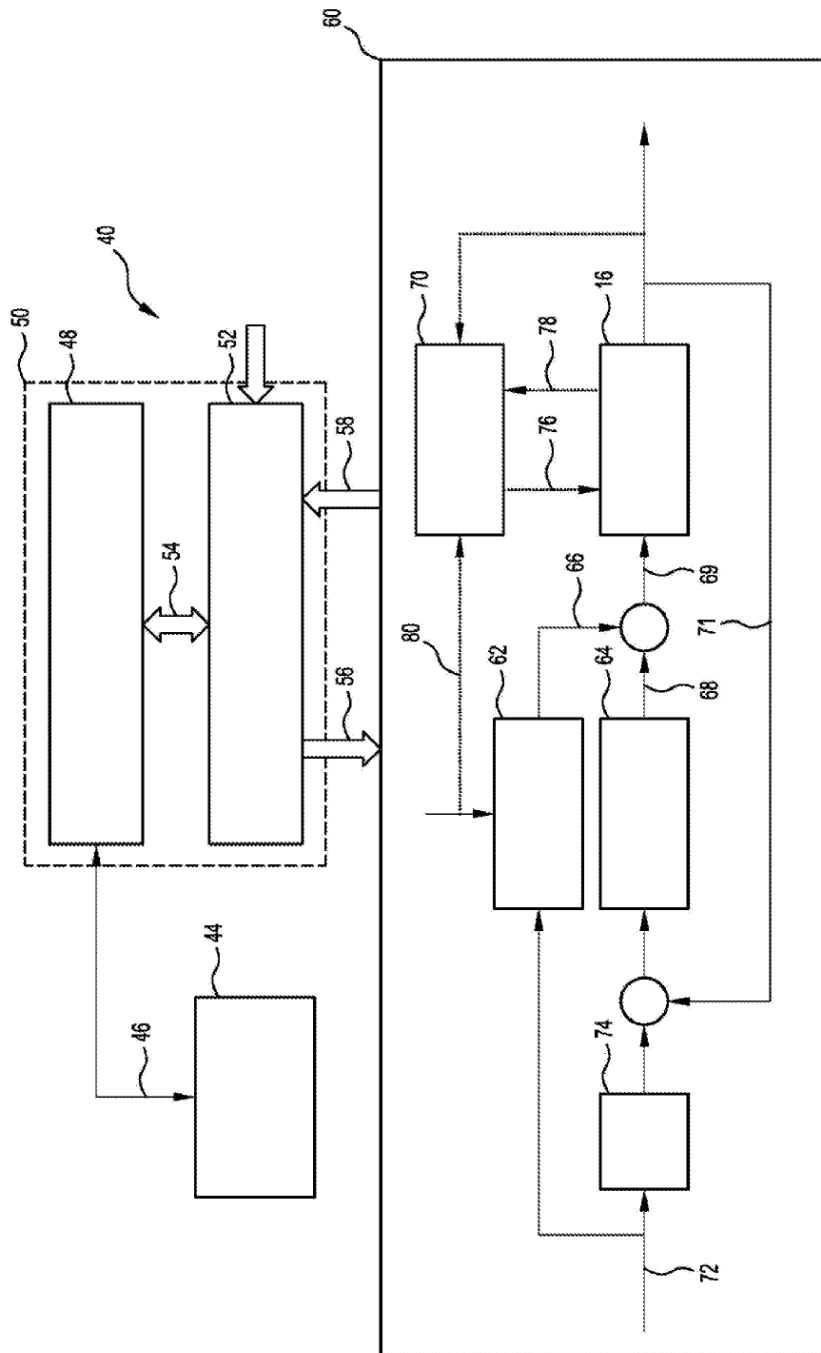


FIG. 4

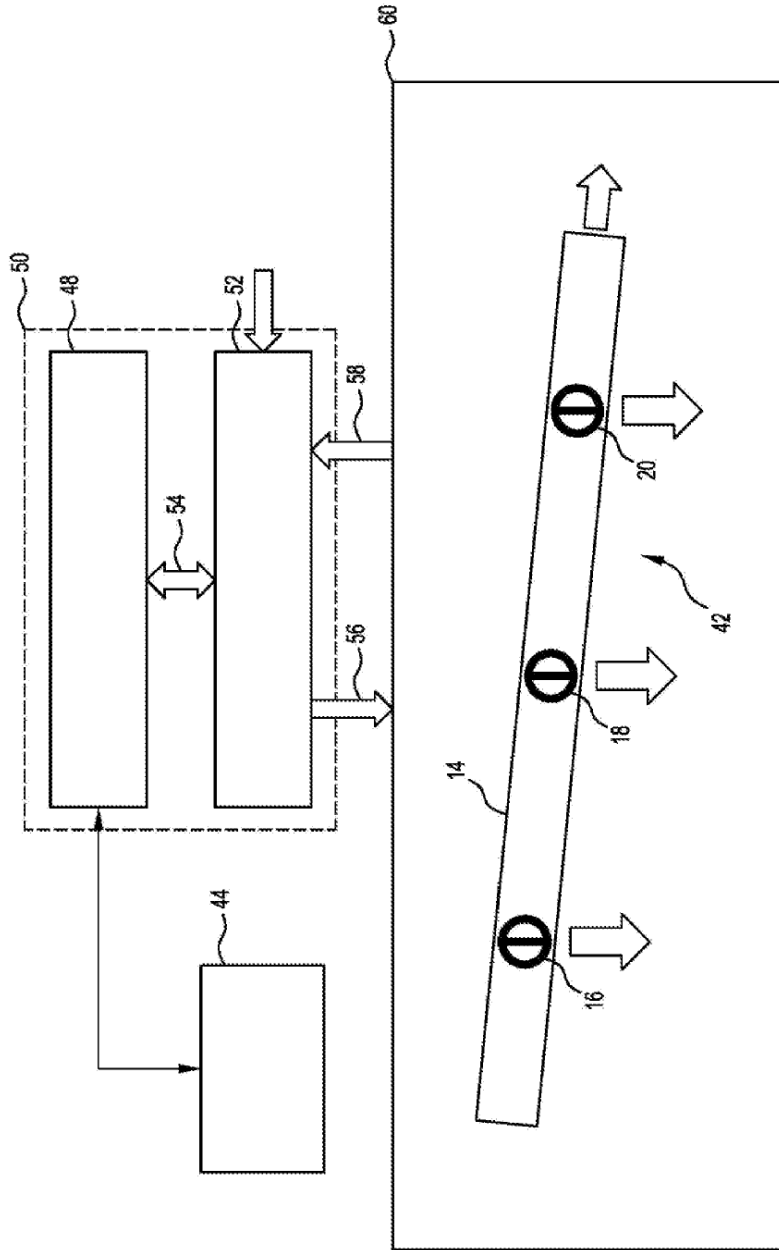


FIG. 5

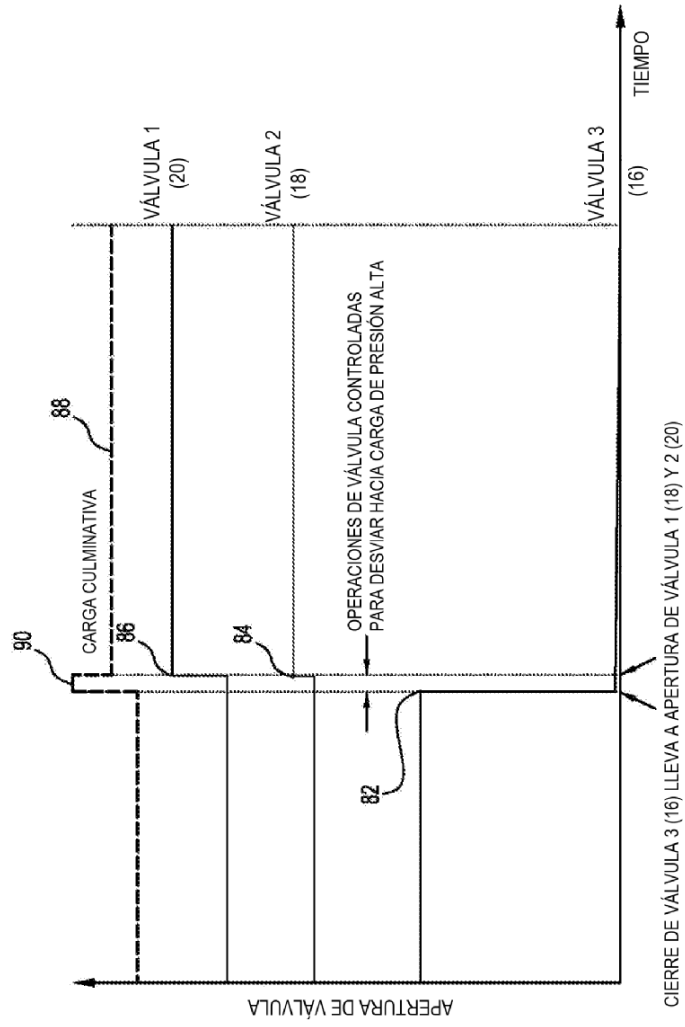


FIG. 6

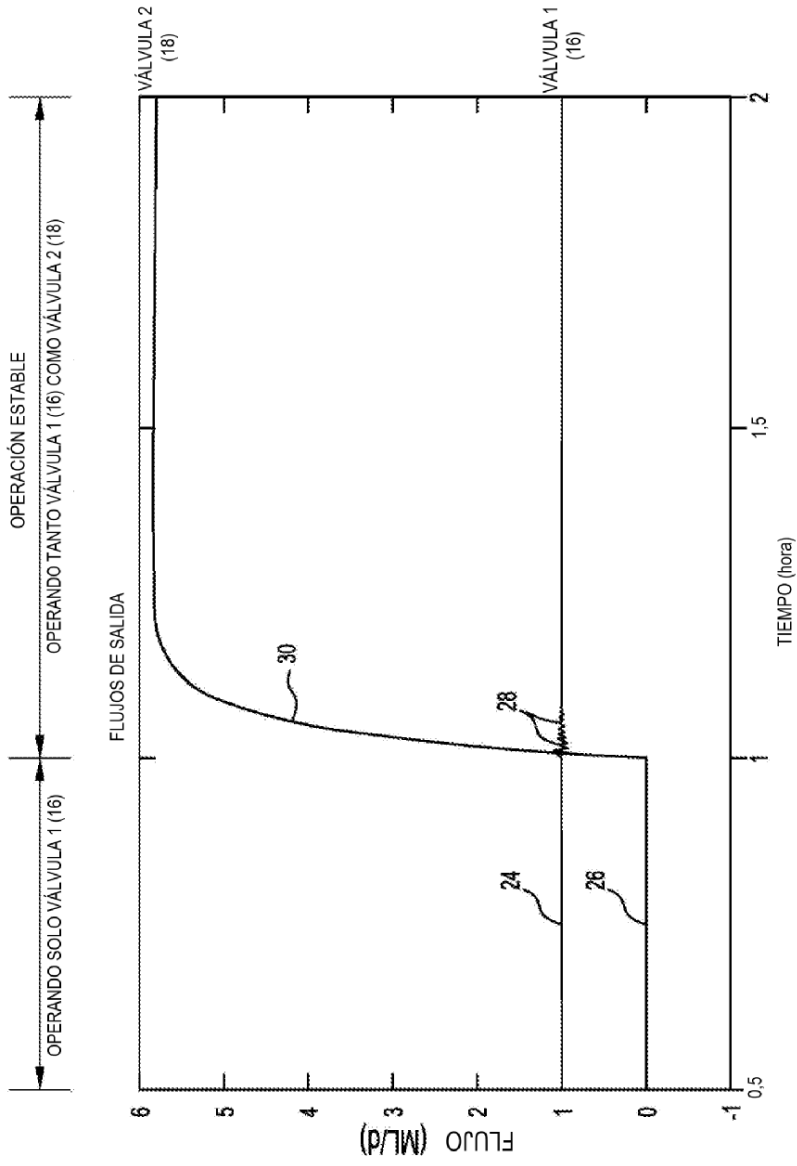


FIG. 7

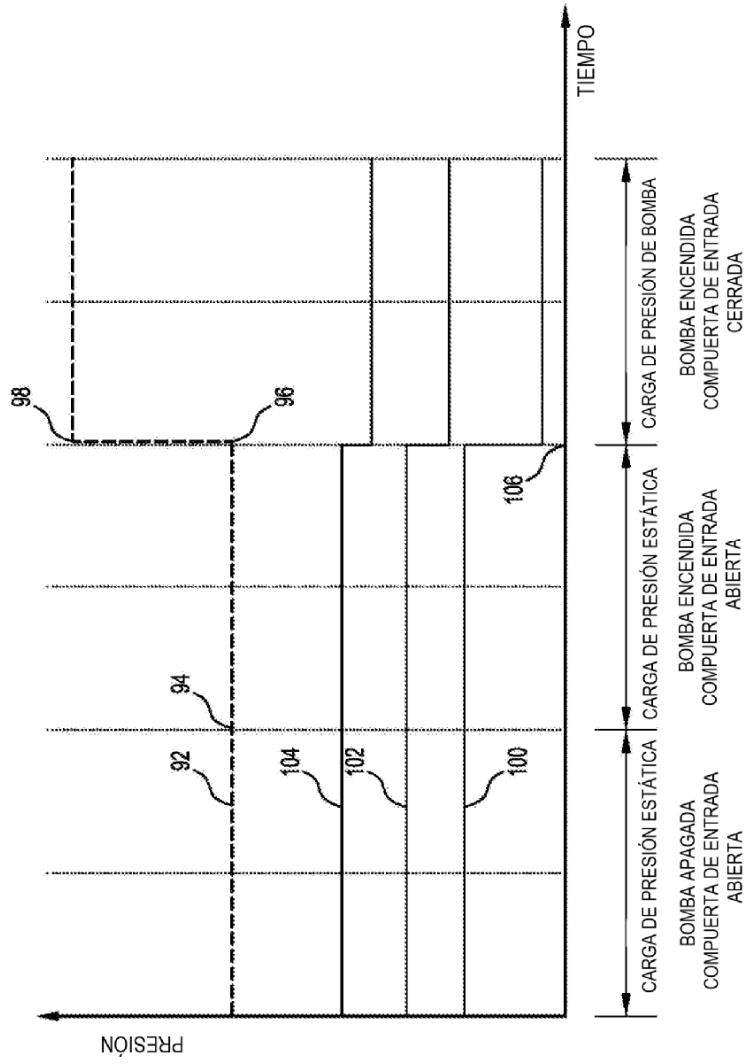


FIG. 8