

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 990 022**

51 Int. Cl.:

E03B 5/00 (2006.01)

E03B 7/02 (2006.01)

E03B 7/07 (2006.01)

G05B 13/04 (2006.01)

G05B 17/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.11.2021** **PCT/EP2021/080354**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.06.2022** **WO22111950**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2021** **E 21805898 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2024** **EP 4204632**

54 Título: **Control de un sistema de suministro de agua**

30 Prioridad:

27.11.2020 EP 20210299

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.11.2024

73 Titular/es:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE

72 Inventor/es:

HELD, HARALD;
HÜLSMANN, GUIDO y
SOHR, ANNELIE

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 990 022 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

Control de un sistema de suministro de agua

La presente invención hace referencia a un procedimiento implementado por ordenador y a un dispositivo para controlar una distribución de presión y de flujo de un sistema de suministro de agua, así como a un producto de programa informático para realizar el procedimiento.

Un funcionamiento de un sistema de suministro de agua, como por ejemplo de una red de agua o de un conducto, requiere decisiones sobre el funcionamiento en distintos planos. En el plano de la red o el sistema, en general mediante una instancia central, se predetermina qué estación de bombeo del sistema de suministro de agua debe constituir qué presión del lado de salida, para lograr la distribución de flujo deseada en el sistema de suministro de agua. En particular deben considerarse las exigencias para los tanques con respecto a los niveles de agua admisibles, para el sistema total con respecto a las distribuciones de presión admisibles, para las estaciones de bombeo con respecto a los consumos de energía admisibles, y/o para atender los consumos de agua previstos por los consumidores. A su vez, las variaciones de los niveles de agua en los tanques influyen en el comportamiento de presión y/o de flujo de la totalidad del sistema. En el plano de las estaciones de bombeo individuales en particular debe decidirse qué bombas efectivamente deben operarse y con qué velocidad para constituir la presión de salida requerida. Habitualmente, un sistema de suministro de agua es operado de forma manual o en base a reglas. Sin embargo, esto puede implicar muchos recursos.

Por Coulbeck et al. 1988 "A hierarchical approach to optimized control of water distribution systems: Parte I Decomposition" (OPTIMAL CONTROL APPLICATIONS & METHODS; vol.: 9; páginas: 51-61) y Coulbeck et al. 1988 "A hierarchical approach to optimized control of water distribution systems: Parte II: Lower-Level Algorithm" (OPTIMAL CONTROL APPLICATIONS & METHODS; vol.: 9; páginas: 109-126; DOI: 10.1002/oca.4660090202), un enfoque jerárquico para un control optimizado de sistemas de suministro de agua, donde se propone dividir el sistema en distintos planos de optimización estructurados de forma jerárquica: un plano superior para la optimización dinámica del depósito, un plano intermedio para la optimización estática de la extracción de fuentes y un plano inferior para la optimización estática de las fuentes individuales, donde en cada plano se consideran los resultados de optimización del plano inferior. Por et al. 2008 "Optimization models for operative planning in drinking water networks" (OPTIMIZATION AND ENGINEERING; INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY JOURNAL TO PROMOTE OPTIMIZATIONAL THEORY & APPLICATIONS IN ENGINEERING; KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS; vol.: 10; N°: 1; páginas: 43-73; XP019685910; ISSN: 1573-2924). Por el documento 2017/299123 A1 se conoce una optimización de un funcionamiento de bombeo de conductos para distintos tipos de líquidos con distintas densidades y viscosidades, donde en función del respectivo tipo de líquido se seleccionan bombas eficientes.

Por tanto, un objeto de la invención consiste en mejorar un control de un sistema de suministro de agua.

El objeto se soluciona mediante las medidas descritas en las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones dependientes se presentan perfeccionamientos ventajosos de la invención.

Según un primer aspecto, la presente invención hace referencia a un procedimiento implementado por ordenador para controlar una distribución de presión y de flujo de un sistema de suministro de agua que comprende una pluralidad de estaciones de bombeo, con las etapas del procedimiento:

(a) lectura de un modelo hidráulico asistido por ordenador del sistema de suministro de agua, donde el modelo hidráulico asistido por ordenador está configurado para representar una distribución de presión y de flujo del sistema de suministro de agua, en función del tiempo,

(b) determinación de valores objetivo de presión y de flujo optimizados en cuanto a los recursos para las estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua por un periodo de pronóstico predeterminado, mediante el modelo hidráulico asistido por ordenador, por medio de un primer procedimiento de optimización,

(c) lectura de un modelo de bombeo para una estación de bombeo, donde el modelo de bombeo está configurado para representar un comportamiento de funcionamiento de dispositivos de bombeo de la estación de bombeo,

(d) determinación de parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos para los dispositivos de bombeo de la estación de bombeo mediante el modelo de bombeo en un instante predeterminado, por medio de un segundo procedimiento de optimización en función del valor objetivo de presión y de flujo de esa estación de bombeo por el instante predeterminado, en el tiempo después

de la etapa del procedimiento de la determinación (S2) de valores objetivo de presión y de flujo optimizados en cuanto a los recursos, para las estaciones de bombeo, y

- 5 (e) emisión de los parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos para controlar los dispositivos de bombeo de la estación de bombeo, donde mediante el segundo procedimiento de optimización se determina un valor de eficiencia de la estación de bombeo, el modelo hidráulico asistido por ordenador (HM) se actualiza mediante el valor de eficiencia de la estación de bombeo y se utiliza para determinar los valores objetivo de presión y flujo optimizados en cuanto a los recursos para las estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua.

- 10 Por "asistido por computador" o "asistido por ordenador", con relación a la invención, puede entenderse una implementación del procedimiento en la cual en particular un procesador realiza al menos una etapa del procedimiento, del procedimiento.

- 15 En tanto en la siguiente descripción no se indique otra cosa, los términos "realizar", "calcular", "asistido por ordenador", "computar", "determinar", "generar", "configurar", "reconstruir" y similares, preferentemente se refieren a acciones y/o procesos y/o etapas de procesamiento que modifican y/o generan los datos, y/o que transfieren los datos hacia otros datos, donde los datos en particular se presentan o pueden presentarse como variables físicas, por ejemplo como pulsos eléctricos. En particular, la expresión "ordenador" debe entenderse del modo más amplio posible, en particular para cubrir todos los aparatos electrónicos con propiedades de procesamiento de datos. Los ordenadores, con ello, por ejemplo, pueden ser ordenadores personales, servidores, controladores lógicos programables (PLC), sistemas informáticos portátiles, 20 ordenadores de bolsillo, dispositivos de telefonía móvil y otros dispositivos de comunicaciones que pueden procesar datos de forma asistida por ordenador, procesadores y otros dispositivos electrónicos para el procesamiento de datos.

- 25 Por un "módulo", con relación a la invención, puede entenderse por ejemplo un procesador y/o una unidad de almacenamiento para almacenar comandos de programa. Por ejemplo, el procesador está especialmente configurado para ejecutar los comandos de programa para que el procesador realice funciones para implementar o realizar el procedimiento según la invención o una etapa del procedimiento según la invención.

- 30 Por un "sistema de suministro de agua" en particular puede entenderse una red de suministro de agua o un conducto. El sistema de suministro de agua en particular comprende una pluralidad de estaciones de bombeo que, a su vez, comprenden una pluralidad de bombas/dispositivos de bombeo, y una pluralidad de tanques o contenedores. Los valores de los flujos y presiones en el sistema de suministro de agua se modifican en particular mediante las extracciones por medio de los consumidores y mediante el llenado de los tanques, donde sin embargo deben observarse niveles de llenado de un valor límite.

- 35 Por un "modelo hidráulico" en particular puede entenderse un modelo asistido por ordenador que representa una distribución de presión y de flujo en función del tiempo, del sistema de suministro de agua, dependiendo del funcionamiento del sistema. En particular, mediante el modelo hidráulico, pueden representarse el comportamiento de funcionamiento de las estaciones de bombeo y sistemas de contenedores, las extracciones desde el sistema (por medio de los consumidores) y/o las alimentaciones desde depósitos. El modelo hidráulico en particular comprende modelos para todos los componentes relevantes del sistema de suministro de agua, como por ejemplo tubos, contenedores, consumidores, depósitos, válvulas, estaciones de 40 bombeo. El modelo hidráulico preferentemente comprende modelos de sustitución sencillos para modelizar las respectivas estaciones de bombeo y para acelerar una optimización de la distribución de presión y de flujo del sistema de suministro de agua. Un modelo de sustitución, por ejemplo, puede ser un modelo de regresión. Las estaciones de bombeo, así como su eficiencia/comportamiento de bombeo, con ello, no se modelizan en detalle.

- 45 Por "valores objetivo de presión y de flujo optimizados en cuanto a los recursos", con relación a la invención, pueden entenderse en particular valores de presión y de flujo para una estación de bombeo, en donde para observar los mismos la estación de bombeo es operada de forma eficiente en cuanto a la energía/con energía mínima y/o de manera eficiente en cuanto a los costes/conveniente en cuanto a los costes.

- 50 Por un "procedimiento de optimización", con relación a la invención, puede entenderse en particular un procedimiento de optimización asistido por ordenador. En particular pueden utilizarse procedimientos de optimización conocidos.

Por un "modelo de bombeo" en particular puede entenderse una curva de las bombas o una característica de las bombas que describe el comportamiento de funcionamiento de un dispositivo de bombeo. El modelo de bombeo en particular describe las características de una bomba con respecto al sistema hidráulico y a la

eficiencia. Una característica de las bombas representa por ejemplo la relación entre una altura de presión y un flujo de salida.

Por un "parámetro de funcionamiento" para un dispositivo de bombeo puede entenderse por ejemplo un estado de funcionamiento, como por ejemplo "con."/"desc." (conectado/desconectado) y/o una velocidad con la que funciona el dispositivo de bombeo.

Una ventaja de la presente invención consiste en posibilitar un funcionamiento eficiente en cuanto a la energía y/o a los costes del sistema de suministro de agua. Mediante un primer procedimiento de optimización, en un primer plano/plano superior de optimización, se determinan valores de presión y de flujo optimizados para estaciones de bombeo individuales del sistema de suministro de agua. Esta primera optimización, preferentemente, tiene lugar por un periodo de pronóstico predeterminado.

A continuación, en un segundo plano/plano inferior de optimización, mediante un segundo procedimiento de optimización, se determina un funcionamiento, optimizado en cuanto a los recursos, de los dispositivos de bombeo individuales de las respectivas estaciones de bombeo, en función de los valores de presión y de flujo optimizados, previamente determinados, de la respectiva estación de bombeo. Esta segunda optimización, preferentemente, tiene lugar en un instante real. En particular, en la segunda optimización primero puede determinarse qué dispositivos de bombeo de una estación de bombeo deben ser operados.

Con ello, el problema de optimización se resuelve en dos planos. Además, las estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua, en la primera etapa de optimización pueden modelizarse con menos detalles/de forma más básica, como por ejemplo mediante modelos de sustitución. Una modelización detallada tiene lugar en la segunda etapa de optimización. Con ello, en base a un pronóstico para el funcionamiento del sistema de suministro de agua pueden determinarse parámetros de funcionamiento para el funcionamiento de los dispositivos de bombeo de una estación de bombeo en el instante real.

El modelo hidráulico puede actualizarse en función de los resultados del segundo procedimiento de optimización. En particular puede actualizarse de ese modo un modelo de regresión de una respectiva estación de bombeo. Además, para ello puede lograrse una consistencia entre los dos planos de optimización.

En una forma de ejecución ventajosa del procedimiento implementado por ordenador, los valores objetivo de presión y/o de flujo optimizados en cuanto a los recursos, de la estación de bombeo, pueden utilizarse como condiciones de contorno para el segundo procedimiento de optimización.

De este modo puede alcanzarse una consistencia entre los dos planos de optimización mediante la transferencia de los valores objetivo de flujo y de presión, desde el plano superior al plano inferior.

En una forma de ejecución ventajosa del procedimiento implementado por ordenador, los parámetros de funcionamiento para los dispositivos de bombeo pueden determinarse de manera que se cumpla con los valores objetivo de presión y de flujo de la estación de bombeo, optimizados en cuanto a los recursos, en el instante predeterminado.

De este modo, el resultado desde la primera optimización puede utilizarse para optimizar en detalle el comportamiento de funcionamiento de los dispositivos de bombeo de las respectivas estaciones de bombeo.

En una forma de ejecución del procedimiento implementado por ordenador, dispositivos de bombeo individuales de la estación de bombeo pueden seleccionarse en función del valor objetivo de presión y de flujo determinado de esa estación de bombeo y se determinan parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos solamente para los dispositivos de bombeo seleccionados.

Preferentemente se pone en funcionamiento sólo un número determinado de dispositivos de bombeo de una estación de bombeo para lograr un funcionamiento optimizado en cuanto a los recursos.

En una forma de ejecución ventajosa del procedimiento implementado por ordenador pueden realizarse las etapas del procedimiento (c) a (e) para cada estación de bombeo del sistema de suministro de agua.

Preferentemente, la segunda optimización para cada estación de bombeo se realiza de manera que se determinan parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos para dispositivos de bombeo de cada estación de bombeo.

En una forma de ejecución del procedimiento implementado por ordenador pueden repetirse las etapas del procedimiento (b) a (d) después de un intervalo de tiempo predeterminado.

De este modo puede reaccionarse rápidamente a variaciones dinámicas en el sistema de suministro de agua. Para la segunda etapa de optimización en un instante real o predeterminado, de este modo, se utiliza un pronóstico real a partir de la primera etapa de optimización.

En una forma de ejecución del procedimiento implementado por ordenador, estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua, en el modelo hidráulico asistido por ordenador del sistema de suministro de agua, pueden representarse mediante modelos de sustitución.

En particular puede representarse un comportamiento de funcionamiento, por ejemplo una eficiencia de bombeo, de una estación de bombeo, mediante el modelo de sustitución. Con ello, preferentemente, las estaciones de bombeo no están modelizadas en detalle en el plano de optimización superior, sino que se representan mediante modelos menos complejos.

En una forma de ejecución del procedimiento implementado por ordenador, el modelo de bombeo puede comprender características de las bombas de los dispositivos de bombeo.

En una forma de ejecución del procedimiento implementado por ordenador, los dispositivos de bombeo de la estación de bombeo pueden controlarse mediante los parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos.

De acuerdo con un segundo aspecto, la invención hace referencia a un dispositivo para controlar una distribución de presión y de flujo de un sistema de suministro de agua que comprende una pluralidad de estaciones de bombeo, que comprende

- una primera interfaz que está configurada para leer un modelo hidráulico asistido por ordenador del sistema de suministro de agua, donde el modelo hidráulico asistido por ordenador está configurado para representar una distribución de presión y de flujo del sistema de suministro de agua, en función del tiempo,

- un primer módulo de optimización que está configurado para determinar valores objetivo de presión y de flujo optimizados en cuanto a los recursos para las estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua por un periodo de pronóstico predeterminado, mediante el modelo hidráulico asistido por ordenador, por medio de un primer procedimiento de optimización,

- una segunda interfaz que está configurada para leer un modelo de bombeo para una estación de bombeo, donde el modelo de bombeo está configurado para representar un comportamiento de funcionamiento de dispositivos de bombeo de la estación de bombeo,

- un segundo módulo de optimización que está configurado para determinar parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos para los dispositivos de bombeo de la estación de bombeo mediante el modelo de bombeo en un instante predeterminado, por medio de un segundo procedimiento de optimización en función del valor objetivo de presión y de flujo de esa estación de bombeo para el instante predeterminado, en el tiempo después de la determinación de valores objetivo de presión y de flujo optimizados en cuanto a los recursos para las estaciones de bombeo, mediante el primer módulo de optimización, y

- un módulo de salida que está configurado para emitir los parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos para controlar los dispositivos de bombeo de la estación de bombeo, donde mediante el segundo procedimiento de optimización se determina un valor de eficiencia de la estación de bombeo, el modelo hidráulico asistido por ordenador (HM) se actualiza mediante el valor de eficiencia de la estación de bombeo y se utiliza para determinar los valores objetivo de presión y flujo optimizados en cuanto a los recursos para las estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua.

Además, la invención hace referencia a un producto de programa informático que puede cargarse directamente en un ordenador programable, el cual comprende partes de código de programa que, al ejecutarse el programa mediante un ordenador, disponen al mismo a realizar las etapas de un procedimiento según la invención.

Un producto de programa informático puede proporcionarse o ponerse a disposición en una red por ejemplo en un medio de almacenamiento, como por ejemplo una tarjeta de memoria, memoria USB, CD-ROM, DVD, un medio de almacenamiento no volátil/permanente (en inglés Non-transitory storage Medium), o también en forma de un archivo que puede descargarse desde un servidor.

- 5 En los dibujos, a modo de ejemplo, se representan ejemplos de ejecución del procedimiento según la invención y del dispositivo según la invención, y se explican con mayor detalle mediante la siguiente descripción.

Muestran:

Figura 1: un ejemplo de ejecución del procedimiento según la invención;

- 10 Figura 2: otro ejemplo de ejecución del procedimiento según la invención; y

Figura 3: un ejemplo de ejecución del dispositivo según la invención.

En todas las figuras, las partes que se corresponden unas a otras están provistas de los mismos símbolos de referencia.

- 15 En particular, los siguientes ejemplos de ejecución muestran solamente posibilidades de realización a modo de ejemplo, en particular de cómo podrían verse las realizaciones de esa clase de la teoría según la invención, ya que es imposible y tampoco es efectivo o necesario para la comprensión de la invención enumerar todas esas posibilidades de realización.

- 20 Además, en particular para un experto (especializado), que conoce la/s reivindicación/reivindicaciones relativas al procedimiento, naturalmente son conocidas todas las posibilidades habituales en el estado del arte para la realización de la invención, de manera que en particular no se requiere una revelación separada en la descripción.

- 25 La Figura 1 muestra un ejemplo de ejecución del procedimiento según la invención para controlar una distribución de presión y de flujo de un sistema de suministro de agua, como diagrama de flujo. El sistema de suministro de agua comprende una pluralidad de estaciones de bombeo que respectivamente comprenden una pluralidad de bombas/dispositivos de bombeo, y contenedores para regular la presión y el flujo en todo el sistema, de manera que la presión y el flujo cumpla con los valores objetivos para el consumidor.

- 30 En la primera etapa S1 del procedimiento se lee un modelo hidráulico asistido por ordenador, del sistema de suministro de agua. El modelo hidráulico asistido por ordenador representa una distribución de presión y de flujo del sistema de suministro de agua, en función del tiempo. De manera preferente, el modelo hidráulico respectivamente comprende modelos de sustitución, también denominados como modelos de eficiencia, de las respectivas estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua. Con esos modelos de sustitución puede representarse el comportamiento de funcionamiento de las estaciones de bombeo. Un modelo de sustitución, por ejemplo, puede ser un modelo de regresión.

- 35 En la siguiente etapa S2 del procedimiento, mediante el modelo hidráulico y mediante un primer procedimiento de optimización, se determinan valores objetivo de presión y de flujo optimizados para las estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua para un periodo de pronóstico predeterminado. Con ello, se considera aquí un periodo más prolongado, por ejemplo para representar correctamente la utilización de los contenedores. Los contenedores representan una capacidad de almacenamiento que permite desacoplar en el tiempo la puesta a disposición del agua y su extracción, mediante los consumidores. Sólo de
40 ese modo pueden evitarse picos de consumo. Además, en el caso de precios variables de la energía, el bombeo puede llevarse a ventanas de tiempo más convenientes en cuanto a los costes.

- 45 Expresado de otro modo, preferentemente partiendo desde un instante real, para un periodo predeterminado, se optimiza la distribución de flujo y de presión para el sistema de suministro de agua, mediante el modelo hidráulico. Se emiten los valores objetivos de presión y de flujo con resolución temporal determinados para las estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua.

En la siguiente etapa S3 se lee al menos un modelo de bombeo para al menos una estación de bombeo. Preferentemente, para cada estación de bombeo del sistema de suministro de agua se lee un modelo de bombeo correspondiente. Un respectivo modelo de bombeo está configurado para representar un comportamiento de funcionamiento de dispositivos de bombeo/bombas de la estación de bombeo. Un modelo

de bombeo, por ejemplo, puede comprender una característica de las bombas o una curva de las bombas para un dispositivo de bombeo.

En la siguiente etapa S4, para un instante predeterminado se determinan parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos para los dispositivos de bombeo de la estación de bombeo, mediante el modelo de bombeo, por medio de un segundo procedimiento de optimización, en función del valor objetivo de presión y de flujo de esa estación de bombeo, para el instante predeterminado. El segundo procedimiento de optimización, por ejemplo, también puede ser igual al primer procedimiento de optimización. Preferentemente, los parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos se determinan en un instante real. Para ello, preferentemente se utilizan los valores objetivo de presión y/o de flujo, optimizados en cuanto a los recursos, de la estación de bombeo considerada, como condición de contorno para el segundo procedimiento de optimización. De este modo, los resultados del cálculo a partir de la primera etapa de optimización S2, pueden utilizarse para la optimización detallada del comportamiento de funcionamiento de las bombas individuales de una estación de bombeo. En particular, los parámetros de funcionamiento para los dispositivos de bombeo se determinan de manera que en el instante predeterminado se cumple con los valores objetivo de presión y de flujo, optimizados en cuanto a los recursos, previamente determinados, de la respectiva estación de bombeo.

En la siguiente etapa S5, los parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos se emiten para controlar los dispositivos de bombeo de la respectiva estación de bombeo y, con ello, para controlar el sistema de suministro de agua.

Las etapas S3 bis S5 del procedimiento preferentemente se realizan para cada estación de bombeo del sistema de suministro de agua. En particular, de este modo respectivamente puede determinarse cuál de los dispositivos de bombeo, de la respectiva estación de bombeo, debe ser activado. Expresado de otro modo, dispositivos de bombeo individuales de una estación de bombeo pueden seleccionarse en función del valor objetivo de presión y de flujo determinado de esa estación de bombeo y se determinan parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos solamente para los dispositivos de bombeo seleccionados.

Además, el modelo hidráulico, así como los modelos de sustitución/modelos de eficiencia, pueden actualizarse mediante los resultados de optimización a partir de las etapas S3 a S5, para adaptar los mismos a un comportamiento dinámico del sistema de suministro de agua.

Las etapas del procedimiento S2 a S5, en particular para un periodo de pronóstico subsiguiente, pueden repetirse después de un intervalo de tiempo predeterminado.

En la siguiente etapa S6 del procedimiento, los dispositivos de bombeo de las estaciones de bombeo pueden controlarse según los parámetros de funcionamiento determinados, optimizados en cuanto a los recursos. En el caso de una nueva repetición de las etapas del procedimiento S2 a S5 pueden emitirse parámetros de funcionamiento actualizados conforme a ello.

La Figura 2 muestra otro ejemplo de ejecución del procedimiento según la invención para controlar una distribución de presión y de flujo de un sistema de suministro de agua, en una representación en bloques.

El procedimiento comprende dos planos de optimización. En el primer plano de optimización, mediante un primer procedimiento de optimización OPT1, se determinan valores objetivo de presión y de flujo optimizados $((D_1, F_1, \dots, (D_i, F_i), \dots, (D_n, F_n))$ para $i = 1, \dots, n$ estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua. El procedimiento de optimización OPT1, para ello, se aplica en un modelo hidráulico asistido por ordenador HM, que representa una distribución de flujo y de presión en el sistema de suministro de agua.

Al modelo hidráulico HM se transfieren para ello valores de pronóstico P con resolución temporal y espacial de extracciones / consumidores. Además, valores de flujo con resolución temporal y presiones de salida FD_{in} de las estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua y datos de estado reales SD de contenedores y en el instante de inicio del pronóstico, como por ejemplo niveles de llenado de depósitos, se transfieren al modelo hidráulico HM.

El modelo hidráulico HM comprende al menos un modelo de regresión RM de una estación de bombeo del sistema de suministro de agua, donde el modelo de regresión RM describe la eficiencia de la estación de bombeo.

Con el modelo hidráulico HM, para un periodo de pronóstico predeterminado pueden determinarse flujos $F(t)$ y presiones $D(t)$, con resolución temporal, en el sistema de suministro de agua, la demanda de energía E_1 para la regulación de los flujos y presiones, y niveles de llenado de contenedores FS. Expresado de otro

modo, el modelo hidráulico HM comprende el comportamiento dinámico del sistema de suministro de agua durante el periodo de pronóstico.

Por medio del modelo hidráulico HM, mediante el primer procedimiento de optimización OPT1, se calculan valores objetivo de presión y flujo optimizados en cuanto a los recursos $((D1, F1, \dots, (Di, Fi), \dots, (Dn, Fn))$ para las respectivas estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua, para el periodo de pronóstico predeterminado. Para ello, los flujos y las presiones de salida de las estaciones de bombeo, es decir, las variables de optimización, se determinan en el periodo de pronóstico de manera que los flujos y presiones en el sistema de suministro de agua observan limitaciones en todos los instantes (condiciones de contorno de la optimización), así como los niveles de llenado de los contenedores permanecen en límites predeterminados, y la demanda de energía y/o los costes son óptimos. La demanda de energía y/o los costes, por consiguiente, son la función objetivo de esa optimización.

Los valores objetivo de presión y de flujo así determinados $((D1, F1, \dots, (Di, Fi), \dots, (Dn, Fn))$, para las respectivas estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua, se proporcionan para la segunda optimización. La segunda etapa de optimización, preferentemente, se realiza para cada estación de bombeo. Preferentemente, la segunda etapa de optimización se realiza para un instante real y/o para el instante para el que se encuentra pendiente una decisión de control concreta con respecto al funcionamiento de las bombas.

Para cada estación de bombeo $(1=1, \dots, n)$ se proporciona un modelo de bombeo PM que comprende por ejemplo al menos una característica de la bomba, para una bomba. Al modelo de bombeo PM se transfiere el valor objetivo de presión Di que fue determinado en la etapa de optimización precedente para esa estación de bombeo, como presión de salida para el instante considerado. Además, al modelo de bombeo PM se transfieren una presión de entrada Din de las bombas de la estación de bombeo e información sobre el estado de funcionamiento OS de las bombas. Mediante el modelo de bombeo puede determinarse un flujo, la demanda de energía $E2$ y un valor de eficiencia Eff de la estación de bombeo.

Mediante el segundo procedimiento de optimización OPT2 puede determinarse un estado de funcionamiento de las bombas (variable de optimización), de manera que un valor de flujo alcanza al menos el valor objetivo de flujo Fi de la estación de bombeo a partir de la primera etapa de optimización, para el instante considerado, de modo que la demanda de energía de esa estación de bombeo es óptima. Expresado de otro modo, el valor objetivo de flujo Fi a partir de la primera etapa de optimización es aquí una condición de contorno de la segunda optimización OPT2. A partir del estado de funcionamiento determinado de ese modo pueden derivarse parámetros de funcionamiento Ri para la respectiva estación de bombeo y proporcionarse para el control de la estación de bombeo. Además, el valor de eficiencia Eff determinado puede utilizarse para la actualización del modelo de regresión RM para la estación de bombeo correspondiente, para adaptar el mismo al comportamiento de funcionamiento dinámico del sistema de suministro de agua.

La Figura 3 muestra un ejemplo de ejecución del dispositivo 100 según la invención para controlar una distribución de presión y de flujo de un sistema de suministro de agua WVS, como por ejemplo un conducto. El sistema de suministro de agua comprende una pluralidad de estaciones de bombeo $PS1, \dots, PSi, \dots, PSn$ y varios tanques $T1, T2$. El dispositivo 100 en particular está configurado para realizar las etapas de un procedimiento según la invención, como se explica a modo de ejemplo mediante las Figuras 1 y 2. El dispositivo y/o sus módulos en particular pueden estar configurados en software y/o hardware.

El dispositivo 100 comprende una primera interfaz 101 que está configurada para leer un modelo hidráulico asistido por ordenador HM del sistema de suministro de agua WVS, donde el modelo hidráulico asistido por ordenador HM está configurado para representar una distribución de presión y de flujo del sistema de suministro de agua, en función del tiempo.

El dispositivo 100 comprende además un primer módulo de optimización 102 que está configurado para determinar valores objetivo de presión y de flujo optimizados en cuanto a los recursos $(D1, F1), \dots, (Di, Fi), \dots, (Dn, Fn)$ para las estaciones de bombeo $P1, \dots, Pn$ del sistema de suministro de agua para un periodo de pronóstico predeterminado, mediante el modelo hidráulico asistido por ordenador HM, por medio de un primer procedimiento de optimización OPT1.

El dispositivo 100 comprende además una segunda interfaz 103 que está configurada para leer un modelo de bombeo PM, como por ejemplo una característica de las bombas para cada estación de bombeo $P1, \dots, Pn$. De este modo, el respectivo modelo de bombeo PM está configurado para representar un comportamiento de funcionamiento de dispositivos de bombeo de la respectiva estación de bombeo, es decir, que para cada estación de bombeo en particular puede leerse otro modelo de bombeo.

- 5 Además, el dispositivo 100 comprende un segundo módulo de optimización 104 que está configurado para determinar parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos R_i para los dispositivos de bombeo de cada estación de bombeo mediante el modelo de bombeo PM en un instante predeterminado, mediante un segundo procedimiento de optimización OPT2, en función del valor objetivo de presión y de flujo de esa estación de bombeo, para el instante predeterminado. En la Figura 3, a modo de ejemplo, se muestra la optimización para la estación de bombeo P_i .

Los parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos R_i para la estación de bombeo P_i , desde un módulo de salida 105 del dispositivo 100, se emiten para controlar los dispositivos de bombeo de la estación de bombeo.

- 10 Por ejemplo, los parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos pueden transmitirse a una unidad de control del sistema de suministro de agua para controlar las bombas de modo correspondiente.

La invención no está limitada a los ejemplos de ejecución descritos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento implementado por ordenador para controlar una distribución de presión y de flujo de un sistema de suministro de agua (WVS) que comprende una pluralidad de estaciones de bombeo, con las etapas del procedimiento:

- 5 (a) lectura (S1) de un modelo hidráulico asistido por ordenador (HM) del sistema de suministro de agua, donde el modelo hidráulico asistido por ordenador está configurado para representar una distribución de presión y de flujo del sistema de suministro de agua, en función del tiempo,
- 10 (b) determinación (S2) de valores objetivo de presión y de flujo optimizados en cuanto a los recursos ((D1,F1),..., (Di,Fi),..., (Dn,Fn)) para las estaciones de bombeo (P1, ..., Pn) del sistema de suministro de agua por un periodo de pronóstico predeterminado, mediante el modelo hidráulico asistido por ordenador (HM), por medio de un primer procedimiento de optimización (OPT1),
- 15 (c) lectura (S3) de un modelo de bombeo asistido por ordenador (PM) para una estación de bombeo (Pi), donde el modelo de bombeo está configurado para representar un comportamiento de funcionamiento de dispositivos de bombeo de la estación de bombeo (Pi),
- 20 (d) determinación (S4) de parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos (Ri) para los dispositivos de bombeo de la estación de bombeo (Pi) mediante el modelo de bombeo asistido por ordenador (PM) en un instante predeterminado, por medio de un segundo procedimiento de optimización (OPT2) en función del valor objetivo de presión y de flujo de esa estación de bombeo por el instante predeterminado, en el tiempo después de la etapa del procedimiento de la determinación (S2) de valores objetivo de presión y de flujo optimizados en cuanto a los recursos, para las estaciones de bombeo,
- y
- 25 (e) emisión (S5) de los parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos (Ri) para controlar los dispositivos de bombeo de la estación de bombeo (Pi), donde mediante el segundo procedimiento de optimización se determina un valor de eficiencia de la estación de bombeo, el modelo hidráulico asistido por ordenador (HM) se actualiza mediante el valor de eficiencia de la estación de bombeo y se utiliza para determinar los valores objetivo de presión y flujo optimizados en cuanto a los recursos para las estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua.
- 30 2. Procedimiento implementado por ordenador según la reivindicación 1, donde los valores objetivo de presión y/o de flujo de la estación de bombeo, optimizados en cuanto a los recursos, se utilizan como condiciones de contorno para el segundo procedimiento de optimización (OPT2).
- 35 3. Procedimiento implementado por ordenador según una de las reivindicaciones precedentes, donde los parámetros de funcionamiento para los dispositivos de bombeo se determinan de manera que se cumple con los valores objetivo de presión y de flujo de la estación de bombeo, optimizados en cuanto a los recursos, en el instante predeterminado.
- 40 4. Procedimiento implementado por ordenador según una de las reivindicaciones precedentes, donde dispositivos de bombeo individuales de la estación de bombeo (Pi) se seleccionan en función del valor objetivo de presión y de flujo determinado de esa estación de bombeo y se determinan parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos solamente para los dispositivos de bombeo seleccionados.
5. Procedimiento implementado por ordenador según una de las reivindicaciones precedentes, donde se realizan las etapas del procedimiento (c) a (e) para cada estación de bombeo del sistema de suministro de agua.
- 45 6. Procedimiento implementado por ordenador según una de las reivindicaciones precedentes, donde las etapas del procedimiento (b) a (d) se repiten después de un intervalo de tiempo predeterminado.
7. Procedimiento implementado por ordenador según una de las reivindicaciones precedentes, donde estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua, en el modelo hidráulico asistido por ordenador del sistema de suministro de agua, se representan mediante modelos de sustitución.

8. Procedimiento implementado por ordenador según una de las reivindicaciones precedentes, donde el modelo de bombeo comprende características de bombas de los dispositivos de bombeo.
9. Procedimiento implementado por ordenador según una de las reivindicaciones precedentes, donde los dispositivos de bombeo de la estación de bombeo se controlan mediante los parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos (S6).
10. Dispositivo (100) para controlar una distribución de presión y de flujo de un sistema de suministro de agua que comprende una pluralidad de estaciones de bombeo, que comprende
- una primera interfaz (102) que está configurada para leer un modelo hidráulico asistido por ordenador del sistema de suministro de agua, donde el modelo hidráulico asistido por ordenador está configurado para representar una distribución de presión y de flujo del sistema de suministro de agua, en función del tiempo,
 - un primer módulo de optimización (102) que está configurado para determinar valores objetivo de presión y de flujo optimizados en cuanto a los recursos ((D1,F1),..., (Di,Fi),..., (Dn,Fn)) para las estaciones de bombeo (P1, ..., Pn) del sistema de suministro de agua por un periodo de pronóstico predeterminado, mediante el modelo hidráulico asistido por ordenador (HM), por medio de un primer procedimiento de optimización (OPT1),
 - una segunda interfaz (103) que está configurada para leer un modelo de bombeo (PM) para una estación de bombeo, donde el modelo de bombeo está configurado para representar un comportamiento de funcionamiento de dispositivos de bombeo de la estación de bombeo,
 - un segundo módulo de optimización (104) que está configurado para determinar parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos para los dispositivos de bombeo de la estación de bombeo (Pi) mediante el modelo de bombeo (PM) en un instante predeterminado, por medio de un segundo procedimiento de optimización (OPT2) en función del valor objetivo de presión y de flujo de esa estación de bombeo por el instante predeterminado, en el tiempo después de la determinación de valores objetivo de presión y de flujo optimizados en cuanto a los recursos para las estaciones de bombeo, mediante el primer módulo de optimización,
- y
- un módulo de salida (105) que está configurado para emitir los parámetros de funcionamiento optimizados en cuanto a los recursos (Ri) para controlar los dispositivos de bombeo de la estación de bombeo, donde mediante el segundo procedimiento de optimización se determina un valor de eficiencia de la estación de bombeo, el modelo hidráulico asistido por ordenador (HM) se actualiza mediante el valor de eficiencia de la estación de bombeo y se utiliza para determinar los valores objetivo de presión y flujo optimizados en cuanto a los recursos para las estaciones de bombeo del sistema de suministro de agua.
11. Producto de programa informático que puede cargarse directamente en un ordenador programable, que comprende partes del código de programa que, durante la ejecución del programa mediante un ordenador, disponen al mismo a realizar las etapas de un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8.

DIBUJOS

FIG 1

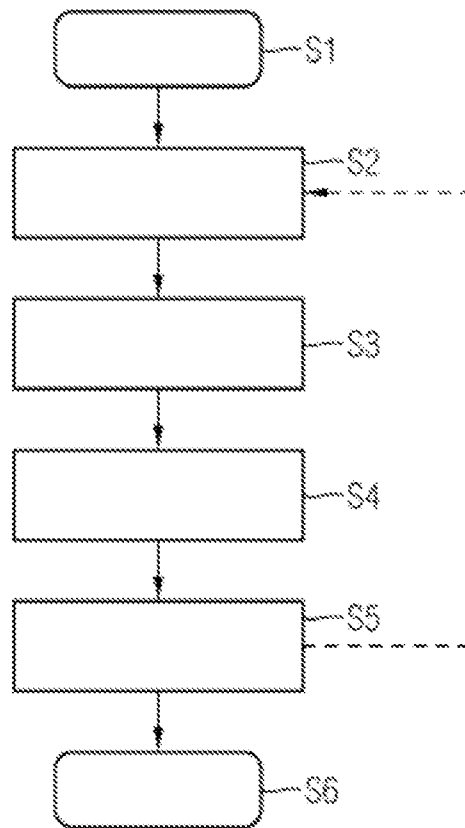


FIG 2

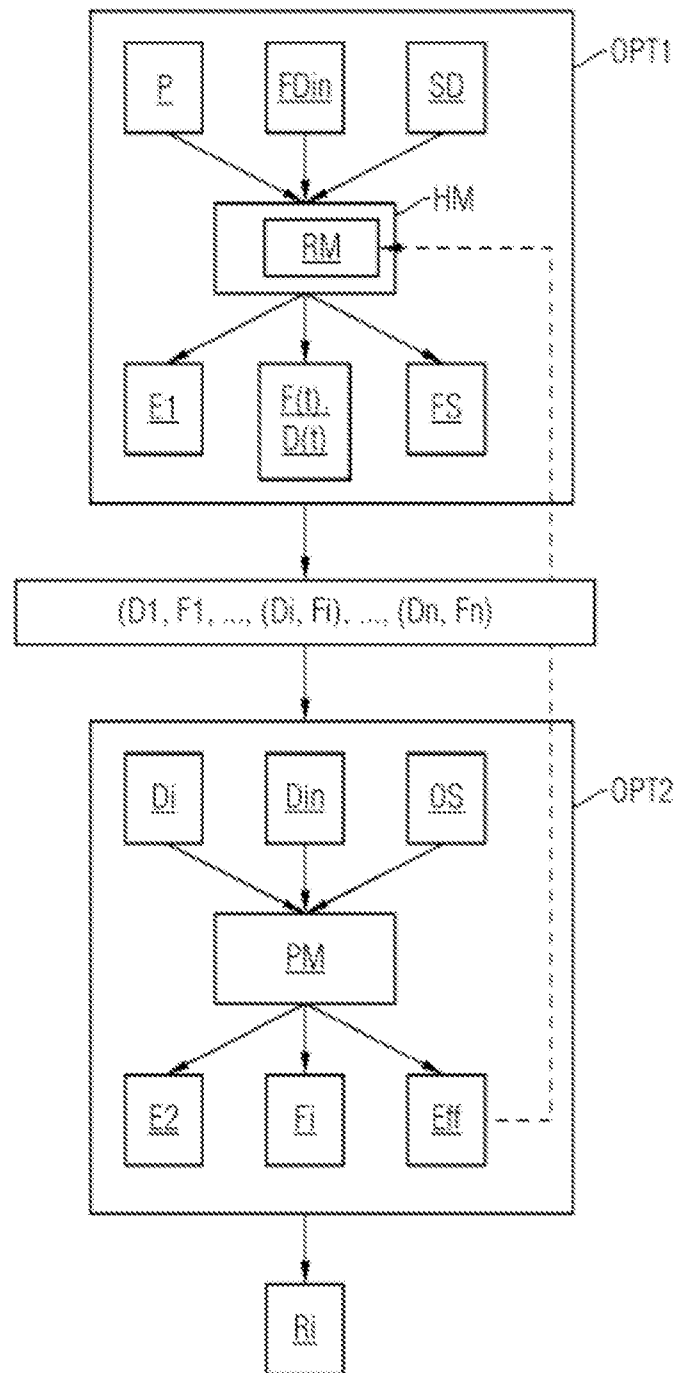


FIG 3

