

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 666**

51 Int. Cl.:

G05B 23/02 (2006.01)

G05B 13/02 (2006.01)

G05D 16/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2014 PCT/EP2014/078407**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.07.2015 WO15104156**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2014 E 14816231 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 3092534**

54 Título: **Sistema y procedimiento de monitorización para sistema de producción de conducción de fluidos**

30 Prioridad:

09.01.2014 DE 102014000276

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

26.12.2018

73 Titular/es:

**FRESENIUS MEDICAL CARE DEUTSCHLAND
GMBH (100.0%)
Else-Kröner-Strasse 1
61352 Bad Homburg, DE**

72 Inventor/es:

BRAUN, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 694 666 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 y procedimiento de monitorización para sistema de producción de conducción de fluidos

Campo técnico

- 5 La invención se refiere a procesamiento de datos electrónico en general y en especial a un sistema de ordenador, a un producto de programa de ordenador y a un procedimiento implementado en ordenador para la supervisión de componentes de un sistema de producción en cascada de conducción de fluidos.

Antecedentes

- 10 En sistemas de producción en cascada de conducción de fluidos, como por ejemplo en sistemas de tratamiento de agua para diálisis, se usan tras cada paso de producción o de limpieza, sensores para la supervisión de parámetros específicos. Los sensores ofrecen para cada componente supervisado mediante sensor del sistema de producción, datos de medición, los cuales pueden usarse para la determinación del estado de funcionamiento del correspondiente componente. Un ejemplo de un parámetro específico de este tipo es la diferencia de presión entre la presión de entrada de un componente específico y la presión de salida del componente específico. De esta manera esta diferencia de presión es diferente por ejemplo para un filtro de arena cuando está lleno de arena limpia o cuando el filtro está sucio con partículas introducidas. A partir del parámetro específico (por ejemplo diferencia de presión) puede concluirse de esta manera el estado de funcionamiento del correspondiente componente. En el caso de la supervisión de los parámetros específicos de los componentes individuales del sistema de producción en cascada es posible vigilar la funcionalidad del sistema de producción desde la distancia y eventualmente planificar y preparar encargos de servicio o de preparación. Este tipo de sistemas de supervisión complejos usan normalmente dos sensores por componente, midiendo el primer sensor el valor de entrada del parámetro específico y el segundo sensor el valor de salida del parámetro para el correspondiente componente. Para los sistemas de producción en cascada se requiere de esta manera una gran cantidad de sensores, lo cual da como resultado una alta complejidad de sistema y tiene como consecuencia un gran volumen de datos de medición. El documento US2005/0274417 describe un sistema técnico de seguridad para el uso en el diagnóstico de funcionamiento de un sistema de proceso de base con conducciones de proceso, las cuales contienen un flujo de líquido de proceso, presentando el sistema técnico de seguridad un regulador de ajuste de válvula, el cual está configurado de tal manera que controla una válvula, la cual controla el flujo del líquido de proceso a través de las conducciones de proceso como reacción a una señal de control; así como una disposición de conmutación de diagnóstico.

Resumen

- 30 Existe por lo tanto una necesidad de un sistema soportado por ordenador de complejidad reducida para la supervisión de componentes de sistema en sistemas de producción en cascada de conducción de fluidos, reduciéndose al mismo tiempo el volumen de datos de medición relacionado con la supervisión.

- 35 Este problema se soluciona mediante las características de las reivindicaciones independientes. Una forma de realización se refiere a un sistema de ordenador para la determinación de un estado de funcionamiento de un componente de sistema en un sistema de producción en cascada de conducción de fluidos. Son ejemplos de estos sistemas de producción en cascada de conducción de fluidos las instalaciones de tratamiento de agua, las refinerías, las instalaciones de proceso químico u otras instalaciones, en las cuales se modifica o se trata un líquido a procesar a través de varios componentes de sistema dispuestos en cascada (por ejemplo, filtros, bombas, etc.) del sistema de producción.

- 40 El sistema de ordenador comprende en este caso una interfaz para la recepción de una primera y de una segunda señal de pulso de presión. La primera señal de pulso de presión caracteriza un pulso de presión antes de atravesar el sistema de producción y la segunda señal de pulso de presión caracteriza el pulso de presión tras atravesar el sistema de producción. Este pulso de presión puede estar provocado por ejemplo por el sistema de ordenador mismo mediante una señal de control a un componente de sistema correspondiente (por ejemplo bomba), del sistema de producción. El pulso de presión puede estar provocado no obstante también manualmente por un usuario del sistema de producción o a intervalos definidos por el sistema de producción mismo. Un pulso de presión puede presentar en este caso la forma de un aumento de presión temporal, en el cual la presión vuelve a caer rápidamente al nivel del estado original. Son posibles no obstante también otras formas de pulso, como por ejemplo una forma escalonada, en la cual la presión aumenta del nivel original de manera brusca a un nivel más alto, el cual se mantiene a continuación por un periodo de tiempo más largo. Este periodo de tiempo comprende en este caso la longitud de las respuestas de impulso de los componentes de sistema.

El parámetro de presión representa en este caso un ejemplo de una magnitud de medición física, la cual se da de manera continua para la totalidad del sistema de producción. Pueden usarse de igual manera otros parámetros de medición físicos. Podrían usarse por ejemplo de manera adicional a los sensores de medición de la presión, también

sensores para la determinación de parámetros químicos/físicos, como el contenido de cloro, dureza, contenido de hierro, valor de pH o parámetros similares, cuyo valor se ve influido por el paso a través de un componente de sistema. El experto será capaz de trasladar o de ampliar el principio que será explicado a continuación mediante el parámetro de presión, a otros parámetros técnicos de caracterización de sistema.

5 El pulso de presión se genera en este caso en un punto en el sistema de producción, el cual se encuentra en lo que se refiere a la dirección de expansión de la onda de presión producida por el pulso de presión, delante de los otros componentes de sistema del sistema de producción. Estos componentes de sistema pueden ser por ejemplo determinados componentes de filtro para la limpieza del fluido o para la modificación química del fluido. En una forma de realización se detecta la primera señal de pulso de presión mediante un primer sensor de presión del sistema de producción, el cual está dispuesto entre el componente de producción de pulso de presión y los otros componentes de sistema. La segunda señal de pulso de presión es detectada por un segundo sensor de presión del sistema de producción, el cual está dispuesto en lo que se refiere a la dirección de expansión de la onda de presión provocada por el pulso de presión, detrás del último componente de sistema. En una forma de realización alternativa puede detectarse la primera señal de pulso de presión directamente mediante el componente de generación de pulso de presión, que cumple de esta manera la función del primer sensor de presión. Se requieren de esta manera los valores de medición de solo dos puntos de medición, los cuales caracterizan la medición del pulso de presión por todos los componentes presentes en el sistema de producción para la totalidad del sistema.

20 El sistema de ordenador comprende además de ello una unidad de memoria para memorizar una pluralidad de funciones de transferencia. Una función de transferencia memorizada describe en este caso una respuesta de impulso dependiente del estado de funcionamiento de al menos uno de los sistemas de componente del sistema de producción al pulso de presión. En general una función de transferencia describe matemáticamente la relación entre la señal de entrada y de salida de un sistema dinámico por ejemplo en el espacio de frecuencia. En el contexto del sistema de producción puede entenderse cada componente de sistema como un subsistema. Con la ayuda de la función de transferencia puede determinarse para una señal de entrada cualquiera (pulso de presión) la señal de salida (pulso de presión modificado), es decir, la reacción del correspondiente componente de sistema. Es típica para el componente de sistema la reacción demorada en el tiempo de la señal de salida con respecto a la señal de entrada.

30 La función de transferencia de un componente de sistema es una función de la frecuencia, es decir, describe qué cambio experimenta cada frecuencia individual de la señal de entrada. Puede calcularse con ella cómo una señal de entrada cualquiera es transformada por el componente de sistema o qué señal de salida provoca el mismo. Las funciones de transferencia para el cálculo de la reacción de un sistema pueden usarse en todos los sistemas, los cuales pueden representarse mediante ecuaciones diferenciales o de diferencia lineales. Un sistema de componente, como por ejemplo un filtro de arena, puede presentar por ejemplo un comportamiento de amortiguación típico, el cual amortigua de forma diferente el pulso de presión dependiendo del grado de ensuciamiento del filtro con partículas introducidas. Para cada componente de sistema pueden haber dispuestas en la unidad de memoria una o varias funciones de transferencia, las cuales describen por ejemplo, la respuesta de impulso del componente de sistema en el estado de funcionamiento ideal (limpio) o en estados de funcionamiento, los cuales difieren del estado ideal (ligeramente sucio, muy sucio, en proceso de limpieza, etc.).

40 Son ejemplos de funciones de transferencia usadas a menudo: filtros de Butterworth, filtros de Bessel, filtros de Cauer, filtros de Tschebyscheff, filtros gaussianos, filtros de Raised-Cosine, elemento-P, elemento-I, elemento-D, elemento-PT1, elemento-PT2 o elemento de tiempo muerto.

45 El sistema de ordenador comprende además de ello una unidad de evaluación para determinar una función de transferencia para el sistema de producción de la primera y de la segunda señal de pulso de presión. Dado que las dos señales de pulso de presión describen la modificación del pulso de presión por la totalidad de los componentes de sistema, la diferencia de señales representa una medida para la respuesta de impulso del sistema global. La función de transferencia del sistema global contiene de esta manera las proporciones de frecuencia, las cuales están relacionadas con las respuestas de impulso de los componentes de sistema individuales. Dado que los componentes de sistema individuales dan lugar debido a sus características de amortiguación específicas a respuestas de impulso específicas de componente, se correlacionan con ellas también espectros de frecuencias específicos de componente con los correspondientes componentes de sistema. De las funciones de transferencia individuales de los diferentes componentes de sistema puede calcularse la función de transferencia del sistema global. Si se calcula solo la función de transferencia para el sistema de producción global basándose en las funciones de transferencia específicas de componente de sistema, que describen su estado de funcionamiento libre de perturbaciones, se obtiene la función de transferencia del sistema global para el estado de funcionamiento libre de perturbaciones. La unidad de evaluación puede determinar de esta manera mediante una comparación de la función de transferencia determinada basándose en los valores de medición para el sistema de producción con la función de transferencia global calculada basándose en las funciones de transferencia específicas de componentes de sistema individuales, para el sistema de producción, si el sistema de producción se encuentra en un estado de funcionamiento libre de perturbaciones. En caso de comprobar el componente de evaluación en caso de esta comparación diferencias con respecto al estado de funcionamiento libre de perturbaciones, puede comprobarse

mediante el análisis espectral de frecuencias qué componente/componentes de sistema son responsables de la/las diferencia/diferencias. Basándose en las funciones de transferencia para un componente de sistema específico del sistema de producción puede determinarse finalmente el estado de funcionamiento de este componente de sistema específico del sistema de producción. La unidad de evaluación, una vez se ha determinado el componente de sistema específico mediante análisis espectral de frecuencias, puede calcular de nuevo por ejemplo la función de transferencia para el sistema de producción global y usar en este caso la función de transferencia específica de componente para un estado de funcionamiento no libre de perturbación del componente de sistema. Cuando la función de transferencia de sistema global calculada de esta manera se corresponde entonces lo suficiente con la función de transferencia de sistema global determinada a partir de los valores de medición, puede concluirse de ello el estado de funcionamiento del componente de sistema específico.

El concepto perturbación se refiere en este caso generalmente a una diferencia con respecto al estado de funcionamiento ideal. En este sentido se consideran también en particular estados de funcionamiento como perturbados, incluso cuando estos estados de funcionamiento se han provocado intencionadamente. Forma parte de ellos por lo tanto por ejemplo también un estado de limpieza de un componente de sistema, dado que por ejemplo, durante un proceso de lavado la respuesta de impulso de este componente se diferencia de la respuesta de impulso durante el funcionamiento de producción normal.

Otros aspectos de la presente invención son un procedimiento implementado en ordenador, el cual puede llevarse a cabo mediante el sistema de ordenador que se ha descrito, así como un producto de programa de ordenador con instrucciones, las cuales pueden ser ejecutadas por el mencionado sistema de ordenador de tal manera que el procedimiento implementado en ordenador se ejecuta correspondientemente.

Otras formas de realización ventajosas de la invención pueden verse en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 muestra un ejemplo de realización del sistema de ordenador según la invención para la supervisión de componentes de sistema de un sistema de producción;

La FIG. 2 ilustra diferentes ejemplos de un pulso de presión según la invención;

La FIG. 3A muestra a modo de ejemplo curvas características de amortiguación de componentes de sistema con comportamiento de amortiguación descendente a lo largo del tiempo;

La FIG. 3B muestra a modo de ejemplo curvas características de amortiguación de componentes de sistema con comportamiento de amortiguación ascendente a lo largo del tiempo;

La FIG. 4A ilustra el cálculo de una función de transferencia de modelo dependiente del tiempo para la totalidad del sistema de producción en cascada;

La FIG. 4B ilustra la función de transferencia real para la totalidad del sistema de producción en cascada;

La FIG. 5 ilustra una forma de realización según la invención para la comparación de una función de transferencia real con una función de transferencia modelo; y

La FIG. 6 es un diagrama de flujo simplificado de un procedimiento implementado en ordenador según la invención.

Descripción detallada

La FIG. 1 muestra un ejemplo de realización del sistema de ordenador 100 según la invención para la supervisión de componentes de sistema K1 a Kp de un sistema de producción 200.

El sistema de producción en cascada de conducción de fluidos 200 comprende una pluralidad de componentes de sistema, los cuales están dispuestos en una disposición en cascada y son adecuados para procesar el líquido (fluido) guiado por el sistema de producción 200. Cada componente de sistema lleva a cabo en este caso un paso de procesamiento, el cual sirve para el tratamiento o la transformación del fluido. Los componentes de sistema pueden estar dispuestos como se representa en el ejemplo de realización, secuencialmente en una cascada. Pueden presentarse también ramificaciones, las cuales paralelizan el recorrido de fluido por tramos, reuniéndose de nuevo los tramos paralelizados en última instancia en el último nivel de cascada Kp.

Un ejemplo del sistema de producción en cascada de conducción de fluidos 200 es un sistema de tratamiento de agua para la diálisis. Son ejemplos de componentes de sistema dispuestos en cascada K1 a Kp de un sistema de

tratamiento de agua de este tipo: unidad de entrada de agua fresca, depósito de agua fresca, filtro de medios, filtro de partículas, descalcificador, filtro de carbón activo, cartuchos de filtro de profundidad, filtros gruesos o filtros en espiral.

5 El sistema de producción 200 está equipado con dos sensores S1, S2. Los sensores S1, S2 se usan para la supervisión de parámetros técnicos específicos del sistema de producción 200. Son ejemplos de estos parámetros técnicos la presión al inicio de la cascada de producción y al final de la cascada de producción o parámetros químicos como por ejemplo el contenido de cloro, el grado de dureza, el contenido de hierro o el valor de pH del fluido respectivamente al inicio de la cascada de producción y al final de la cascada de producción. En una forma de realización los sensores S1 y S2 están implementados como sensores de presión, los cuales funcionan como unidades de recepción de impulso, para generar una primera y una segunda señal de pulso de presión 201, 202, caracterizando la primera señal de pulso de presión 201 un pulso de presión antes de atravesar el sistema de producción 200 y caracterizando la segunda señal de pulso de presión 202 el pulso de presión tras atravesar el sistema de producción 200. El pulso de presión puede ser generado por una unidad de generación de pulso PG. Este tipo de generadores de pulso de presión se conocen bien en el estado de la técnica y pueden generar pulsos de presión con diferentes formas, como por ejemplo, forma de pico 210, de salto 211 o de rampa 212 (compárese la FIG. 2). El generador de pulso puede accionarse o sincronizarse en este caso desde el exterior (por ejemplo, mediante el sistema de ordenador 100). La respuesta, es decir, la función de tiempo en la salida se denomina respuesta de impulso. Es posible no obstante también desencadenar el generador de pulsos PG mediante una sincronización interna (por ejemplo, a intervalos de tiempo regulares). En una forma de realización alternativa el generador de pulso PG puede asumir la función del primer sensor de presión S1. Dado que el generador de pulso conoce ya el desarrollo de presión producido por el pulso de presión, puede generarse la señal de pulso de presión unida con éste como señal de salida de generador de pulso.

Las señales de pulso de presión 201, 202 generadas por ambos sensores S1, S2 o por el generador de pulso PG y el segundo sensor de presión S2, pueden ser recibidas a través de una interfaz 110 correspondientemente configurada de un sistema de ordenador 100 por éste. El sistema de ordenador 100 puede ser en este caso un componente integrado del sistema de producción 200 (tal como se representa en la FIG. 1). El sistema de ordenador puede ser no obstante también un sistema autónomo, el cual está acoplado con el sistema de producción solo de manera comunicativa. Una transferencia de las señales de sensor 201, 202 del sistema de producción 200 al sistema de ordenador 100 puede producirse en este caso con técnicas de comunicación estándar, como por ejemplo un bus de datos o una conexión de radiocomunicación inalámbrica, mediante un protocolo de comunicación adecuado. De esta manera se posibilita también una comprobación o planificación de mantenimiento del sistema de producción 200 desde la distancia.

El sistema de ordenador 100 comprende además de ello una unidad de evaluación 130 con un componente de determinación GTF 131, el cual determina a partir de la primera y de la segunda señal de pulso de presión 201, 202 una función de transferencia GTF real para el sistema de producción 200 en general. La primera señal de pulso de presión representa directamente el desarrollo de impulso del pulso de presión generado por el generador de presión PG. La segunda señal de pulso de presión 202 representa por el contrario la respuesta de impulso del sistema global 200 al pulso de presión generado originalmente. De esta manera puede calcularse a partir de la respuesta de impulso del sistema de producción general 200 también la función de transferencia GTF relacionada con ella. Esto puede producirse por ejemplo mediante un análisis espectral de frecuencias mediante transformada de Fourier. Pueden usarse en este caso también variantes de la transformada de Fourier, como por ejemplo, serie de Fourier, transformada continua de Fourier, transformada discreta de Fourier (DFT) o transformada de Fourier para señales en tiempo discreto (DTFT).

El sistema de ordenador 200 comprende además de ello una unidad de memoria 120, la cual está configurada para memorizar una pluralidad de funciones de transferencia TF1 a TFm. Para la unidad de memoria puede usarse en este caso una correspondiente zona de memoria de la memoria de ordenador. Las funciones de transferencia TF1 a TFm pueden estar memorizadas en este caso en una base de datos o en un sistema de archivos adecuado. Cada función de transferencia TF1 a TFm describe en este caso una respuesta de impulso dependiente de estado de funcionamiento de al menos un componente de sistema (K1 a Kp) al pulso de presión. Las funciones de transferencia TF1 a TFm pueden comprender un componente dependiente del tiempo, el cual permite, en caso de conocerse el desarrollo temporal de una magnitud de entrada, determinar la correspondiente magnitud de salida en cada momento. Para un componente de sistema K1 específico pueden haber memorizadas varias funciones de transferencia TF1 a TFm. Entre un componente de sistema y las funciones de transferencia existe por lo tanto una relación 1:n. De esta manera la cantidad m de las funciones de transferencia TF1 a TFm específicas de componente de sistema puede ser mayor que la cantidad p de los correspondientes componentes de sistema K1 a Kp. La función de transferencia TF1 puede describir por ejemplo el estado de funcionamiento libre de perturbación de un filtro de arena K1 y las funciones de transferencia TF2, TF3 pueden describir el estado de funcionamiento del mismo filtro K1 correspondientemente en dependencia de una magnitud de perturbación (por ejemplo, partículas introducidas) o durante un proceso de limpieza. En caso de una función de transferencia dependiente del tiempo pueden calcularse con la ayuda de una única función de transferencia estos estados de funcionamiento del mismo filtro en los diferentes momentos.

Para cada componente de sistema K1 a Kn puede memorizarse al menos una función de transferencia para el funcionamiento libre de perturbación y una función de transferencia para la descripción de la influencia de una magnitud de perturbación. Para el caso de que la magnitud de perturbación pueda describirse como una función del tiempo $z(t)$ y el momento $t = 0$ se corresponda en este caso con el momento sin perturbación, una única función de transferencia dependiente del tiempo puede describir para este componente de sistema tanto el funcionamiento libre de perturbación, como también el funcionamiento bajo la influencia de la magnitud de perturbación. La FIG. 2 explica en detalle cómo por ejemplo en caso de la diferencia de presión en componentes de filtro de sistema (todos los componentes de sistema, los cuales presentan un rendimiento de filtrado), la modificación de la diferencia de presión provocada por las partículas durante el tiempo puede representarse como una amortiguación del correspondiente subsistema en dependencia del tiempo t .

A partir de las funciones de transferencia de los componentes de sistema individuales, que describen un estado de funcionamiento libre de perturbación, la unidad de evaluación 130 (por ejemplo, mediante componente de determinación GTF 131) puede describir una función de transferencia para el sistema de producción global 200. El componente de comparación 132 de la unidad de evaluación 130 puede comparar entonces la función de transferencia GTF real con la función de transferencia calculada para el sistema de producción en el estado de funcionamiento libre de perturbación y determinar eventuales diferencias. El comparador 132 puede determinar además de ello mediante comparación de la función de transferencia de sistema GTF real con la pluralidad memorizada de funciones de transferencia TF1 a TFm, cuáles de los componentes de sistema K1 a Kp se diferencian en qué modo del estado libre de perturbación. Las funciones de transferencia pueden ser en este caso representaciones de las respuestas de impulso de los correspondientes componentes de sistema en el intervalo de frecuencias. Esto quiere decir que un espectro de frecuencias reproduce una respuesta de impulso temporal dependiente del estado de funcionamiento, del componente de sistema correspondiente en el intervalo de frecuencias y puede producirse una comparación con la función de transferencia de sistema real mediante una comparación de los correspondientes espectros de frecuencias y de esta manera finalmente determinarse el estado de funcionamiento de un componente de sistema específico K1 a Kp del sistema de producción 200. En caso de una comparación de los espectros de frecuencias son características tanto las frecuencias de las líneas espectrales, como también las amplitudes de las líneas espectrales, para el correspondiente estado de funcionamiento.

Para componentes de sistema, cuyo correspondiente estado de funcionamiento da lugar solo a una modificación de la amplitud en el espectro de frecuencias manteniéndose igual la frecuencia, pueden concluirse directamente de la función de transferencia de sistema real los correspondientes componentes de sistema mediante sus frecuencias características. Mediante la modificación de amplitudes puede concluirse entonces el estado de funcionamiento del correspondiente componente.

Para componentes de sistema, cuyo estado de funcionamiento modificado conlleva también una modificación de las frecuencias características del correspondiente componente de sistema, puede concluirse mediante una comparación de frecuencias de la función de transferencia de sistema real con la función de transferencia de sistema calculada para el estado libre de perturbación, el/los componente/componentes de sistema, los cuales son responsables de las diferencias con respecto al estado libre de perturbación. Entonces puede concluirse por su parte a través de las correspondientes amplitudes en la función de transferencia real mediante comparación con las correspondientes funciones de transferencia específicas de componente, su estado de funcionamiento real.

El sistema de producción puede comprender además un sensor de presión adicional (no representado). De este tercer sensor de presión el sistema de ordenador puede recibir una tercera señal de pulso de presión, la cual caracteriza una caída de presión absoluta en el sistema de producción y que se tiene en cuenta en la determinación de la función de transferencia para el sistema de producción. La determinación de la función de transferencia puede ser en este caso en relación con posteriores pasos de producción/limpieza diferente para un estado de funcionamiento dinámico y para uno estático. El estado dinámico se da por ejemplo en caso de válvula de entrada abierta de un componente de sistema posterior o unidad de continuación de procesamiento de sistema (por ejemplo, ósmosis inversa). El flujo a través del sistema de producción es por lo tanto en el estado dinámico de > 0 l/min. En este estado el pulso de presión puede propagarse por el sistema de producción y puede llevarse a cabo el procedimiento descrito anteriormente para la determinación del estado de funcionamiento de componentes de sistema individuales. En el estado estático la posterior unidad de continuación de procesamiento no está activa. La unidad de procesamiento dispuesta por delante (por ejemplo, tratamiento de agua de diálisis), mantiene en este caso una presión estática de > 0 bares. El flujo en el estado estático es de 0 l/min. En el estado estático puede comprobarse mediante observación de la diferencia de presión la estanqueidad del sistema de producción. En caso de caer por ejemplo la presión en uno de los sensores de presión de manera no planificada, entonces se da una fuga en el sistema de producción.

El sistema de ordenador puede disponer además de ello opcionalmente de una unidad de reproducción (por ejemplo, pantalla, impresora, etc.) que visualiza para un usuario el estado determinado del sistema de producción. Pueden caracterizarse correspondientemente por ejemplo en un plan de instalación del sistema de producción los estados de funcionamiento de los componentes de sistema. Esto puede lograrse por ejemplo a través de una codificación de color (por ejemplo, verde para libre de perturbación, rojo para bloqueo, azul para limpieza, etc.) o

mediante animación gráfica (parpadeo, palpitante, etc.).

La FIG. 3A y la FIG. 3B muestran a modo de ejemplo algunas curvas características de amortiguación (funciones de perturbación $z(t)$) para diferentes tipos de componentes de sistema del sistema de producción. La FIG. 3A muestra en este caso curvas características de amortiguación de componentes de sistema, cuyo comportamiento de amortiguación desciende a lo largo del tiempo. La curva característica de amortiguación d1 muestra un desarrollo típico del comportamiento de amortiguación durante el tiempo para una unidad de entrada de agua fresca. La curva característica de amortiguación d2 muestra un desarrollo típico del comportamiento de amortiguación durante el tiempo para el caso de un sistema de tubos flexibles. La curva característica de amortiguación d3 muestra un desarrollo típico del comportamiento de amortiguación durante el tiempo para un descalcificador. La FIG. 3B muestra curvas características de amortiguación de componentes de sistema, cuyo comportamiento de amortiguación aumenta a lo largo del tiempo. La curva característica de amortiguación d4 muestra un desarrollo típico del comportamiento de amortiguación durante el tiempo para un filtro de medios. Los filtros de partículas presentan una característica parecida. Las curvas características de amortiguación d5 y d6 muestran desarrollos típicos del comportamiento de amortiguación durante el tiempo para dos filtros de carbón activo diferentes.

La FIG. 4A ilustra el cálculo de una función de transferencia de modelo GTF_mod 135 dependiente del tiempo para la totalidad del sistema de producción en cascada. La función de transferencia de modelo GTF_mod resulta de las funciones de transferencia específicas de componente TF1 a TFm y ofrece la respuesta de impulso modelo $y_m(t)$ del sistema de producción como respuesta a la entrada $x_m(t)$ bajo la influencia de una magnitud de perturbación $z_m(t)$ dependiente del tiempo. La magnitud de perturbación $z_m(t)$ dependiente del tiempo se corresponde con la influencia de perturbación global de todos los componentes de sistema y representa de esta manera la función de perturbación modelo de sistema global, que resulta basándose en todas las curvas características de amortiguación específicas de componente de sistema.

La FIG. 4B ilustra la función de transferencia determinada real, basándose en las señales de pulso de presión, de GTF_real 136 del sistema de producción. En este caso $x_r(t)$ representa la primera señal de pulso de presión medida/determinada e $y_r(t)$ la segunda señal de pulso de presión medida (respuesta de impulso). $Z_r(t)$ caracteriza la amortiguación de sistema real, la cual es provocada al sumarse el estado de funcionamiento real de todos los componentes de sistema, siempre y cuando no se presenten pérdidas de presión adicionales, como por ejemplo, debidas al uso de un depósito libre de presión, de una cubeta de sedimentación o similares. La influencia de estas pérdidas de presión absolutas puede medirse mediante la detección de la presión absoluta mediante un sensor adicional en el sistema de producción y entrar entonces correspondientemente en el cálculo de la función de transferencia real del sistema global. Mediante un sensor de presión adicional de este tipo puede medirse por ejemplo el pulso de presión en un depósito libre de presión en el sistema. Mediante el sensor de presión adicional es posible dividir la función de transferencia global del sistema en dos funciones de transferencia conmutadas una tras otra, reproduciendo cada una de estas funciones de transferencia parciales la respuesta de impulso del correspondiente sistema parcial antes o tras el depósito libre de presión. La modificación de la modificación determinada por los dos sensores, de la diferencia de presión, ha de igualarse con la amortiguación del sistema en dependencia del tiempo. En caso de tratarse en caso de los componentes de sistema, de aquellos que presentan un rendimiento de filtración, como por ejemplo los componentes de filtro en la FIG. 3B, entonces la magnitud de perturbación $z_r(t)$ es dependiente de la cantidad de las partículas introducidas en el correspondiente filtro.

La FIG. 5 ilustra una forma de realización según la invención para la comparación de la función de transferencia real GTF_real 139 con la función de transferencia modelo GTF_mod 135, la cual resulta de las funciones de transferencia memorizadas de los componentes de sistema individuales. La FIG. 5 ilustra tres pasos, los cuales pueden llevarse a cabo, tal como se indica mediante las flechas, en orden desde arriba hacia abajo. En el primer paso el sistema calcula la función de transferencia modelo GTF_mod 135 para el sistema de producción. Con GTF_mod puede determinarse la respuesta de impulso $y_m(t)$ a un pulso de presión. La ilustración muestra un ejemplo para la respuesta de impulso modelo en el intervalo de frecuencias en el momento $t_0 = 0$ (estado de funcionamiento libre de perturbación del sistema de producción). En este caso la frecuencia f y las amplitudes $A(f)$ de líneas espectrales de frecuencias individuales representan curvas características para los componentes de sistema individuales.

En el segundo paso se determina la función de transferencia de sistema real GTF_real 136 basándose en la primera y en la segunda señal de pulso de presión. El espectro de frecuencias representado en el momento $t_0 = 0$ muestra una amplia coincidencia con el espectro de frecuencias basándose en la función de transferencia modelo. Esto indica un funcionamiento libre de perturbaciones del sistema de producción en el momento $t_0 = 0$.

En el tercer paso se determina la función de transferencia de sistema real GTF_real 136 en el momento $t_1 > 0$. En este momento ya han sido introducidas partículas en uno o en varios componentes de filtro, lo cual conduce a una amortiguación modificada del sistema global. En el análisis espectral de la respuesta de impulso las tres líneas espectrales marcadas con flechas rayadas muestran desvíos significativos del estado libre de perturbación. A partir de la función de transferencia modelo GTF_mod puede determinarse para las correspondientes líneas espectrales componentes de sistema responsables. De la diferencia de la amplitud o de la frecuencia de las líneas espectrales

puede concluirse además de ello el tipo y la magnitud de la perturbación, dado que mediante las funciones de transferencia dependientes del tiempo de los correspondientes componentes de sistema puede determinarse la función de transferencia dependiente del tiempo derivada de ello para el sistema global y de esta manera puede calcularse GTF_{mod} en el momento t_1 . La comparación del cálculo modelo con la medición real puede producirse en este caso tanto basándose en la respuesta de impulso modelada y real, como también basándose en las funciones de transferencia modeladas y reales.

Para el caso de que el sistema de producción comprenda varios componentes de sistema del mismo tipo, los cuales tengan funciones de transferencia iguales o parecidas, el sistema no puede concluir sin más basándose en el análisis según la invención, el componente de sistema especial, el cual se encuentra en un estado de funcionamiento no libre de perturbación. Para un caso de este tipo, por ejemplo diferentes instancias de componentes de sistema del mismo tipo puede proveerse de casquillos de flujo integrados, dando lugar cada casquillo de flujo a una caída de presión definida en el correspondiente componente de sistema. Esta caída de presión definida se suma a la correspondiente caída de presión específica de componente y conduce a que cambie el espectro de frecuencias de la correspondiente función de transferencia específica de componente. Los casquillos de flujo deberían estar adaptados en este caso a la exactitud de sensor de los sensores de medición de presión, así como a los componentes de sistema en los pasos de procesamiento usados. De esta manera, casquillos de flujo integrados de diferentes dimensiones pueden hacer diferenciables las funciones de transferencia de componentes de sistema del mismo tipo. El mismo principio puede usarse también en pasos de procesamiento redundantes del sistema de producción.

Basándose en el análisis pueden reconocerse entre otros también estados de limpieza de los componentes individuales mediante funciones de transferencia específicas de componente adecuadas. El sistema de ordenador puede reconocer de esta manera automáticamente, qué tipo de limpieza se ha producido ya y si ésta se ha producido de manera correcta. Los ciclos de limpieza pueden ser determinados primariamente a partir del análisis de las funciones de transferencia. Esto pone al sistema de ordenador en la situación de dar lugar a procesos de limpieza en el sistema de producción de manera calculada temporalmente. Es posible por ejemplo mediante el análisis de las señales de pulso de presión y de la correspondiente función de transferencia global y/o funciones de transferencia específicas de componente, llevar a cabo un lavado en caso de necesidad por ejemplo de un filtro de arena o un reemplazo controlado en caso de necesidad de cartuchos de filtro de profundidad. Esto reduce consumos del fluido (por ejemplo agua), así como el consumo de energía provocado por el sistema de producción, así como materiales de consumo en dependencia de la magnitud de perturbación $z(t)$. Para ello el sistema de ordenador puede controlar mediante la activación de señales de actuador a través de la interfaz en dependencia de la necesidad correspondientes actuadores del sistema de producción, que modifican en el sistema de producción el comportamiento de flujo del líquido. Los actuadores pueden poner en marcha por ejemplo en dependencia de la necesidad correspondientes procesos de regeneración y/o de lavado. Los actuadores pueden usarse en general mediante un correspondiente control para modificar la velocidad de flujo o el recorrido de flujo. Esto puede lograrse por ejemplo a través del control de

- válvulas estrangulables
- conmutadores de desvío, los cuales desvían mediante control el flujo a un recorrido de desvío,
- conmutadores de presión, o
- otros actuadores desviadores (por ejemplo, desviadores en Y).

El sistema de producción trabaja de esta manera mediante el sistema de supervisión de ordenador según la invención en dependencia de la calidad de fluido real, que pone a disposición el sistema (por ejemplo, mediante funcionamiento normal o funcionamiento de limpieza).

En caso de tratarse en caso del sistema de producción en cascada de una instalación de preparación de agua de diálisis, entonces el sistema de ordenador puede supervisar correspondientemente los siguientes factores durante el uso del sistema de producción:

- fuga del sistema de producción
- carga de los cartuchos de filtro con magnitudes de perturbación y momentos de reemplazo de los cartuchos de filtro
- momentos de lavado de filtros, como por ejemplo, filtros de arena o filtros de carbón activo en dependencia de las magnitudes de perturbación introducidas
- momentos de regeneración para descalcificadoras en combinación con una instalación de medición de dureza, así como resultante de ello momentos para rellenar sal para la descalcificación del agua.

El sistema de producción puede presentar además del primer y del segundo sensor de presión otros pares de sensores, los cuales son adecuados para medir parámetros técnicos del sistema de producción, como por ejemplo, el contenido de cloro, la dureza, el contenido de hierro o el valor de pH. También para estos parámetros técnicos pueden memorizarse funciones de transferencia específicas de componente en el sistema de supervisión y obtenerse a partir de ello informaciones adicionales sobre el estado de funcionamiento de los componentes de sistema individuales de manera parecida a como para los parámetros de presión descritos. Una reducción según la invención de la cantidad de sensores puede volver el sistema global más robusto y fácil de manejar.

El sistema de ordenador puede además de ello, por ejemplo, gestionar reglas en la unidad de evaluación, las cuales durante la comparación de las funciones de transferencia modelo con funciones de transferencia reales, posibilitan una adaptación de límites de alarma, en caso de cuya superación se activa una alarma, la cual señala un estado de funcionamiento ya no viable del sistema de producción. Un límite de alarma de este tipo puede establecerse por ejemplo para un valor de amortiguación, el cual se corresponde con un bloqueo de filtro.

Las diferentes formas de pulso de presión en la FIG. 2 pueden usarse además de para la determinación de los estados de funcionamiento de componentes de sistema individuales, también para concluir a partir de la respuesta de sistema resultante la estanqueidad del sistema de producción global, para calibrar de nuevo factores de amortiguación para las funciones de transferencia específicas de componente de sistema y para establecer de nuevo, comparar o activar límites de alarma.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo simplificado de un procedimiento 1000 implementado en ordenador según la invención para la determinación de un estado de funcionamiento de al menos un componente de sistema en un sistema de producción en cascada de conducción de fluidos. Los pasos en los bloques a rayas han de entenderse como pasos opcionales.

Los pasos individuales del procedimiento implementado en ordenador pueden ser llevados a cabo por los componentes del sistema de ordenador 100 (compárese la FIG. 1). El sistema de ordenador recibe 1200 una primera y una segunda señal de impulso de presión de un primer y de un segundo sensor de presión del sistema de producción, caracterizando la primera señal de pulso de presión un pulso de presión antes de atravesar el sistema de producción y caracterizando la segunda señal de pulso de presión el pulso de presión tras atravesar el sistema de producción. El sistema de ordenador determina 1300 entonces a partir de la primera y de la segunda señal de pulso de presión una función de transferencia real para el sistema de producción. La función de transferencia real del sistema de producción se compara 1400 tras ello con una pluralidad memorizada de funciones de transferencia específicas de componentes de sistema, describiendo una función de transferencia específica de componentes de sistema una respuesta de impulso dependiente del estado de funcionamiento de al menos un componente de sistema al pulso de presión. Finalmente el sistema de ordenador puede determinar 1500 el estado de funcionamiento de un componente de sistema específico del sistema de producción basándose en el resultado de la comparación. Los pasos comparar 1400 y determinar 1500 para la clasificación de la función de transferencia real del sistema de producción en lo que se refiere a los sistemas de funcionamiento de los componentes de sistema pueden hacer uso de una red neuronal. En este caso las funciones de transferencia de los componentes de sistema pueden estar memorizadas como espectros de frecuencias. Cada espectro de frecuencias ilustra en este caso una respuesta de impulso dependiente del estado de funcionamiento de un correspondiente componente de sistema en el intervalo de frecuencias. Los pasos comparar 1400 y determinar 1500 se llevan a cabo entonces en el intervalo de frecuencias.

De manera opcional el sistema de ordenador puede generar una señal de control para la generación del pulso de presión en el sistema de producción y enviarla 1100 a un generador de pulso del sistema de producción. Este paso puede llevarse a cabo al inicio del proceso.

Una vez que el sistema de ordenador ha comprobado mediante la determinación de estado de funcionamiento para un componente específico una necesidad de una regeneración o lavado, puede enviar 1600 opcionalmente una señal de actuador controlada en función de necesidad al sistema de producción, pudiendo controlar la señal de actuador en el sistema de producción un actuador, para poner en marcha el proceso de regeneración y/o de lavado.

El experto puede incluir sin mayor problema las formas de realización ventajosas divulgadas anteriormente del sistema de ordenador en las reflexiones relativas a la realización del procedimiento implementado en ordenador.

El procedimiento 1000 implementado en ordenador puede ser llevado a cabo por ejemplo por el sistema de ordenador descrito en la FIG. 1 cuando el sistema de ordenador ejecuta un programa de ordenador con instrucciones, las cuales implementan el algoritmo de procedimiento.

Las formas de realización de la invención pueden implementarse en forma de circuitos digitales, hardware de ordenador, firmware, software o en combinaciones cualquiera de éstos. La invención puede implementarse además de ello en forma de un producto de programa de ordenador, por ejemplo de un programa de ordenador sobre un

soporte de información físico (por ejemplo, medio de almacenamiento legible mediante máquina), para ser ejecutado por un dispositivo de procesamiento de datos (por ejemplo, procesador programable, ordenador u ordenadores acoplados comunicativamente) o para controlar su funcionamiento. Un producto de programa de ordenador tal como se reivindica puede estar configurado en un lenguaje de programación cualquiera, quedando incluidos también lenguajes compilados o interpretados. Puede usarse de cualquier manera, por ejemplo como programa individual, módulo, componente, programa secundario o como otra unidad, la cual sea adecuada para ser usada en un sistema de procesamiento de datos.

El programa de ordenador puede ser ejecutado por un ordenador o también por varios ordenadores unidos entre sí a través de una red de comunicación o bien en un lugar o distribuidos por varios lugares. Un procedimiento implementado en ordenador puede ejecutarse mediante la ejecución de correspondientes productos de programa de ordenador en correspondientes dispositivos de procesamiento de datos.

Los pasos de procedimiento según la invención pueden ser ejecutados por uno o por varios procesadores programables mediante trabajo del ordenador, para llevar a cabo las funciones según la invención, procesándose datos de entrada y generándose en este caso correspondientes datos de salida. Los pasos de procedimiento pueden ser llevados a cabo también mediante componentes lógicos especiales como por ejemplo, matrices de puertas programables (FPGA, del inglés *field programmable gate array*) o circuitos Integrados para aplicaciones específicas (ASIC, del inglés *application specific integrated circuits*).

Los ejemplos de procesadores, los cuales son adecuados para la ejecución del programa de ordenador, comprenden microprocesadores generales o especializados y cualquier solución de procesador individual o múltiple de un ordenador digital cualquiera. En general un procesador obtiene instrucciones y datos de una memoria de solo lectura (ROM, del inglés *read-only memory*) o memoria de acceso aleatorio (RAM, del inglés *random access memory*) o de ambas. Los elementos esenciales de un ordenador son al menos un procesador y uno o varios medios de memoria, para memorizar datos e instrucciones. En general un ordenador está acoplado también con uno o varios medios de almacenamiento masivo (por ejemplo, medios de almacenamiento magnéticos, magnético-ópticos, ópticos o de estado sólido (SSD)), para recibir datos de éstos o para memorizar datos allí. Estos medios de almacenamiento en función de la necesidad pueden ser puestos a disposición en caso de necesidad (*on demand*) o pueden ser accesibles a través de Internet (por ejemplo, *Cloud Computig*). Los soportes de datos adecuados para memorizar instrucciones de programa y datos comprenden todo tipo de elementos de memoria no volátiles como elementos de memoria semiconductores (por ejemplo, EPROM, EEPROM), dispositivos de memoria Flash, medios de almacenamiento magnéticos o magnético-ópticos, CD-ROM, DVD-ROM o discos Blue-Ray. Los elementos de procesador y memoria pueden ser complementados por componentes lógicos especiales o también ser parte de éstos.

Para posibilitar la interacción con el usuario la invención puede estar implementada en un ordenador, el cual comprende al menos un dispositivo de reproducción (por ejemplo, pantalla LCD, altavoz, etc.) y al menos un dispositivo de introducción (por ejemplo, un teclado, una pantalla táctil, un micrófono, un dispositivo de indicación como un ratón o una rueda de desplazamiento).

En la invención puede implementarse un dispositivo de procesamiento de datos, el cual comprenda un componente backend (por ejemplo un servidor de datos), o un componente middleware (por ejemplo un servidor de uso), o un componente frontend (por ejemplo un ordenador de cliente con interfaz de usuario gráfica o navegador de Internet), a través del cual el usuario pueda interactuar con una forma de realización de la invención, o cualquier combinación de componentes backend, middleware y frontend.

Los ordenadores de cliente pueden ser también dispositivos terminales móviles como por ejemplo teléfonos inteligentes, tabletas o cualquier dispositivo de ordenador portátil. Los componentes del sistema pueden estar acoplados entre sí comunicativamente (por ejemplo mediante una red de comunicación como red LAN (del inglés *Local Area Network*, red de area local) o red WAN (del inglés *Wide Area Network*, red de area amplia), Internet o LAN inalámbrica o redes de telecomunicación).

El sistema de ordenador puede comprender clientes y servidores. Un cliente y un servidor están en general físicamente separados entre sí e interactúan a través de una red de telecomunicación. La relación entre cliente y servidor se establece en este caso mediante programas de ordenador, los cuales se ejecutan en los correspondientes ordenadores y que tienen entre sí una relación cliente-servidor.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de ordenador (100) para la determinación de un estado de funcionamiento de al menos un componente de sistema (K1 a Kp) en un sistema de producción (200) en cascada de conducción de fluidos, comprendiendo:
 - 5 una interfaz (110), la cual está configurada para recibir una primera y una segunda señal de pulso de presión (201, 202), caracterizando la primera señal de pulso de presión (201) un pulso de presión antes de atravesar el sistema de producción (200) y caracterizando la segunda señal de pulso de presión (202) el pulso de presión tras atravesar el sistema de producción (200);
 - 10 una unidad de memorización (120), la cual está configurada para memorizar una pluralidad de funciones de transferencia específicas de componente de sistema (TF1 a TFm), describiendo una función de transferencia específica de componente de sistema (TF1 a TFm) una respuesta de impulso dependiente del estado de funcionamiento, de al menos un componente de sistema (K1 a Kp) a un pulso de presión entrante; y
 - 15 una unidad de evaluación (130), la cual está configurada para determinar a partir de la primera y de la segunda señal de pulso de presión (201, 202) una función de transferencia real para el sistema de producción y para comparar la función de transferencia real del sistema de producción (200) con la pluralidad memorizada de funciones de transferencia (TF1 a TFm) para los componentes de sistema, para determinar a partir de ello el estado de funcionamiento de un componente de sistema específico (K1 a Kp) del sistema de producción (200).

2. Sistema de ordenador según la reivindicación 1, estando configurada la interfaz (110) además de ello para la recepción de una tercera señal de pulso de presión, la cual caracteriza una caída de presión absoluta en el sistema de producción y se tiene en cuenta en la determinación de la función de transferencia para el sistema de producción.

- 20 3. Sistema de ordenador según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además de ello: un generador de señales, el cual está configurado para generar una señal de control (220) para la generación de un pulso de presión en el sistema de producción (200).

4. Sistema de ordenador según una de las reivindicaciones anteriores, estando las funciones de transferencia (TF1 a TFm) de los componentes de sistema (K1 a Kp) memorizadas como espectros de frecuencias y representando cada espectro de frecuencias una respuesta de impulso dependiente del estado de funcionamiento, de un componente de sistema correspondiente en el intervalo de frecuencias.

- 25 5. Sistema de ordenador según la reivindicación 4, correspondiéndose una modificación del estado de funcionamiento de un componente de sistema específico con una modificación del correspondiente espectro de frecuencias en una frecuencia y/o amplitud de frecuencia característica.

- 30 6. Sistema de producción (200) en cascada de conducción de fluidos, comprendiendo
 - 35 una pluralidad de componentes de sistema dispuestos en cascada (K1 a Kp) para el procesamiento de un líquido en el sistema de producción, un componente de generación de pulso de presión (PG) para la generación de un pulso de presión en un punto en el sistema de producción, que en lo que se refiere a la dirección de expansión de la onda de presión provocada por el pulso de presión, se encuentra delante del componente de sistema dispuesto en cascada del sistema de producción (200), al menos un sensor de presión (S1, S2) para la detección de una señal de pulso de presión en un punto del sistema de producción, el cual en lo que se refiere a la dirección de expansión de la onda de presión provocada por el pulso de presión, se encuentra tras el último componente de sistema dispuesto en cascada y un sistema de ordenador (100) según una de las reivindicaciones anteriores.

- 40 7. Sistema de producción según la reivindicación 6, estando configurado un componente de sistema específico (K1 a Kp) como instancia de uno de los siguientes tipos de componente: unidad de entrada de agua fresca, depósito de agua fresca, filtro de medios, filtro de partículas, descalcificador, filtro de carbón activo, cartucho de filtro de profundidad, filtros gruesos y filtros en espiral.

- 45 8. Sistema de producción según la reivindicación 6 o 7, estando provista una pluralidad de diferentes instancias de componentes de sistema del mismo tipo de componente de respectivamente casquillos de paso de flujo integrados adaptados de forma diferente, de manera que cada instancia tiene con su correspondiente casquillo de paso de flujo integrado una función de transferencia específica de componente diferenciable.

- 50 9. Sistema de producción según una de las reivindicaciones 6 a 8, comprendiendo el sistema de producción al menos un actuador, el cual está configurado para modificar como respuesta a una señal de actuador controlada en función de necesidad recibida por el sistema de ordenador, en el sistema de producción el comportamiento de paso de flujo del líquido.

10. Procedimiento implementado en ordenador (1000) para la determinación de un estado de funcionamiento de al menos un componente de sistema en un sistema de producción en cascada de conducción de fluidos, comprendiendo:

5 recibir (1200) una primera y una segunda señal de pulso de presión (201, 202), caracterizando la primera señal de pulso de presión (201) un pulso de presión antes de atravesar el sistema de producción (200) y caracterizando la segunda señal de pulso de presión (202) el pulso de presión tras atravesar el sistema de producción (200);
determinar (1300) a partir de la primera y de la segunda señal de pulso de presión (201, 202) una función de transferencia real para el sistema de producción (200);
10 comparar (1400) la función de transferencia real del sistema de producción (200) con una pluralidad memorizada de funciones de transferencia específicas de componentes de sistema (TF1 a TFm), describiendo una función de transferencia específica de componentes de sistema (TF1 a TFm) una respuesta de impulso dependiente del estado de funcionamiento de al menos un componente de sistema (K1 a Kp) a un pulso de presión entrante; y
15 determinar (1500) el estado de funcionamiento de un componente de sistema específico (K1 a Kp) del sistema de producción (200) basándose en el resultado de la comparación.

11. Procedimiento implementado en ordenador (1000) según la reivindicación 10, comprendiendo además de ello: emitir (1100) una señal de control (220) para la generación de un pulso de presión en el sistema de producción (200).

20 12. Procedimiento implementado en ordenador (1000) según la reivindicación 10 u 11, comprendiendo además de ello: enviar (1600) una señal de actuador controlada en función de necesidad al sistema de producción, estando configurada la señal de actuador para controlar en el sistema de producción un actuador para poner en marcha un proceso de regeneración y/o de lavado.

25 13. Procedimiento implementado en ordenador (1000) según una de las reivindicaciones 10 a 12, estando memorizadas las funciones de transferencia (TF1 a TFm) de los componentes de sistema (K1 a Kp) como espectros de frecuencias y representando cada espectro de frecuencias una respuesta de impulso dependiente del estado de funcionamiento, de un componente de sistema correspondiente en el intervalo de frecuencias y llevándose a cabo los pasos comparación y determinación en el intervalo de frecuencias.

30 14. Procedimiento implementado en ordenador (1000) según una de las reivindicaciones 10 a 13, usando los pasos de comparar y determinar para la clasificación de la función de transferencia del sistema de producción (200) en lo que se refiere a los estados de funcionamiento de los componentes de sistema, una red neuronal.

15. Producto de programa de ordenador comprendiendo instrucciones, las cuales al cargarse en al menos un módulo de memorización de un sistema de ordenador y al ejecutarse mediante al menos un procesador del sistema de ordenador, ejecutan el procedimiento implementado en ordenador según una de las reivindicaciones 10 a 14.

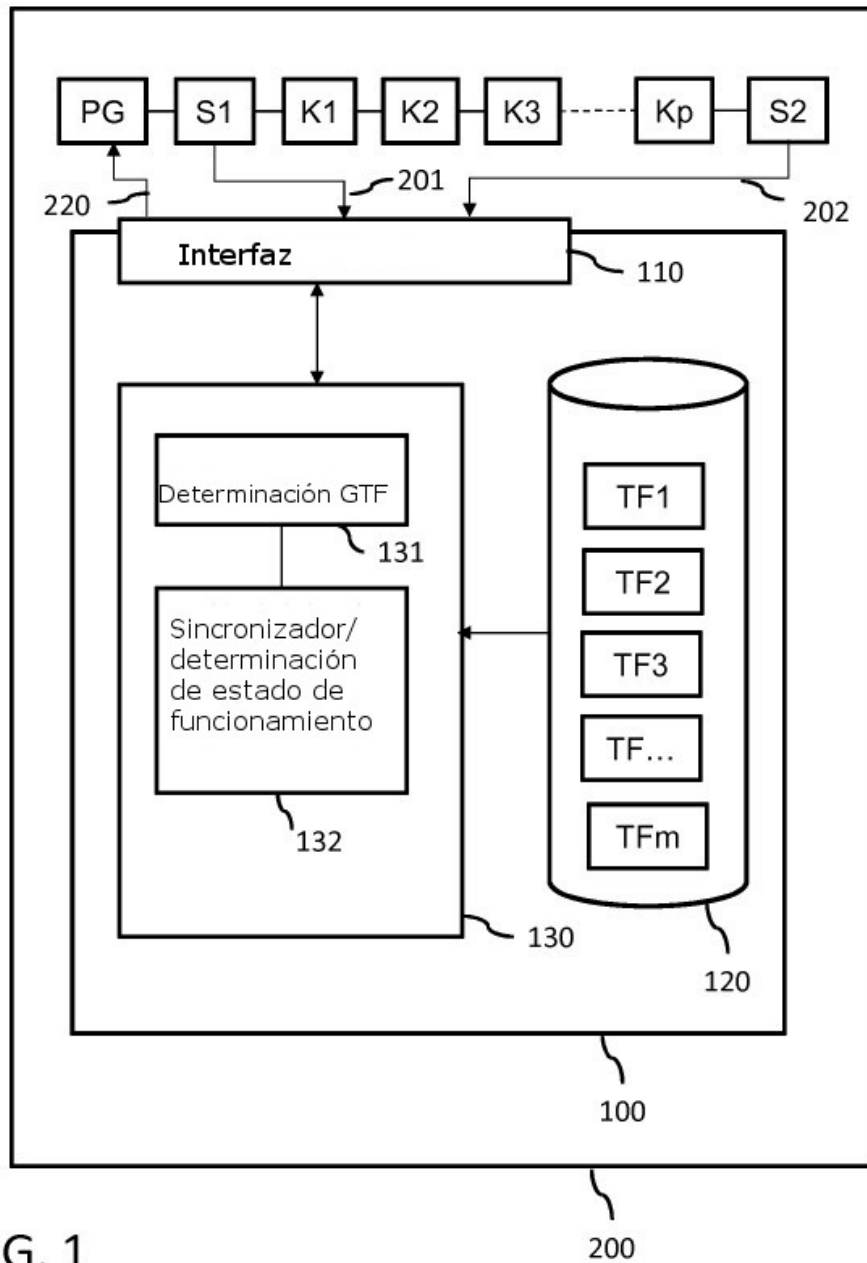
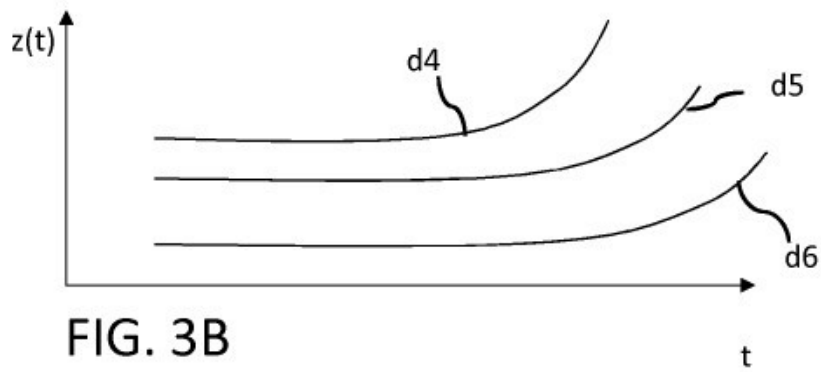
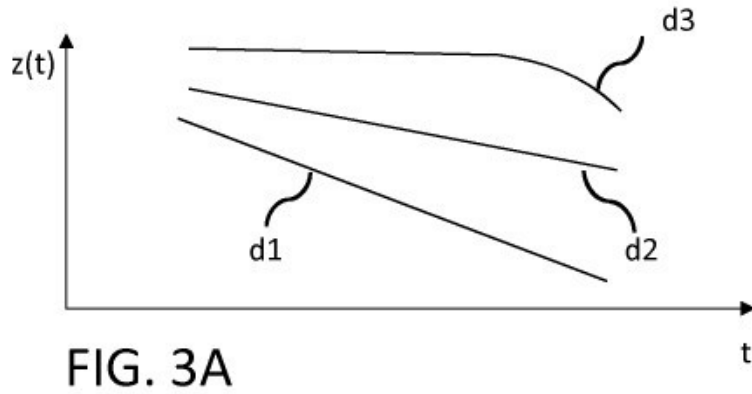
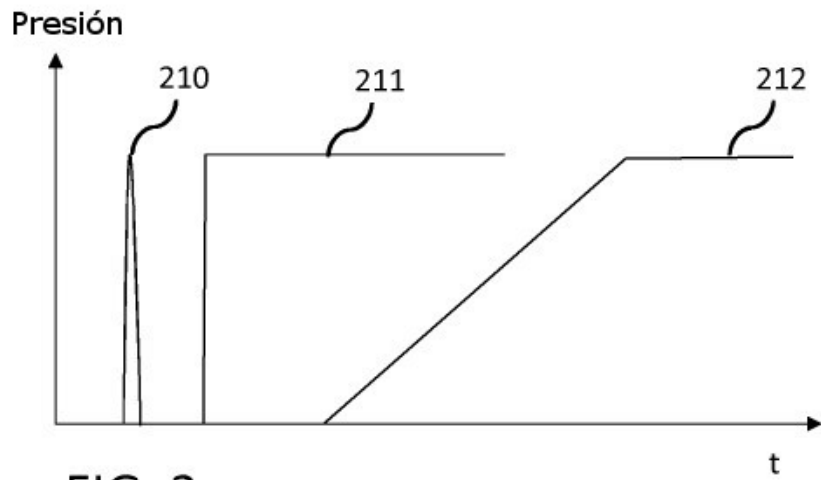


FIG. 1



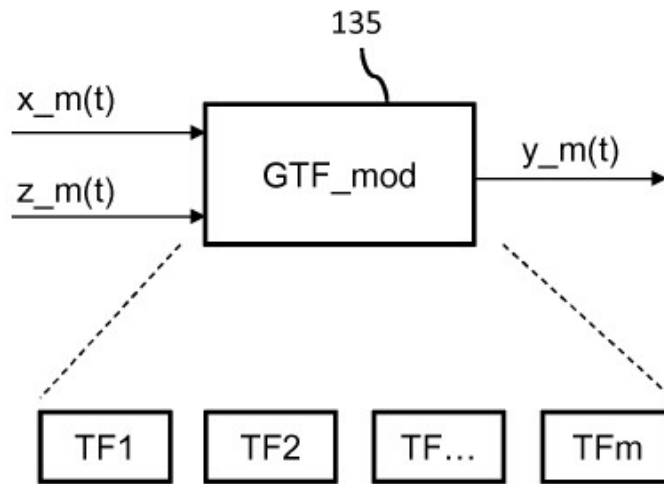


FIG. 4A

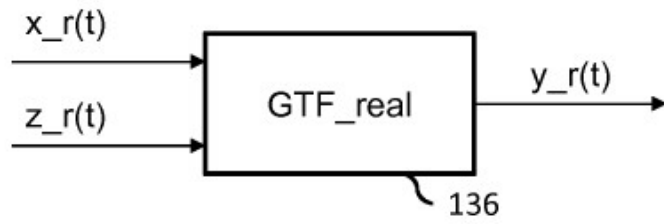


FIG. 4B

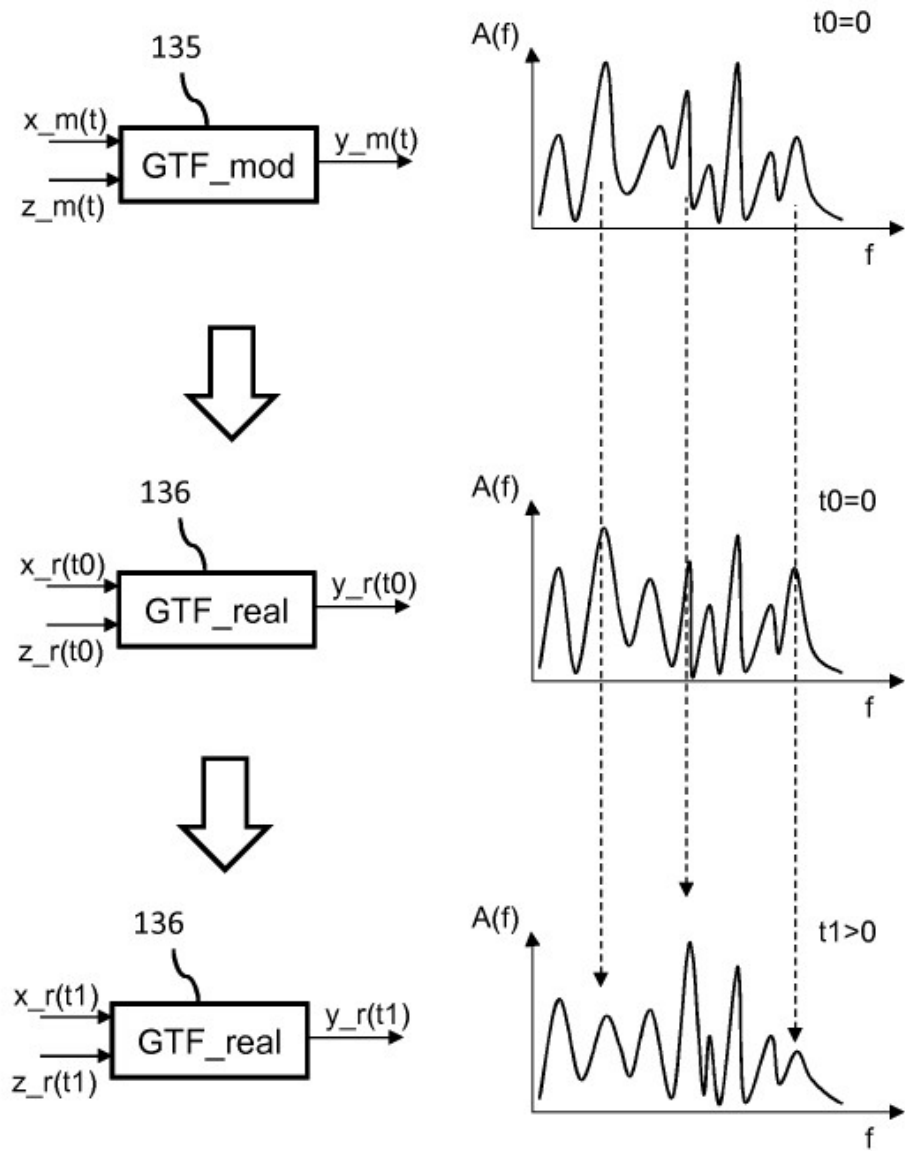


FIG. 5

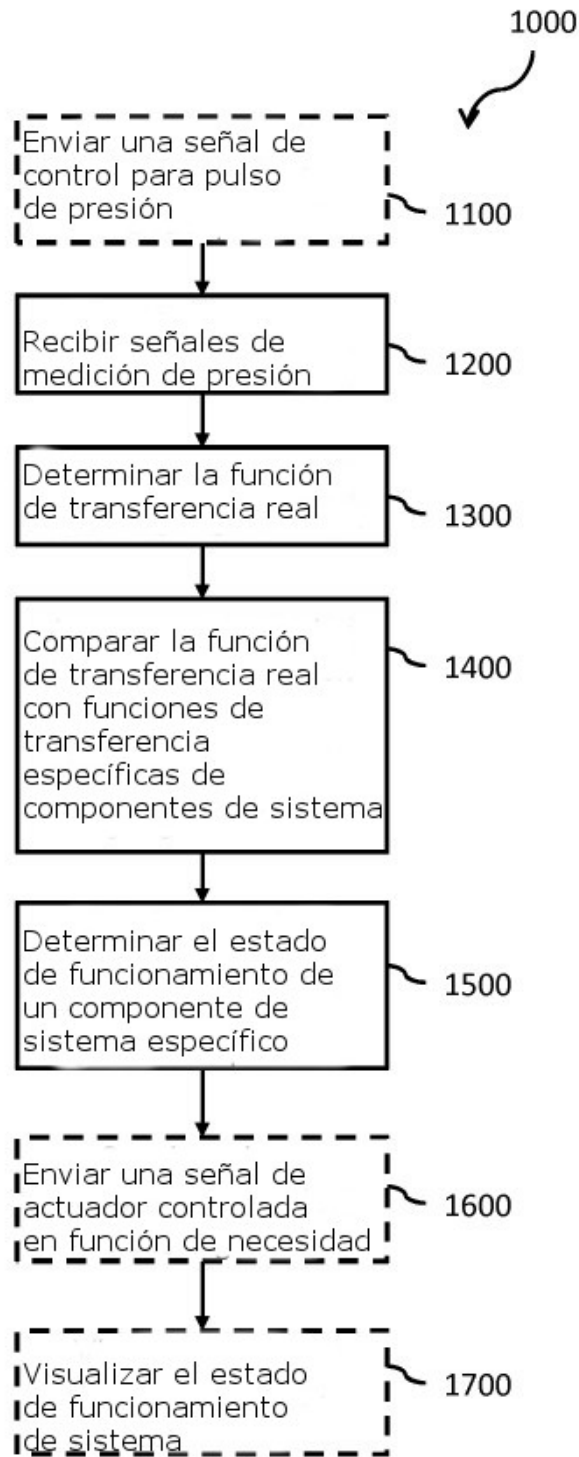


FIG. 6