

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 728**

51 Int. Cl.:

F04B 51/00	(2006.01) F04D 25/16	(2006.01)
F04B 49/00	(2006.01)	
F04B 49/06	(2006.01)	
F04B 41/06	(2006.01)	
F04D 27/00	(2006.01)	
G05B 17/02	(2006.01)	
G05B 1/00	(2006.01)	
G05D 1/00	(2006.01)	
F25D 1/00	(2006.01)	
F25B 1/00	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.03.2014 PCT/EP2014/055073**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14140253**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2014 E 14710264 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019 EP 2971768**

54 Título: **Desarrollo de un modelo superior**

30 Prioridad:

15.03.2013 EP 13159616

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

31.07.2020

73 Titular/es:

**KAESER KOMPRESSOREN SE (100.0%)
Carl-Kaesar-Strasse 26
96450 Coburg, DE**

72 Inventor/es:

**WAGNER, FLORIAN;
BIRKENFELD, ANDREAS y
HARTWICH, ANIKA**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 776 728 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

Desarrollo de un modelo superior

5 La invención se refiere a un procedimiento para el control y/o monitorización de una instalación de compresor que comprende uno o varios compresores y uno o varios dispositivos periféricos, en donde los compresores y dispositivos periféricos están dispuestos o conectados en una configuración predeterminada, controlándose y/o monitorizándose la instalación de compresor a través de una unidad de control-monitorización, así como una instalación de compresor según la reivindicación 15.

10 Las instalaciones de compresor representan un sistema a partir de una pluralidad de compresores y dispositivos periféricos de distintos tipos, que están acoplados entre sí a través de una red de canalización de ventilación y, en el caso de uso de sistemas de recuperación de calor, a través de una red de canalización de agua. En general se diseñan instalaciones de compresor de manera individual para las circunstancias del lugar. No existe una estructura universal para instalaciones de compresor. El comportamiento de una instalación de compresor concreta puede analizarse y valorarse solo de manera limitada por lo tanto sin conocimiento de la estructura de la instalación de compresor.

15 Para el control y diagnóstico de los compresores y dispositivos periféricos en una instalación de compresor se emplean los denominados controles de estación superiores, que con respecto a su función pueden compararse con sistemas de guía en la técnica de procesos. La diferencia esencial respecto a sistemas de guía consiste en que los sistemas de guía funcionan normalmente con un procedimiento de control- y análisis, que fue desarrollado especialmente para el proceso que va a controlarse. En el desarrollo especial el conocimiento sobre la estructura del proceso que va a controlarse y las relaciones activas de los componentes individuales del proceso está codificado. No obstante, en sistemas de control de estación, los procedimientos de control- y de análisis desarrollados especialmente para la
 20 instalación de compresor que va a controlarse y monitorizarse representan la excepción. En un caso normal se utiliza un procedimiento de control- y de análisis estándar., que se adapta únicamente mediante parametrización a las circunstancias locales.

25 Por el documento DE 10 2011 079 732 A1 ya se conoce un procedimiento para el control y/o monitorización de una instalación de compresor, en donde en este procedimiento se tiene en cuenta un modelo, allí concretamente del flujo del fluido a través de la línea de fluido y de la presión del fluido dentro de la línea de fluido. Por el documento US 2003/0097243 se conoce en general un sistema y un procedimiento para el funcionamiento de una planta de producción química, en el que se trabaja con modelos.

30 Por consiguiente el objetivo de la presente invención consiste en indicar un procedimiento para controlar y/o monitorizar una instalación de compresor, que considere con más exactitud todavía las circunstancias de una instalación de compresor específica. Además va a proponerse también una instalación de compresor, que está mejorada en cuanto a la problemática que se ha expuesto anteriormente.

35 Este objetivo se resuelve en cuanto a la técnica de procedimientos con un procedimiento para el control y/o monitorización de una instalación de compresor según las características de la reivindicación y en cuanto a la técnica de dispositivos con una instalación de compresor según las características de la reivindicación 15. Además se propone también una unidad de control- y monitorización para el control y/o monitorización de una instalación de compresor.

40 Una idea central de la presente invención consiste en que, basándose en uno o varios modelos iniciales M_1, M_2, \dots de la instalación de compresor, que se basa por ejemplo en un esquema R&I, dado el caso incluyendo la especialización de los compresores y de los dispositivos periféricos, se crea uno o varios modelos derivados $\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$ que consideran las relaciones activas entre los compresores individuales y dispositivos periféricos y dado el caso en procesos dinámicos, y que el uno o los varios modelos derivados $\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$ se toman como base para las siguientes rutinas de
 45 control, monitorización, diagnóstico- o evaluación.

50 En el sentido del procedimiento propuesto puede producirse un modelo derivado por ejemplo a partir de exactamente un modelo inicial. Sin embargo también es posible que se produzca un modelo derivado a partir de dos o varios modelos iniciales o se formen dos o más modelos derivados, que se basan en un único modelo inicial. Finalmente es posible que dos o más modelos derivados resulten de dos o más modelos iniciales.

55 En el caso del modelo derivado $\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$ puede tratarse de un modelo final, que se utilice directamente en las siguientes rutinas de control, monitorización, diagnóstico o de evaluación o se tome como base para estas rutinas de control, monitorización, diagnóstico- o evaluación; sin embargo también puede tratarse de un modelo intermedio, a partir del cual se desarrolle en una o varias etapas el modelo final, que se utiliza en última instancia en las siguientes rutinas de control, monitorización, diagnóstico- o evaluación o se tome como base estas rutinas de control, monitorización, diagnóstico- o evaluación.

60 Por una rutina de control, monitorización, diagnóstico- o evaluación ha de entenderse muy en general diferentes tareas de control, tareas de monitorización, tareas de diagnóstico o tareas de evaluación.

65

Siempre que se hable de que los compresores y dispositivos periféricos estén dispuestos o conectados en una configuración predeterminada, esto debe entenderse en el sentido de que en esta también están comprendidos varios estados de cambio, por ejemplo una configuración alternativa que puede alcanzarse mediante conmutación de una válvula, de un conmutador. Una configuración predeterminada es en este aspecto la cantidad de todas las configuraciones concebibles, que puede adoptar la instalación de compresor en diferentes estados operativos.

También la configuración debe entenderse ampliamente en forma de un esquema R&I y en este sentido debe registrar las relaciones activas de los compresores y dispositivos periféricos desde diferentes ángulos de observación o en dominios diferentes, siendo naturalmente suficiente para la realización de la invención el registro de las relaciones activas en un dominio, desde un ángulo de visión. Como posibles dominios o posibles ángulos de observación se consideran por ejemplo, pero no de manera concluyente, las relaciones activas de la técnica de aire comprimido, que pueden reproducirse en un esquema R&I en sentido estricto, en particular un esquema R&I de aire comprimido, las relaciones activas referidas a la recuperación de calor, que pueden reproducirse en un esquema R&I en sentido estricto, en particular un esquema R&I de recuperación de calor, las relaciones activas referidas al circuito de agua de refrigeración, que pueden reproducirse en un esquema R&I en sentido estricto, en particular en un esquema R&I de circuito de agua de refrigeración, así como las relaciones activas referidas al abastecimiento de corriente, que pueden reproducirse en un diagrama electrónico. Un esquema R&I en el sentido de la presente invención puede limitarse además abstraído a las relaciones activas fundamentales considerándolo desde una dirección visual/desde un dominio y en este sentido no necesita comprender todos los detalles de un esquema R&I por lo demás posiblemente habitual. En lugar de la expresión R&I en este sentido también una representación gráfica de las relaciones activas puede entenderse en un ángulo de visión determinado /en un dominio determinado, como, por ejemplo una representación gráfica de las relaciones activas de la técnica de aire comprimido, una representación gráfica de las relaciones activas referidas a la recuperación de calor. Se trata en este sentido de un esquema de flujo, que reproduce el flujo de energía y/o medios de producción y/o aire comprimido entre los compresores individuales y los dispositivos periféricos individuales.

En una configuración posible el modelo derivado $\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$ puede ser un modelo específico del aspecto AM, que se crea utilizando un algoritmo de análisis específico del aspecto a partir del uno o varios modelos iniciales M_1, M_2, \dots o a partir de uno o varios modelos intermedios M_1', M_2', AAM_1, AAM_2 . Por un modelo específico del aspecto debe entenderse un modelo que examina la instalación de compresor en cuanto a un planteamiento concreto de un problema. Los aspectos concebibles que pueden dar motivo a un modelo específico del aspecto, son por ejemplo, pero no de manera concluyente: humedad del aire, pérdida de presión, calidad de aire comprimido, calidad de presión, comportamiento de presión, eficiencia energética, absorción de energía, balance energético, temperaturas, caudales volumétricos/caudales máscicos, costes, grado de reserva y/o fiabilidad.

En una configuración preferida del procedimiento de acuerdo con la invención la información sobre el comportamiento específico del aspecto de un compresor o de un dispositivo periférico está contenida en uno o varios modelos de componente KM que van a considerarse en el modelo inicial de aspecto AAM y/o en el algoritmo de análisis mismo.

En los algoritmos de análisis específicos del aspecto está codificado, cómo pueden interpretarse los modelos iniciales en cuanto a su aspecto (o varios aspectos). Igualmente en los algoritmos de análisis específicos del aspecto puede estar incluido un conocimiento sobre el comportamiento dinámico de compresores y/o dispositivos periféricos en cuanto al aspecto contemplado (los aspectos contemplados). Opcionalmente el algoritmo de análisis específico del aspecto emplea modelos de componente específicos del aspecto, para crear los modelos derivados.

En una configuración preferida del procedimiento de acuerdo con la invención está previsto que para cada modelo específico AM del aspecto que va a crearse esté previsto un algoritmo de análisis asociado. Un algoritmo de análisis en el caso normal está desarrollado especialmente para una cuestión, que debe responderse con el modelo específico del aspecto. A este respecto, en el caso de preguntas similares puede darse el caso de que pueda aplicarse el mismo algoritmo de análisis, o uno ligeramente diferente. Como ya se ha comentado, no obstante, a cada cuestión específica del aspecto o a cada modelo específico del aspecto está asociado un algoritmo de análisis concreto.

También otros modelos derivados, en particular modelos intermedios pueden desarrollarse a partir de algoritmos de análisis, que en casos individuales son iguales o similares a los algoritmos de análisis derivados específicos del aspecto.

En una configuración preferida puede estar previsto que el modelo derivado $\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$ -, no importa de que se trate de un modelo final- o intermedio - se almacene en la unidad de control/monitorización o se almacene externamente por orden de la unidad de control/monitorización.

En un perfeccionamiento posible puede estar previsto que el o los modelos derivados $\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$ se deriven y/o se almacenen y/o se apliquen en un sistema externo. En este caso, en este sentido se lleva a cabo externamente una o varias actividades en relación con los modelos derivados $\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$ y dado el caso incluso no bajo el control directo o indirecto de la unidad de control/monitorización.

Concretamente sería concebible el siguiente desarrollo:

1. Se registran parámetros de funcionamiento en la instalación de compresor y se almacena en la unidad de control/monitorización.
 2. La evaluación de estos parámetros de funcionamiento tiene lugar en un servidor externo aplicando modelos correspondientes. Este no es componente de la unidad de control/monitorización y tampoco componente de la instalación de compresor.
 3. También la etapa de procedimiento expuesta bajo el punto 2. se entiende como procedimiento de acuerdo con la invención para el control y/o monitorización de una instalación de compresor, aunque no se realice el mismo dentro de la instalación de compresor y aunque también la unidad de control/monitorización no participe en este.
 4. El resultado del procedimiento de monitorización/evaluación anteriormente mencionada puede ser por ejemplo:
 - a) el cálculo de una cita de mantenimiento siguiente
 - b) optimización de parámetros de regulación- o de control (por ejemplo el cálculo de una presión demandada disminuida)
 5. Con los resultados mencionados en el punto 4 puede llevarse a cabo a continuación
 - a) una planificación de mantenimiento (automático) por parte de un fabricante de instalaciones de compresor o mediante operador de instalaciones de compresor, para aumentar mediante mantenimiento puntual la disponibilidad de la instalación de compresor.
 - b) Mediante el cambio de parámetros (manual o automáticamente) del control de instalaciones de compresor a la presión demandada óptima calculada puede mejorarse la eficiencia energética de la generación de aire comprimido.
- En una configuración preferida puede estar previsto que el o los modelos derivados $\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$ se comprueben continuamente o cíclicamente o basándose en eventos y dado el caso se adapten automáticamente. Por ejemplo en el funcionamiento de la instalación de compresor puede producirse una base de datos mejorada, de modo que esta base de datos mejorada pueda ser motivo para una adaptación del o de los modelos derivados.
- En una configuración facultativa adicional puede estar previsto que en la modificación del o de los modelos iniciales M_1, M_2, \dots o en la modificación de uno o varios modelos de componente KM, por ejemplo dado que se llevaron a cabo modificaciones constructivas en la instalación de compresor, también se adapten el o los modelos derivados .
- En una configuración posible para la creación de uno o varios modelos derivados, ya sea modelo intermedio- o final, pueden considerarse diferentes modelos iniciales específicos del dominio. Como modelos iniciales específicos del dominio pueden considerarse en particular modelos iniciales específicos del aire comprimido, modelos iniciales específicos del abastecimiento de corriente, modelos iniciales referidos al circuito de agua de refrigeración o modelos iniciales referidos a la recuperación de calor y en este sentido pueden combinarse o tenerse en cuenta dos o más modelos de dominios diferentes. Pueden registrarse y reproducirse también interacciones entre los dominios diferentes.
- En una configuración posible de la presente invención como un modelo derivado se considera un modelo intermedio, que frente al o los modelos iniciales también considera un comportamiento dinámico o diferentes estados operativos de la instalación de compresor.
- Un modelo intermedio alternativo o adicional, que puede estar - en caso adicional - jerárquicamente delante o detrás del modelo intermedio que se ha tratado previamente, consiste en que frente a uno o varios modelos iniciales o frente a uno o varios modelos intermedios está adaptado de manera específica al aspecto y dado el caso está simplificado. Si por ejemplo en una instalación de compresor se examina la cuestión de qué compresor está vinculado en cada caso con un secador conectado aguas abajo, entonces los filtros dispuestos entre medias no son importantes y pueden dejarse a un lado en un modelo intermedio bajo el ángulo de visión de esta cuestión, de modo que puede definirse un modelo intermedio simplificado.
- En una configuración preferida puede estar previsto que el o los modelos iniciales M_1, M_2 estén basados en la configuración dada en concreto de la instalación de compresor en forma de un esquema R&I, que se introduce en particular tras la creación de la instalación de compresor a través de un editor.
- Aunque las relaciones activas se ilustran gráficamente en un esquema R&I, no es absolutamente necesario, introducirlas o procesarlas a través del editor en forma gráfica, aunque esto representa una configuración posible de la presente invención. Más bien es también posible introducir las relaciones activas por completo o parcialmente en forma de texto a través del editor. Finalmente son concebibles también otras formas de entrada, por ejemplo una entrada de voz o también una entrada a lo largo del análisis automático de imágenes. El editor puede entenderse en este sentido también como una interfaz de entrada.
- El editor y/o sección de almacenamiento pueden ser también componente de la unidad de control/monitorización o

estar integrado allí.

Mientras que en principio se prefiere, introducir la configuración dada en concreto en forma de un esquema R&I solo tras la creación de la instalación de compresor, sin embargo también es concebible llevar a cabo esta entrada ya antes de la creación o durante la creación de la instalación de compresor, siempre que ya esté fijada la configuración dada en concreto o el contexto dado en concreto.

La condición para la creación de los modelos iniciales es el conocimiento de las relaciones activas en la instalación de compresor. No es absolutamente necesario que exista la instalación de compresor. De este modo pueden crearse uno o varios modelos iniciales o un esquema R&I o varios esquemas R&I específicos del dominio ya en la planificación de una instalación de compresor. Tampoco es necesario que los modelos iniciales se creen inmediatamente entonces o los esquemas R&I se introduzcan inmediatamente entonces cuando la estructura de la instalación de compresor está fijada. Los modelos iniciales o los esquemas R&I deben fijarse o crearse lo más tarde entonces, cuando deban emplearse los esquemas R&I o los modelos iniciales.

Es evidente que el procedimiento de acuerdo con la invención también puede llevarse a cabo repetidamente, por ejemplo, cuando algo ha cambiado en la configuración dada en concreto, es decir en la estructura real de la instalación de compresor, o cuando en la entrada anterior del esquema R&I se ha cometido un fallo.

La unidad de control/monitorización puede estar configurada como unidad, que asume tanto las funciones de control como las de monitorización o también solo funciones de control o solo funciones de monitorización.

Un perfeccionamiento conveniente del procedimiento prevé que tras la entrada de la configuración dada en concreto esta se almacene por orden de la unidad de control/monitorización.

En una configuración facultativa, posible la entrada del esquema R&I comprende exclusivamente la configuración o conexión de los compresores y dispositivos periféricos ya conocidos por la unidad de control/monitorización. En este sentido la unidad de control/monitorización puede conocer ya por un lado la existencia de un compresor determinado o de un dispositivo periférico determinado como tal o la unidad de control/monitorización puede conocer ya, además de la mera existencia de compresores determinados o dispositivos periféricos determinados la especificación concreta de los compresores y dispositivos periféricos existentes. En una configuración alternativa, asimismo facultativa del procedimiento la entrada del esquema R&I, además de la entrada de la configuración o conexión de los compresores y dispositivos periféricos comprende también la especificación concreta de los compresores y dispositivos periféricos presentes.

En una configuración especialmente preferida del procedimiento la entrada del esquema R&I se lleva a cabo por parte del usuario. Dado que por parte del usuario se combinan con frecuencia compresores y/o dispositivos periféricos de diferentes fabricantes entre sí para la creación de una instalación de compresor concreta, el registro de las relaciones activas por parte del usuario es una configuración preferida posible.

En un perfeccionamiento posible del procedimiento de acuerdo con la invención puede estar previsto que en la entrada del esquema R&I por parte del editor los compresores y dispositivos periféricos estén predeterminados o puedan seleccionarse como símbolos gráficos correspondientes. Asimismo en una configuración posible puede estar previsto que en la entrada del esquema R&I por parte del editor estén predeterminados o puedan seleccionarse los enlaces de los compresores y de los dispositivos periféricos como símbolos gráficos correspondientes.

Adicionalmente puede estar previsto que en la entrada del esquema R&I puedan predeterminarse o seleccionarse posibles especificaciones de los compresores y/o dispositivos periféricos distintas del editor.

En una configuración posible puede estar previsto que la presencia de uno o varios compresores, así como de uno o varios dispositivos periféricos y/o especificación de cada uno o de todos los compresores y/o de cada uno o de todos los dispositivos periféricos se transfiera desde el exterior, se introduzca en particular mediante una subida de informaciones correspondientes, por ejemplo como subida de un fichero facilitado por el constructor de la instalación.

Una configuración posible del procedimiento prevé además que cada uno o todos los compresores y/o dispositivos periféricos se registren de manera autónoma en la unidad de control/monitorización y transmitan preferentemente también su especificación de manera autónoma. Este registro o transferencia puede realizarse por cable, en particular de manera alámbrica- o por fibras de vidrio o por ondas de radio. Como alternativa a la entrada de un esquema R&I en la unidad de control/monitorización mediante un editor el conocimiento sobre las relaciones activas puede llegar también por otras vías a la unidad de control/monitorización:

- importación de una descripción/de un modelo en la unidad de control/monitorización
- detección automática y dado el caso registro de la especificación de todos los compresores o individuales o de todos los dispositivos periféricos o individuales de una instalación de compresor. Es concebible por ejemplo que la unidad de control/monitorización mediante comunicación correspondiente pregunte a los compresores y/o dispositivos periféricos por sus propiedades. Como alternativa los compresores y/o dispositivos periféricos en la

unidad de control/monitorización se registran preferentemente indicando sus especificaciones.

- Finalmente también se consideraría una detección automática de partes de la instalación de compresor, por ejemplo mediante análisis de parámetros de funcionamiento y/o mediante sistemas de análisis gráficos. Esto puede estar dirigido a la siguiente detección parcial:

5

- detección de la conexión de compresores y/o dispositivos periféricos
- detección de compresores y/o dispositivos periféricos
- ajuste de parámetros de modelo

10 En una configuración concreta posible del procedimiento de acuerdo con la invención la selección de símbolos gráficos para la representación de compresores o de dispositivos periféricos y/o la selección de especificaciones concretas y/o la selección de vínculos especiales puede realizarse mediante marcación en una lista de propuestas, en donde el objeto seleccionado o la información seleccionada puede transmitirse a continuación al esquema R&I que va a crearse en el editor. En este sentido sin embargo se trata de una configuración concreta, posible. Son concebibles otras
15 numerosas modificaciones, en particular en relación con una entrada de texto parcial o exclusiva, una entrada por reconocimiento de voz o una entrada por análisis de imagen.

20 Como ya se ha comentado, de acuerdo con la invención puede estar previsto que solo para un dominio/un ángulo de visión se introduzca una relación activa o una configuración en forma de un esquema R&I. En una configuración posible para dos o más dominios /ángulo de visión diferentes se introducen esquemas R&I respectivos o configuraciones respectivas o relaciones activas, por ejemplo

- esquema R&I de aire comprimido
- y/o un esquema R&I de recuperación de calor
- 25 - y/o un esquema R&I referido al circuito de refrigeración
- y/o una relación activa referida al abastecimiento de corriente, en particular un diagrama electrónico.

30 De forma muy general cabe indicar que la unidad de control/monitorización puede estar implementada en uno o varios servidores conectados activamente entre sí o en un servidor virtual.

Si se toma este camino, es decir, se define un modelo inicial específico del aspecto, entonces de manera más preferida puede crearse un modelo específico del aspecto utilizando un algoritmo de análisis específico del aspecto, en el ejemplo seleccionado por tanto, a partir del modelo inicial AAM específico del aspecto, en el que por ejemplo se han dejado a un lado los filtros como dispositivos periféricos que no van a considerarse en la cuestión concreta, bajo un
35 algoritmo de análisis adecuado puede responderse a la cuestión, de qué secador puede suministrarse mediante qué compresor.

40 En una configuración posiblemente alternativa o adicional de procedimiento de acuerdo con la invención se propone un procedimiento para monitorización de una instalación de compresor que comprende uno o varios compresores y uno o varios dispositivos periféricos, en donde los compresores y dispositivos periféricos están dispuestos o conectados en una configuración predeterminada, en donde la instalación de compresor se controla y/o se monitoriza a través de una unidad de control/monitorización, en donde el procedimiento crea un pronóstico para la siguiente cita de mantenimiento de la instalación de compresor o de los compresores individuales o dispositivos periféricos individuales, en particular según la reivindicación 1, caracterizado por que

- 45 - en particular tras la creación de la instalación de compresor, la configuración dada concretamente se introduce en forma de un esquema R&I a través de un editor (23) y esta entrada forma la base para uno o varios modelos iniciales,
- por que basándose en estos modelos iniciales (M_1, M_2, \dots) se crean uno o varios modelos derivados ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$), que consideran relaciones activas entre los compresores (11, 12, 13) individuales y los dispositivos periféricos (14 a 21), dado el caso, también procesos dinámicos, y
- 50 - considerando datos de funcionamiento estandarizados de la instalación de compresor, empleando el o los modelos derivados ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$) se crea un pronóstico para la siguiente cita de mantenimiento.

55 En una configuración posiblemente alternativa o adicional del procedimiento de acuerdo con la invención se propone además un procedimiento para la monitorización de una instalación de compresor que comprende uno o varios compresores y uno o varios dispositivos periféricos, en donde los compresores y dispositivos periféricos están dispuestos o conectados en una configuración predeterminada, en donde la instalación de compresor se controla y/o se monitoriza a través de una unidad de control/monitorización, en donde el procedimiento está diseñado como
60 procedimiento de diagnóstico para el diagnóstico de la instalación de compresor o de compresores individuales o dispositivos periféricos individuales, en particular según la reivindicación 1, caracterizado por que

- en particular tras la creación de la instalación de compresor, la configuración dada concretamente se introduce en forma de un esquema R&I a través de un editor (23) y esta entrada forma la base para uno o varios modelos
65 iniciales,

- por que basándose en estos modelos iniciales (M_1, M_2, \dots) se crean uno o varios modelos derivados (\tilde{M}_a, M_b, \dots), que consideran relaciones activas entre los compresores (11, 12, 13) individuales y los dispositivos periféricos (14 a 21), dado el caso, también procesos dinámicos, y
- considerando datos de funcionamiento estandarizados de la instalación de compresor, mediante el empleo del o de los modelos derivados (\tilde{M}_a, M_b, \dots) se lleva a cabo un diagnóstico de errores.

De acuerdo con la invención se reivindica además también una instalación de compresor que comprende uno o varios compresores, así como uno o varios dispositivos periféricos, así como una unidad de control/monitorización, en donde los compresores y dispositivos periféricos están dispuestos o conectados en una configuración predeterminada, en donde la instalación de compresor se controla y/o se monitoriza a través de una unidad de control/monitorización, que se caracteriza por que la unidad de control/monitorización está configurada y orientada de tal modo que en caso de rutinas de control, monitorización, diagnóstico- o evaluación se recurre a uno o varios modelos derivados \tilde{M}_a, M_b, \dots de la instalación de compresor, que se crean basándose en uno o varios modelos iniciales M_1, M_2, \dots de la instalación de compresor, pero también consideran relaciones activas entre los compresores individuales y los dispositivos periféricos, así como dado el caso, también procesos dinámicos.

En un perfeccionamiento posible de la instalación de compresor puede estar previsto que la unidad de control/monitorización se ocupe del almacenamiento del o de los modelos derivados \tilde{M}_a, M_b, \dots

En una configuración posible adicional la unidad de control/monitorización puede estar configurada de tal modo que está implementada en uno o varios servidores conectados activamente entre sí o en un servidor virtual.

Finalmente en una configuración posible también puede estar previsto que la unidad de control/monitorización también comprenda un editor y el editor esté configurado y determinado para la entrada de la configuración dada en concreto de la instalación de compresor en forma de un esquema R&I y el editor esté conectado además con la unidad de control/monitorización de tal modo que el esquema R&I introducido se transmita a la unidad de control/monitorización y allí sirva como base inicial para la creación de uno o varios modelos iniciales M_1, M_2, \dots

Finalmente también se propone una unidad de control/monitorización para el control y/o monitorización de una instalación de compresor que comprende uno o varios compresores y uno o varios dispositivos periféricos, estando dispuestos o conectados los compresores los compresores y dispositivos periféricos en una configuración predeterminada, y provocando la unidad de control/monitorización el control y/o monitorización de la instalación de compresor, caracterizado por que, basándose en uno o varios modelos iniciales M_1, M_2, \dots de la instalación de compresor, que se basa por ejemplo en un esquema R&I, dado el caso incluyendo la especificación de los compresores y de los dispositivos periféricos, se crea uno o varios modelos derivados que consideran relaciones activas entre los compresores individuales y dispositivos periféricos y dado el caso, también procesos dinámicos, y por que el uno o los varios modelos derivados \tilde{M}_a, M_b, \dots se toman como base en las siguientes rutinas de control, monitorización, diagnóstico- o evaluación.

Preferentemente la instalación de compresor puede comprender también un editor, que está configurado y determinado para la introducción de la configuración dada concretamente en forma de un esquema R&I y que está conectado activamente con la unidad de control/monitorización de tal modo que el esquema R&I introducido se transmite a la unidad de control/monitorización, para servir de base a las siguientes rutinas de control, monitorización, diagnóstico- o evaluación.

En un perfeccionamiento concreto puede estar previsto que la unidad de control/monitorización se ocupe del almacenamiento del o de los esquemas R&I introducidos. Adicionalmente en una configuración posible puede estar previsto que en la unidad de control/monitorización estén almacenadas especificaciones de los compresores o dispositivos periféricos utilizados en la instalación de compresor de tal modo que la entrada del esquema R&I comprenda exclusivamente la configuración o conexión de los compresores y dispositivos periféricos. Como alternativa, sin embargo puede estar también previsto como ya se describió mediante el procedimiento, que en la entrada del esquema R&I no solo se fije la configuración o conexión de los compresores y dispositivos periféricos, sino también inicialmente entonces la presencia de uno o varios compresores, así como de uno o varios dispositivos periféricos y/o preferentemente también se introduzcan especificaciones al menos de una parte de los compresores o aparatos periféricos.

En una configuración posible puede estar previsto que la unidad de control/monitorización facilite en una sección de almacenamiento listas de especificaciones de posibles compresores o de dispositivos periféricos y/o de símbolos gráficos para la representación de compresores utilizados o dispositivos periféricos utilizados y/o símbolos gráficos para la representación de posibles vínculos para la selección estableciendo un esquema R&I en el editor. La selección de las informaciones correspondientes o símbolos gráficos puede realizarse mediante distintas posibilidades de entrada, como por ejemplo controlada por cursor- o controlada por ratón, controlada por texto, controlada por voz, etc. De la misma forma la creación del esquema R&I en el editor puede realizarse mediante los símbolos y/o informaciones seleccionados.

Es evidente que los aspectos, configuraciones ventajosas y ventajas tratados en cuanto al procedimiento de acuerdo con la invención pueden aplicarse adaptados de manera correspondiente en la instalación de compresor y la unidad de control/monitorización.

5 La invención se explica a continuación también en cuanto a características y ventajas adicionales mediante distintos ejemplos de realización y con referencia a las siguientes figuras. En este sentido muestran:

- 10 figura 1 una configuración meramente ejemplificadora de una instalación de compresor real, que coopera con una unidad de control/monitorización de acuerdo con la invención.
- 15 figura 2 un modelado de la instalación de compresor según la figura 1 según el estado de la técnica.
- 20 figura 3 un modelo inicial, que representa la instalación de compresor en su configuración dada en concreto en forma de un esquema R&I.
- 25 figura 4 un modelo M' derivado del esquema R&I según la figura 3 como modelo inicial, que considera diferentes estados operativos.
- 30 figura 5 un modelo derivado del esquema R&I según la figura 3 como modelo inicial, que puede considerarse como modelo inicial específico del aspecto AAM.
- 35 figura 6 un modelo específico del aspecto AM, que se desarrolló a partir del modelo inicial AAM específico del aspecto según la figura 5.
- 40 figura 7 una visión general de las posibles rutas para el desarrollo de un modelo específico del aspecto o de un modelo final específico del aspecto a partir de un modelo inicial.
- 45 figura 8 ilustra una visión general esquemática de las etapas de procedimiento individuales y las ventajas que pueden alcanzarse a partir de estas, cuando, por un lado se tienen en cuenta las relaciones activas entre los compresores y dispositivos periféricos de una instalación de compresor en forma de un esquema R&I como base para uno o varios modelos iniciales y por otro lado se desarrollan modelos derivados de estos modelos iniciales.
- 50 figura 9 un ejemplo para una rutina de optimización, en la que se optimiza la presión demandada $p_{demandada}$ de una instalación de compresor empleando modelos.
- 55 figura 10 un ejemplo para ilustrar, cómo puede determinarse el volumen tampón efectivo de una instalación de compresor empleando un modelo cuantitativo de una instalación de compresor.
- 60 figura 11 un modelo inicial AAM específico del aspecto derivado de la estructura según la figura 10.
- 65 figura 12 ilustración de la modificación del gradiente de presión en el momento de la conmutación del compresor.

En la figura 1 se ilustra una construcción a modo de ejemplo de una instalación de compresor dada realmente. La instalación de compresor a modo de ejemplo debe comprender tres compresores 11, 12, 13 dispuestos en serie entre sí. A cada compresor 11, 12, 13 puede estar asociado de manera inequívoca un filtro 14, 15, 16, que está dispuesto en cada caso aguas abajo del compresor 11, 12, 13 asociado. Aguas abajo de los filtros 14, 15, 16 están dispuestos dos secadores 19, 20. El aire comprimido aguas abajo del primer filtro 14 debe circular siempre a través del primer secador 19. El aire comprimido aguas abajo del segundo filtro 15 puede conducirse a través de dos válvulas 17, 18 o a través del primer secador 19 o a través del segundo secador 20. Las dos válvulas 17, 18 están diseñadas o controladas de tal modo que nunca están abiertas al mismo tiempo, es decir en la apertura de la primera válvula 17 la segunda válvula 18 permanece cerrada o en la apertura de la segunda válvula 18 la primera válvula 17 permanece cerrada.

55 Aguas abajo de los dos secadores 19, 20 está dispuesto un acumulador de aire comprimido 21. Aguas abajo del acumulador de aire comprimido 21 está dispuesto también un sensor de presión 26 para registrar la presión operativa allí dada.

60 Para el control y/o monitorización de la instalación de compresor está prevista una unidad de control/monitorización 22, que está conectada activamente con los compresores 11, 12, 13 así como los filtros 14, 15, 16, las válvulas 17, 18, los secadores 19, 20, el acumulador de aire comprimido 21 así como el sensor de presión 26. Los filtros 14, 15, 16, las válvulas 17, 18, los secadores 19, 20, el acumulador de aire comprimido 21 así como el sensor de presión 26 forman en este sentido dispositivos periféricos de la instalación de compresor. La unidad de control/monitorización 22 está conectada activamente además también con una sección de almacenamiento 24 así como un editor 23. La unidad de control/monitorización 22 puede desempeñar a este respecto funciones de control, funciones de monitorización o control- y funciones de monitorización. Por monitorización ha de entenderse en la presente memoria cualquier forma

de evaluación, es decir, además de una monitorización en cuanto a funcionamientos defectuosos, estados operativos inusuales, situaciones de alarma, etc. también un diagnóstico, en particular en caso de un mensaje de error ya presente, una evaluación en cuanto a una optimización o una evaluación para el pronóstico de una cita de mantenimiento siguiente (*predictive maintenance*).

Para cumplir una o varias de estas funciones, deben registrarse modelos sobre las relaciones activas de los compresores 11, 12, 13 así como de los dispositivos periféricos 14 a 21 y hacerlos accesibles a la unidad de control/monitorización 22. Para ello de manera más preferida por un lado la configuración dada en concreto se introduce en forma de un esquema R&I a través de un editor 23, que está conectado activamente con la unidad de control/monitorización 22. Por otro lado mediante la unidad de control/monitorización 22 o externamente a partir de esta configuración introducida, que codifica la relación activa entre los compresores 11, 12, 13 y el dispositivo periférico 14 a 21, se crean uno o varios modelos iniciales M_1, M_2, \dots y basándose en estos modelos iniciales M_1, M_2, \dots se desarrollan uno o varios modelos derivados $\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$, que consideran relaciones activas entre los compresores individuales 11, 12, 13 y dispositivos periféricos 14 a 21.

Como delimitación a esto en el estado de la técnica, tal como se ilustra mediante la figura 2, no se consideró la relación activa entre los compresores individuales 11, 12, 13 y los dispositivos periféricos 14 a 21, en el ejemplo presente concretamente los filtros 14, 15, 16, los secadores 19, 20 así como las válvulas 17, 18 y el acumulador de aire comprimido 21. En procedimientos para controlar y/o monitorizar una instalación de compresor según el estado de la técnica, los dispositivos periféricos del procesamiento de aire comprimido, así como la conexión de estos dispositivos periféricos desde el punto de vista estructural no son otra cosa que una caja negra (*black box*), lo que en este sentido no reproduce la instalación de compresor de manera acertada.

La presente invención prevé por tanto que para la creación de un modelo de la instalación de compresor, en particular tras la creación de la instalación de compresor, la configuración dada en concreto se introduzca en forma de un esquema R&I a través del editor 23 ya mencionado. Un esquema R&I representativo para la instalación de compresor según la figura 1 se reproduce en la figura 3. Cabe considerar que para la entrada de este esquema R&I son concebibles muchas variantes. La entrada del esquema R&I debe comprender la etapa de fijar las relaciones activas entre los compresores 11, 12, 13 y los dispositivos periféricos 14 a 21, pero puede comprender preferentemente también instrucciones, concretamente el registro de la presencia de los compresores 11, 12, 13 y de los dispositivos periféricos 14 a 21 individuales, preferentemente también además una tercera etapa adicional, concretamente la entrada de las especificaciones de los compresores 11, 12, 13 así como de los dispositivos periféricos 14 a 21. Es concebible que el registro de la presencia, de las relaciones activas y de las especificaciones se realice de modo diferente, por ejemplo que las relaciones activas se introduzcan gráficamente a través del editor 23, que las otras informaciones de la unidad de control/monitorización 22 se transmitan de otra manera, por ejemplo mediante subida de un fichero facilitado por el constructor de la instalación. También para la entrada a través del editor 23 son concebibles las variantes más diversas, tal como ya se ha explicado en la parte introductoria de la memoria.

En la figura 4 se ilustra un modelo derivado M' , que reproduce y considera posibles estados operativos ya diferentes del modelo inicial dado como esquema R&I según la figura 3. Mientras que en el modelo según la figura 3 la información sobre qué secador 19, 20 se suministra mediante qué compresor 11, 12, 13, no está incluida todavía, el modelo ilustrado M' en la figura 4 considera las diferentes circunstancias, al realizar el análisis de casos, "*cuando la primera válvula 17 y segunda válvula 18 están cerradas, entonces ..., sí no...*". V1 designa a este respecto la primera válvula 17, V2 la segunda válvula 18. T1 designa el primer secador 19, T2 el segundo secador 20, K1 designa el primer compresor 11, K2 el segundo compresor 12 así como K13 el tercer compresor 13.

En la figura 5 se ilustra un modelo derivado del esquema R&I según la figura 3 como modelo inicial, que puede considerarse como modelo inicial específico del aspecto AAM. Si dentro del dominio aire comprimido por ejemplo se examina el aspecto, de qué secador 19, 20 puede suministrarse mediante qué compresor 11, 12, 13, para desarrollar a partir de ello un modelo específico del aspecto AM, que examina esta cuestión, se recurre a un algoritmo de análisis asociado, y dado el caso a modelos de componente. El algoritmo de análisis asociado puede estar depositado en un lugar correspondiente, en particular en la zona de acceso de la unidad de control- y vigilancia 22. Los modelos de componente específicos del aspecto pueden estar integrados por ejemplo en una base de datos.

En el presente ejemplo, el algoritmo de análisis sabe que para la cuestión, sobre qué secador 19, 20 puede suministrarse mediante qué compresor 11, 12, 13, los filtros 14, 15, 16 todavía presentes en el modelo inicial según la figura 3 pueden seguir sin ser considerados. En este sentido para la cuestión se produce el modelo inicial AAM específico del aspecto representado en la figura 5, que está simplificado con respecto al modelo inicial según la figura 3 en el sentido de que los filtros 14, 15, 16 siguen sin tenerse en cuenta.

En la figura 6 ahora se representa el modelo específico del aspecto AM, que resulta del modelo inicial específico del aspecto según la figura 5 para la cuestión, de qué secador 19, 20 puede suministrarse mediante qué compresor 11, 12, 13. En este sentido para el modelo específico del aspecto según la figura 6 se consulta el modelo inicial AAM específico del aspecto, que puede considerarse como modelo intermedio y se basa en el modelo inicial M según la figura 3.

En la figura 7 se representan distintas rutas para el desarrollo de un modelo específico del aspecto AM (o de un modelo final específico del aspecto) de un modelo inicial M. En este sentido es concebible desarrollar uno o varios modelos específicos del aspecto AM directamente a partir de uno o varios modelos iniciales M. Sin embargo también es concebible desarrollar uno o varios modelos específicos del aspecto AM a través de modelos intermedios a partir de uno o varios modelos iniciales M. Como modelos intermedios pueden considerarse o modelos M' o modelos AAM, en donde los modelos M' definen de manera generalizadora para un dominio/un ángulo de visión un modelo (o dado el caso, varios), que definen por ejemplo diferentes estados de funcionamiento de uno o varios modelos iniciales. Los modelos iniciales AAM específicos del aspecto forman la base, para llegar a un modelo específico del aspecto AM con la ayuda de un algoritmo de análisis y/o teniendo en cuenta modelos de componente. En este sentido es concebible llegar a través de la ruta M, M', AAM al modelo específico del aspecto AM. Como alternativa sin embargo también es posible llegar al modelo inicial AM partiendo del modelo inicial M a través de AAM y a continuación M'. Finalmente es posible además llegar al modelo específico del aspecto AM partiendo del modelo inicial M a través de M'. El ejemplo en la figura 6 ha mostrado que igualmente es posible llegar al modelo específico del aspecto AM partiendo del modelo inicial M a través de AAM. En todos los modelos M', AAM, AM se trata de modelos derivados M, que se desarrollan a partir de un modelo inicial M. No obstante, el modelo específico del aspecto AM puede considerarse como modelo final, que es adecuado para la respuesta de cuestiones concretas y en este sentido puede considerarse en las rutinas siguientes de control, monitorización, diagnóstico- o evaluación.

En la figura 8 se ilustra una visión general esquemática de las etapas de procedimiento individuales y las ventajas que pueden alcanzarse a partir de estas, cuando, por un lado se tienen en cuenta las relaciones activas entre los compresores y dispositivos periféricos de una instalación de compresor en forma de un esquema R&I como base para uno o varios modelos iniciales y por otro lado se desarrollan modelos derivados de estos modelos iniciales.

En este sentido en la figura 8 están ilustradas las relaciones de las aplicaciones individuales de modelos. Las relaciones causales representadas en la ilustración han de interpretarse tanto de manera acumulativa como alternativa. La estandarización de los datos en el sentido de que a cada fecha individual se asocia un significado bien definido es la base para el procesamiento de datos.

Basándose en datos estandarizados y modelos iniciales específicos del dominio M₁, M₂, ... puede derivarse de nuevo modelos específicos del aspecto AM, que pueden consultarse para numerosas aplicaciones adicionales. Las aplicaciones concebibles en concreto son por ejemplo control y regulación, optimización de las condiciones límite, bajo las cuales se hace funcionar una instalación de compresor concreta, análisis de datos, monitorización, diagnóstico, pronóstico de una cita de mantenimiento (*predictive maintenance*). En cuanto a la aplicación control y regulación puede constatar que el funcionamiento de una instalación de compresor puede mejorarse porque, con ayuda de modelos, pueden determinarse e implementarse acciones de ajuste para los compresores y/o dispositivos periféricos en condiciones límite dadas (por ejemplo presión demandada a mantener) de la instalación de compresor. Se trata en este sentido de una optimización, que se aplica en tiempo real (aplicación en línea).

Para el control o regulación de una instalación de compresor van a indicarse a continuación más ejemplos, sobre cómo con respecto al aspecto mediante el empleo de modelos, y dado el caso modelos derivados puede alcanzarse una mejora del desarrollo de funcionamiento de una instalación de compresor:

a) aspecto de eficiencia energética:

Por ejemplo al considerar las relaciones activas de la instalación de compresor, es decir del esquema R&I correspondiente, y dado el caso al considerar modelos derivados adicionales puede conseguirse que se hagan funcionar secadores de una instalación de compresor solo, cuando exista demanda para el secado de aire comprimido. En periodos, en los que no existe la demanda para el secado de aire comprimido, los secadores no se hacen funcionar y con ello se ahorra energía para cubrir "fugas térmicas".

b) Aspecto calidad de aire comprimido:

En este caso, conociendo las relaciones activas entre los compresores y dispositivos periféricos de una instalación de compresor puede regularse la reacción a la avería de un secador de la siguiente manera: Si falla un secador, los compresores asociados al secador solo pueden hacerse funcionar, cuando la cantidad de suministro de los otros compresores no basta para cubrir la demanda de aire comprimido. Siempre que mediante las tuberías de aire comprimido sea posible, el aire comprimido de los compresores asociados al secador averiado se distribuye a otros secadores.

Como un ejemplo para el análisis de datos empleando modelos en el sentido de la presente invención pueden crearse modelos específicos del aspecto. Fundamentalmente para la mayoría de las aplicaciones concebibles, no solo en el análisis de datos, sino también en la monitorización, diagnóstico, etc. pueden tenerse en cuenta declaraciones cuantitativas o cualitativas. Para el aspecto de la fiabilidad de la instalación de compresor puede realizarse por ejemplo una declaración cuantitativa en el sentido de una cuantificación de tiempo medio entre fallos (*Mean-Time-To-Failure*), por ejemplo 10.000 horas. Una declaración que examine la fiabilidad de la instalación de compresor puede realizarse también cualitativamente, por ejemplo de la manera siguiente: La fiabilidad de la instalación de compresor se evalúa como "alta", "media", "baja".

Un ejemplo para la optimización puede ser la determinación del parámetro presión demandada. Esta optimización puede realizarse tanto como optimización *offline* como durante el funcionamiento de la instalación de compresor. A este respecto se remite a la ilustración según la figura 9, que ayuda a comprender mejor el problema de la optimización de la presión demandada a la presión realmente necesaria.

Una norma esencial en una unidad de control/monitorización de una instalación de compresor es la presión (presión demandada), que debe estar presente al menos en el lugar de entrega a la red del cliente. La unidad de control/monitorización 22 intenta controlar los compresores 11, 12, 13 de modo que la presión demandada ($p_{\text{demandada}}$) siempre se mantiene y a este respecto se minimiza la energía eléctrica necesaria para la generación de aire comprimido. Debido a una subida brusca en el consumo de aire comprimido puede suceder que la unidad de control/monitorización emita demasiado tarde una orden de conexión a un compresor 11, 12, 13 y por lo tanto no se alcance la presión demandada. Por lo tanto la presión demandada ($p_{\text{demandada}}$) se ajusta en la unidad de control/monitorización fundamentalmente algo más alta que la presión, que el cliente realmente necesita ($p_{\text{necesaria}}$). La distancia entre presión demandada $p_{\text{demandada}}$ ajustada, de la presión $p_{\text{necesaria}}$ realmente necesaria es un colchón de seguridad. Sin embargo, mediante la presión demandada $p_{\text{demandada}}$ más alta sube la demanda de energía para la generación de aire comprimido, dado que la demanda de energía eléctrica de los compresores 11, 12, 13 sube con la presión demandada $p_{\text{demandada}}$. Por lo tanto es deseable ajustar la presión demandada lo más baja posible, pero siempre tan alta que en caso de saltos de consumo no quede por debajo de la presión realmente necesaria (compárese figura 9).

No obstante, para la optimización de la presión demandada $p_{\text{demandada}}$ no basta con analizar simplemente solo la evolución en el tiempo de la presión demandada $p_{\text{demandada}}(t)$ grabada en el pasado, dado que la variación de la presión demandada $p_{\text{demandada}}$ repercute en el comportamiento del control de la instalación de compresor. Por ello resultan otras acciones de conmutación, que dan como resultado otra evolución de la presión.

Mediante aplicación de un modelo de simulación de la instalación de compresor, derivado del esquema R&I de la instalación de compresor, mediante perfiles de evolución de presión grabados en el pasado puede averiguarse la presión demandada mínima, en la que precisamente ya no aparecen valores por debajo de la presión realmente necesaria. Con dicho modelo de simulación, explicaciones más detalladas sobre ello pueden deducirse por ejemplo por el documento WO 2010/072803 A1, puede determinarse también cuánta energía puede ahorrarse mediante la optimización de la presión demandada $p_{\text{demandada}}$.

También para la monitorización de instalaciones de compresor pueden utilizarse modelos. Mediante la comparación del comportamiento del proceso real con el modelo del proceso real puede detectarse cuándo en el proceso real aparece un comportamiento que (al menos teniendo en cuenta el modelo) no se ha esperado así. Si la realidad y el modelo difieren, se activa un aviso o interrupción, por ejemplo se activa una señal de alarma o se envía un correo electrónico de advertencia a un responsable de instalación.

En el ámbito del diagnóstico, con ayuda de modelos puede delimitarse o determinarse la causa para un comportamiento erróneo. En este sentido, por ejemplo en el modelo se simulan distintos escenarios de error y se comparan con los datos observados en el proceso real cuando aparece el error. El escenario que mejor coincide con la realidad da una indicación sobre la causa del error.

Mediante el empleo de simulaciones previas es posible estimar la siguiente cita para un mantenimiento de la instalación de compresor o de los compresores o de los dispositivos periféricos. Al suponer un perfil de evolución de aire comprimido (observado por ejemplo en el pasado en la instalación de compresor en cuestión) se averigua, cómo los compresores y dispositivos periféricos individuales de una instalación de compresor se hacen funcionar o se someten a carga previsiblemente en las próximas semanas o meses. A partir de la evolución de los estados operativos de los compresores y de los dispositivos periféricos y un modelo para el desgaste de las piezas constructivas/medios de producción relevantes para el mantenimiento puede determinarse la cita, en la que se ha alcanzado el límite de desgaste (periodo en servicio) de la pieza constructiva/medio de producción.

A continuación se indica un ejemplo adicional sobre cómo puede determinarse el volumen tampón efectivo de una instalación de compresor empleando un modelo cuantitativo de una instalación de compresor. Esto se aclara mediante la instalación de compresor, tal como se representa en la figura 10. La instalación de compresor consta de los tres compresores 11, 12, 13, los dos secadores 19, 20, los dos filtros 14, 15 y el acumulador de aire comprimido 21. El objetivo de la unidad de control/monitorización 22 es transmitir el volumen tampón efectivo que posee el acumulador de aire comprimido 21 (volumen eventualmente conocido) junto con la red de tuberías (volumen generalmente desconocido). La información sobre el volumen tampón efectivo se emplea por ejemplo para el cálculo del consumo de aire comprimido actual, a partir del cual de nuevo se derivan los momentos para las acciones de conmutación de compresores. Para averiguar el volumen tampón efectivo la instalación de compresor de la figura 10 se reproduce inicialmente en un modelo, que solo contiene los componentes relevantes para averiguar el volumen tampón. Resulta un modelo simplificado AAM bajo el aspecto volumen tampón, tal como se ilustra en la figura 11. Los secadores 19, 20 así como filtros 14, 15 no tienen ninguna relevancia para el cálculo del volumen tampón efectivo y por lo tanto no se consideran en el modelo inicial específico del aspecto AAM. En cambio los compresores 11, 12, 13 son relevantes, dado que las acciones de conmutación en compresores se utilizan para determinar a través de la variación del

gradiente del sensor de presión 26 instalado en el acumulador de aire comprimido 21 el volumen tampón efectivo. El cálculo del volumen tampón tiene lugar al compararse el gradiente de presión antes de la acción de conmutación con el gradiente de presión tras la acción de conmutación. La acción de conmutación de un compresor- en el caso de un consumo de aire comprimido constante- lleva a que varíe el gradiente de presión, tal como se ilustra mediante la figura 12. Para el cálculo se toman como base varias suposiciones:

- alrededor del momento de la acción de conmutación el volumen tampón efectivo "real" no varía.
- alrededor del momento de la acción de conmutación el consumo de aire comprimido es constante.
- La temperatura del aire comprimido en el sistema de tuberías y en el acumulador intermedio es constante.

Suponiendo que la cantidad de suministro del compresor que conmuta se conozca, por ejemplo, porque la cantidad de suministro está depositada en una base de datos a la que puede acceder la unidad de control- y vigilancia 22, el volumen tampón V_{ef} efectivo puede calcularse a partir de la variación del gradiente de presión y de la variación de la cantidad de suministro de los compresores ΔFAD (que corresponde a la cantidad de suministro del compresor individual) y de la presión ambiente p_{amb} :

$$V_{ef} = \frac{\Delta FAD}{\left(\frac{dp_N}{dt}\right)_2 - \left(\frac{dp_N}{dt}\right)_1} * P_{amb}$$

Especialmente la suposición de que el consumo de aire comprimido es constante alrededor del momento de la acción de conmutación, no se cumple en la práctica en cada acción de conmutación. Por lo tanto es posible y ventajoso calcular la estimación individual del volumen tampón efectivo a través de una filtración (por ejemplo formación de promedio) con estimaciones precedentes. Para el procesamiento adicional se emplea entonces por ejemplo el promedio de las últimas 20 estimaciones. Bajo la suposición muy realista de que la variación de consumo durante el proceso de conmutación se realice con la misma probabilidad hacia arriba como también hacia abajo, las variaciones de consumo en el medio se neutralizan en la filtración.

Como ejemplo para el análisis del comportamiento de la instalación de compresor podría servir el análisis bajo el aspecto grado de reserva: Una medida para la fiabilidad de una instalación de compresor es el grado de reserva. El grado de reserva se determina de manera decisiva si el consumo de aire comprimido para el intervalo de tiempo contemplado sobrepasa o ha sobrepasado la cantidad de suministro disponible (teniendo en cuenta el aire comprimido almacenado en el acumulador de aire comprimido), si un compresor fallase. Para esta rutina de análisis se recurre razonablemente a la configuración de la instalación de compresor introducida como esquema R&I y modelos derivados de la misma. El cálculo del grado de reserva puede entenderse tanto como análisis como también monitorización. Si el análisis del grado de reserva se utiliza para la monitorización, el operador de la instalación de compresor puede reaccionar y desconectar antes de no alcanzar la presión al menos necesaria el consumidor de aire comprimido o equipar las instalaciones de compresor con compresores adicionales. El grado de la sobrecarga podría fijarse en la avería de un compresor:

- Peor grado de la sobrecarga: ¿Se ha llegado en el periodo contemplado a valores de presión no alcanzados, aunque todos los compresores estaban disponibles para la generación de aire comprimido?
- Grado grave de la sobrecarga: ¿Se llegaría a valores de presión no alcanzados, si el compresor más pequeño fallase?
- Grado medio de la sobrecarga: ¿Se llegaría a valores de presión no alcanzados, si un compresor medio fallase?
- Grado leve de la sobrecarga: ¿Se llegaría a valores de presión no alcanzados, si un compresor grande fallase?

El análisis, de si por ejemplo se presentó un grado grave de la sobrecarga en el periodo contemplado, se realiza por que una simulación de la estación de aire comprimido se realiza mediante los modelos derivados con la norma de que el compresor más pequeño no debe utilizarse para el abastecimiento de aire comprimido. La simulación misma puede llevarse a cabo por ejemplo como se describe en el documento WO 2010/072803 A1.

Mediante la aplicación de modelos derivados sobre el comportamiento de los componentes de una instalación de compresor puede crearse un pronóstico para la siguiente cita de mantenimiento para la instalación de compresor, para compresores individuales o dispositivos periféricos individuales. Para ello pueden emplearse modelos derivados para la simulación previa. Con un modelo derivado para la simulación previa puede predecirse para un perfil de consumo de aire comprimido, cómo se comportan en el tiempo los compresores o dispositivos periféricos individuales de la instalación de compresor para la realización de una simulación previa en el marco de la exactitud de modelos teniendo en cuenta el algoritmo de control en el equipo de control/monitorización, las órdenes de conmutación a los compresores se calculan en el sentido de cómo resultarían en la instalación de compresor real para el perfil de consumo de aire comprimido dado. A partir de las órdenes de conmutación a los compresores puede deducirse el comportamiento de marcha de los compresores. El comportamiento de marcha de los compresores describe, en qué estado operativo se encuentra un compresor y el momento.

Siempre que exista un modelo para las piezas constructivas o medios de producción relevantes para el mantenimiento, que permite deducir a partir de la evolución del estado operativo de la instalación de compresor el estado de desgaste

de la pieza constructiva o medio de producción, mediante los resultados de la simulación previa puede averiguarse cuándo se alcanzará un estado de desgaste, que haga necesaria una medida de mantenimiento. Para compresores se cumple hoy que el estado de desgaste de una pieza constructiva/medio de producción relevante para el mantenimiento se averigua mediante las horas de funcionamiento de un compresor. Así, el cambio del aceite es necesario cada 3.000 horas operativas. En el futuro es posible fijar el estado de desgaste de una pieza constructiva/medio de producción relevante para el mantenimiento no solo en las horas de funcionamiento, sino también en las condiciones del entorno/operativas de la instalación de compresor. Cuando los modelos para la simulación previa reproducen efectos relevantes para averiguar el estado de desgaste (por ejemplo, temperatura de compresión, presión en el contenedor de separación de aceite, carga de partículas del aire aspirado, temperatura ambiente) con exactitud suficiente, pueden crearse también pronósticos para medidas de mantenimiento, cuando el estado de desgaste de la pieza constructiva/medio de producción en cuestión no solo puede averiguarse a través de las horas de funcionamiento.

La exactitud para el pronóstico de la cita para la siguiente medida de mantenimiento depende naturalmente de en qué medida aparece la evolución del consumo de aire comprimido tomada en la simulación previa también en la realidad.

Una ventaja del pronóstico de la siguiente cita de mantenimiento basándose en simulaciones previas en comparación con el método trivial de la extrapolación de las horas de funcionamiento es que un pronóstico también es posible, cuando la composición de la estación de aire comprimido varía (por ejemplo, añadiendo o eliminando un compresor) o se lleva a cabo un cambio de parámetros del control de aire comprimido (por ejemplo, variación del orden de conexión- y desconexión de compresores).

El pronóstico para la realización de la siguiente medida de mantenimiento se repite regularmente (por ejemplo una vez diariamente), consultándose la evolución de los estados de compresor observada en la instalación de compresor actual desde la realización del último pronóstico para llevar a cabo un nuevo pronóstico. Por ello, con el tiempo el pronóstico de la siguiente cita de mantenimiento es cada vez más exacto, dado que la proporción del desgaste realmente observado entra en el pronóstico y con ello la parte del desgaste que se produce también hasta el siguiente mantenimiento (como incertidumbre en el modelo) es cada vez menor.

El procedimiento de acuerdo con la invención se caracteriza en el resultado por que partiendo del registro de datos de funcionamiento hasta la evaluación de los datos de funcionamiento para el

- control y/o regulación
- monitorización
- diagnóstico
- optimización
- pronóstico de una cita de mantenimiento (*predictive maintenance*)
han de realizarse etapas de procedimiento individuales. Las etapas de procedimiento pueden definirse de la manera siguiente.
- Las relaciones activas en la instalación de compresor que va a analizarse deben definirse, dado el caso introducirse.
- deben estandarizarse datos de funcionamiento de la instalación de compresor de forma adecuada.
- Basándose en las relaciones activas de la instalación de compresor se crean uno o varios modelos iniciales así como modelos derivados de las mismas.
- Se consultan modelos específicos del aspecto de la instalación de compresor para responder a preguntas concretas.

Las cuatro etapas de procedimiento descritas están desacopladas unas de otras tanto local como temporalmente. Existe únicamente una vinculación temporal (vinculación antes-después) entre las etapas de procedimiento, es decir, algunas etapas de procedimiento deben realizarse antes de otras etapas de procedimiento y facilitarse sus resultados, antes de que puedan desarrollarse otras etapas de procedimiento, que empleen los resultados de etapas de procedimiento previas. Sin embargo las etapas de procedimiento pueden distribuirse sin embargo en sistemas distintos (pero no es obligatorio). En el caso de que las etapas de procedimiento se desarrollen en distintos sistemas, debe darse sin embargo la posibilidad de un intercambio de información (al menos unidireccional).

Aunque la invención se haya descrito mediante una instalación de compresor, es decir, para sobrepresión, todos los principios pueden aplicarse también en una instalación de vacío, en la que en lugar de compresores interactúan bombas.

Además en la presente memoria se ha hablado en general de compresores, sin fijar el tipo especial de los compresores. En una configuración todos los compresores por ejemplo pueden estar diseñados como compresores volumétricos, habiendo de considerarse esto sin embargo como configuración especial y no siendo en general obligatorio.

Lista de referencias

11, 12, 13	compresores
14, 15, 16	filtros
17, 18	válvulas
19, 20	secadores
21	acumulador de aire comprimido
22	unidad de control/monitorización
23	editor
24	sección de almacenamiento
25	unidad de registro de datos
26	sensor de presión

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control y/o monitorización de una instalación de compresor que comprende uno o varios compresores (11, 12, 13) y uno o varios dispositivos periféricos (14 a 21),
 5 en donde los compresores (11, 12, 13) y dispositivos periféricos (14 a 21) están dispuestos o conectados en una configuración predeterminada, en donde la instalación de compresor se controla y/o se monitoriza a través de una unidad de control/monitorización (22),
 caracterizado por que
 basándose en uno o varios modelos iniciales (M_1, M_2, \dots) de la instalación de compresor, que se basa por ejemplo en
 10 un esquema R&I, dado el caso incluyendo la especificación de los compresores (11, 12, 13) y de los dispositivos periféricos (14 a 21), se crean uno o varios modelos derivados (\tilde{M}_a, M_b, \dots), que consideran relaciones activas entre los compresores individuales (11, 12, 13) y dispositivos periféricos (14 a 21) y dado el caso, también procesos dinámicos, y por que el uno o los varios modelos derivados (\tilde{M}_a, M_b, \dots), se toman como base en las siguientes rutinas de control, monitorización, diagnóstico- o evaluación.
- 15 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el modelo derivado (\tilde{M}_a, M_b, \dots), es un modelo específico del aspecto (AM), que se crea utilizando un algoritmo de análisis específico del aspecto a partir del uno o varios modelos iniciales (M_1, M_2, \dots) o a partir de uno o varios modelos intermedios ($M_1', M_2', \dots, AAM_1, AAM_2, \dots$).
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 2 o 3, caracterizado por que la información sobre el comportamiento específico del aspecto de un compresor (11, 12, 13) o de un dispositivo periférico (14 a 21) está incluida en uno o varios modelos de componente (KM) que van a considerarse en el modelo inicial de aspecto (AAM) y/o en el algoritmo de análisis mismo.
- 25 4. Procedimiento según la reivindicación 2 o 3, caracterizado por que para cada modelo específico del aspecto AM que va a crearse está previsto un algoritmo de análisis asociado.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el modelo derivado ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$), se almacena en la unidad de control/monitorización (22) central.
- 35 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el o los modelos derivados ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$), pueden deducirse y/o almacenarse y/o aplicarse en un sistema externo.
- 40 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el o los modelos derivados ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$), se comprueban continuamente o cíclicamente o basándose en eventos y dado el caso, se adaptan automáticamente.
- 45 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que en la variación del o de los modelos iniciales (M_1, M_2, \dots) y/o en la modificación de un modelo de componente (KM), por ejemplo dado que se llevaron a cabo modificaciones constructivas en la instalación de compresor, también se adaptan el o los modelos derivados .
- 50 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que se consideran diferentes modelos iniciales (M_1, M_2, \dots) específicos del dominio, en particular uno o varios modelos iniciales específicos del aire comprimido, uno o varios modelos iniciales específicos del abastecimiento de corriente, uno o varios modelos iniciales referidos al circuito de agua de refrigeración o uno o varios modelos iniciales referidos a la recuperación de calor.
- 55 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que el modelo derivado ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$), es un modelo intermedio (M_1', M_2', \dots), que frente al o los modelos iniciales también considera un comportamiento dinámico o diferentes estados operativos de la instalación de compresor.
- 60 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que el modelo derivado ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$), es un modelo intermedio (AAM_1, AAM_2, \dots), que está adaptado de manera específica del aspecto con respecto a uno o varios modelos iniciales (M_1, M_2, \dots) o a uno o varios otros modelos intermedios (M_1', M_2', \dots) y dado el caso está simplificado.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que el o los modelos iniciales (M_1, M_2, \dots) se toman como base para la configuración dada concretamente de la instalación de compresor en forma de un esquema R&I, que se introduce en particular tras la creación de la instalación de compresor a través de un editor (23).
13. Procedimiento para la monitorización de una instalación de compresor que comprende uno o varios compresores (11, 12, 13) y uno o varios dispositivos periféricos (14 a 21),
 en donde los compresores (11, 12, 13) y dispositivos periféricos (14 a 21) están dispuestos o conectados en una configuración predeterminada, en donde la instalación de compresor se controla y/o se monitoriza a través de una

unidad de control/monitorización (22),
 en donde el procedimiento crea un pronóstico para la siguiente cita de mantenimiento de la instalación de compresor
 o de los compresores individuales o dispositivos periféricos individuales, en particular según la reivindicación 1,
 caracterizado por que

- 5 - en particular tras la creación de la instalación de compresor, la configuración dada concretamente se introduce
 en forma de un esquema R&I a través de un editor (23) y esta entrada forma la base para uno o varios modelos
 iniciales,
 - por que basándose en estos modelos iniciales (M_1, M_2, \dots) se crean uno o varios modelos derivados ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$),
 10 que consideran relaciones activas entre los compresores individuales (11, 12, 13) y los dispositivos periféricos (14
 a 21), dado el caso también procesos dinámicos, y
 - por que considerando datos de funcionamiento estandarizados de la instalación de compresor, mediante el
 empleo del o de los modelos derivados ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$), se crea un pronóstico para la siguiente cita de mantenimiento.

15 14. Procedimiento para la monitorización de una instalación de compresor que comprende uno o varios compresores
 (11, 12, 13) y uno o varios dispositivos periféricos (14 a 21),
 en donde los compresores (11, 12, 13) y dispositivos periféricos (14 a 21) están dispuestos o conectados en una
 configuración predeterminada, en donde la instalación de compresor se controla y/o se monitoriza a través de una
 unidad de control/monitorización (22),
 20 en donde el procedimiento está diseñado como procedimiento de diagnóstico para el diagnóstico de la instalación de
 compresor o de los compresores individuales o dispositivos periféricos individuales, en particular según la
 reivindicación 1, caracterizado por que

- 25 - en particular tras la creación de la instalación de compresor, la configuración dada concretamente se introduce
 en forma de un esquema R&I a través de un editor (23) y esta entrada forma la base para uno o varios modelos
 iniciales,
 - por que basándose en estos modelos iniciales (M_1, M_2, \dots) se crean uno o varios modelos derivados ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$),
 que consideran relaciones activas entre los compresores (11, 12, 13) individuales y los dispositivos periféricos (14
 a 21), dado el caso, también procesos dinámicos, y
 30 - por que considerando datos de funcionamiento estandarizados de la instalación de compresor, empleando el o
 los modelos derivados ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$) se lleva a cabo un diagnóstico de errores.

35 15. Instalación de compresor que comprende uno o varios compresores (11, 12, 13), así como uno o varios dispositivos
 periféricos (14 a 21), así como una unidad de control/monitorización (22),
 en donde los compresores (11, 12, 13) y dispositivos periféricos (14 a 21) están dispuestos o conectados en una
 configuración predeterminada, en donde la instalación de compresor se controla y/o se monitoriza a través de una
 unidad de control/monitorización (22),
 caracterizada por que
 40 la unidad de control/monitorización (22) está configurada y orientada de tal modo que en caso de rutinas de control,
 monitorización, diagnóstico- o evaluación se recurre a uno o varios modelos derivados ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$) de la instalación
 de compresor, que se crean basándose en uno o varios modelos iniciales (M_1, M_2, \dots) de la instalación de compresor,
 pero también considera relaciones activas entre los compresores (11, 12, 13) individuales y los dispositivos periféricos
 (14 a 21) así como dado el caso, también procesos dinámicos.

45 16. Instalación de compresor según la reivindicación 15, caracterizada por que la unidad de control/monitorización se
 ocupa del almacenamiento del o de los modelos derivados ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$).

50 17. Instalación de compresor según la reivindicación 15 o 16, caracterizada por que la unidad de control/monitorización
 (22) está implementada por completo o parcialmente en uno o varios servidores conectados activamente entre sí o en
 uno o varios ordenadores virtuales.

55 18. Instalación de compresor según una de las reivindicaciones 15 a 17, que además de la unidad de
 control/monitorización también comprende un editor (23), caracterizada por que el editor (23) está configurado y
 determinado para introducir la configuración dada concretamente de la instalación de compresor en la forma de un
 esquema R&I y el editor (23) está conectado activamente con la unidad de control/monitorización (22), de tal modo
 que el esquema R&I introducido se transmite a la unidad de control/monitorización (22) y allí sirve como base inicial
 para la creación de uno o varios modelos iniciales (M_1, M_2, \dots).

60 19. Unidad de control/monitorización para el control y/o monitorización de una instalación de compresor que
 comprende uno o varios compresores (11, 12, 13) y uno o varios dispositivos periféricos (14 a 21),
 en donde los compresores (11, 12, 13) y dispositivos periféricos (14 a 21) están dispuestos o conectados en una
 configuración predeterminada, y la unidad de control/monitorización provoca el control y/o monitorización de la
 instalación de compresor,
 caracterizada por que
 65 basándose en uno o varios modelos iniciales (M_1, M_2, \dots) de la instalación de compresor, que se basa por ejemplo en

un esquema R&I, dado el caso incluyendo la especificación de los compresores (11, 12, 13) y de los dispositivos periféricos (14 a 21), se crea uno o varios modelos derivados ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$) que considera relaciones activas entre los individuales compresores (11, 12, 13) y dispositivos periféricos (14 a 21) y dado el caso, también procesos dinámicos, y por que el uno o los varios modelos derivados ($\tilde{M}_a, \tilde{M}_b, \dots$) se toman como base en las siguientes rutinas de control, monitorización, diagnóstico- o evaluación.

5

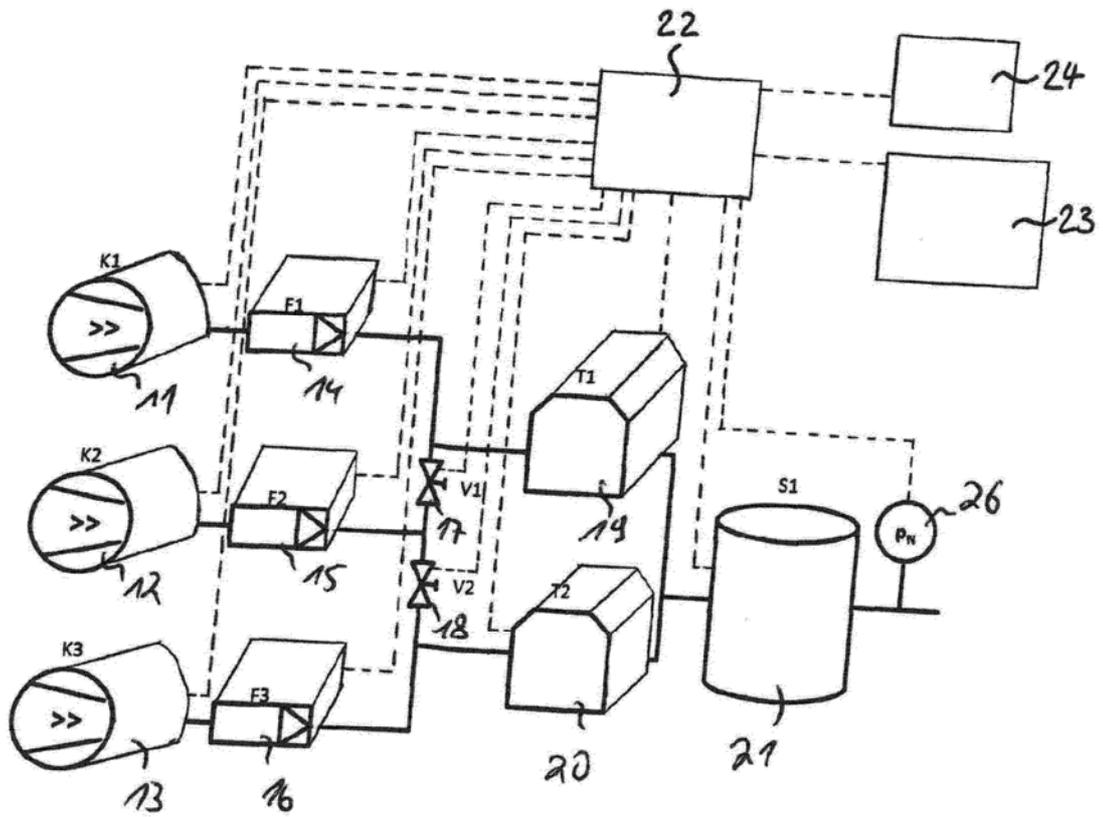


Fig. 1

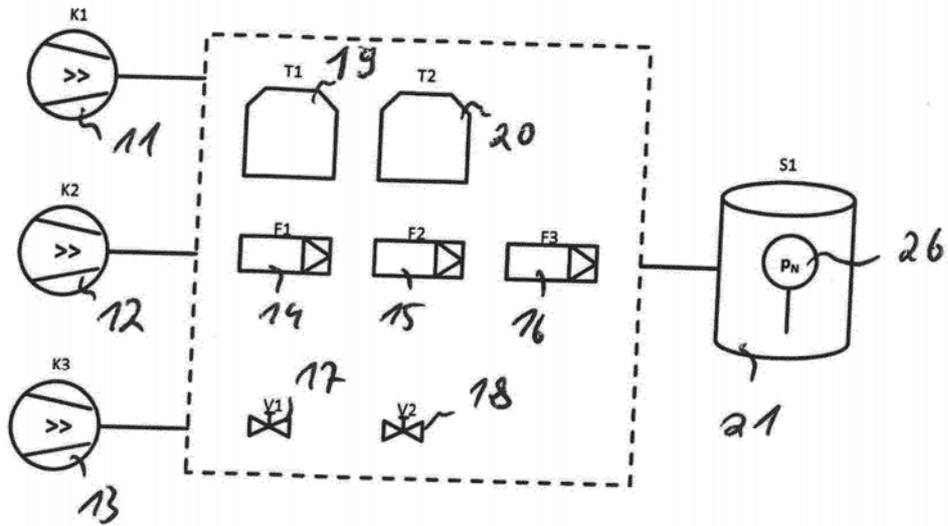


Fig. 2

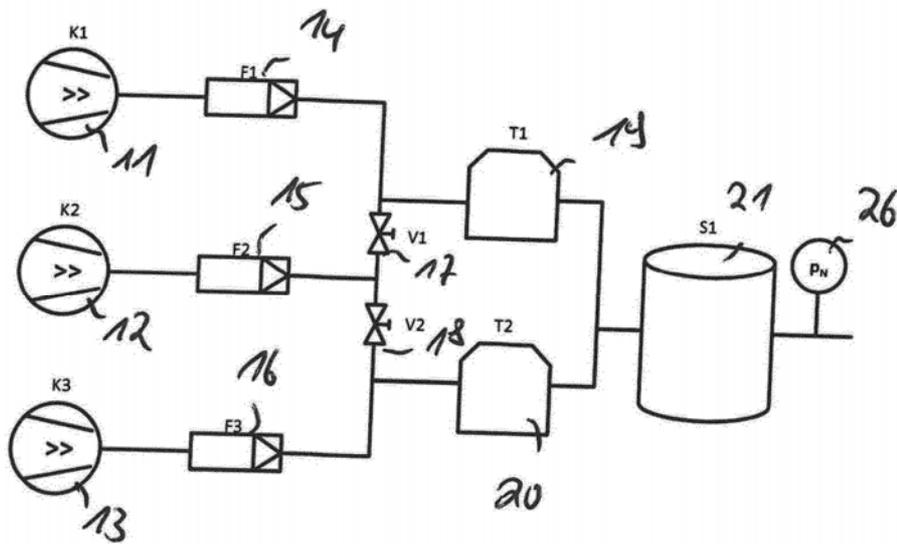
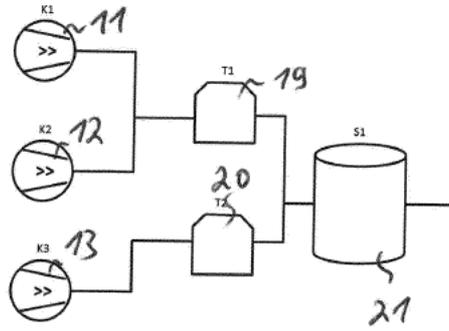


Fig. 3

SI "V1 ABIERTA" Y "V2 CERRADA" ENTONCES



SINO

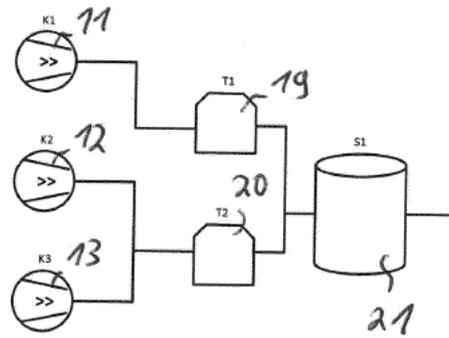


Fig. 4

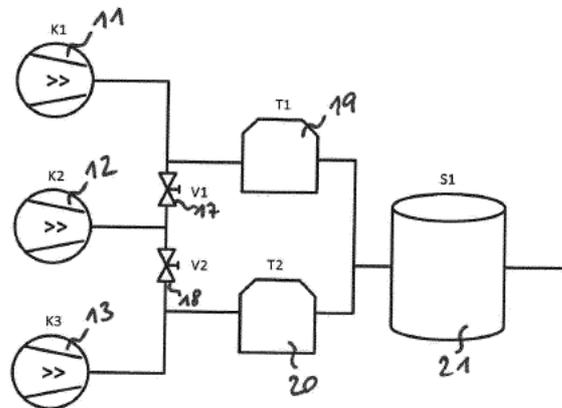


Fig. 5

- SI V1 "abierta" Y V2 "abierta"
T1: K1, K2, K3
T2: K1, K2, K3
- SI V1 "abierta" Y V2 "cerrada"
T1: K1, K2
T2: K3
- SI V1 "cerrada" Y V2 "abierta"
T1: K1
T2: K2, K3
- SI V1 "cerrada" Y V2 "cerrada"
T1: K1
T2: K3

Fig. 6

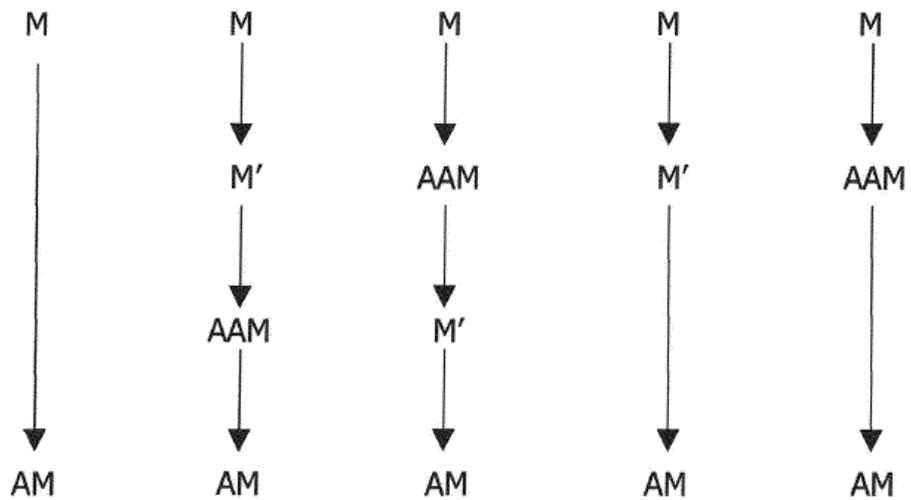


Fig. 7

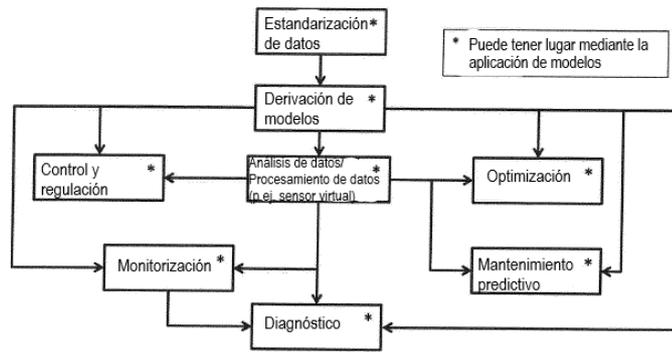


Fig. 8

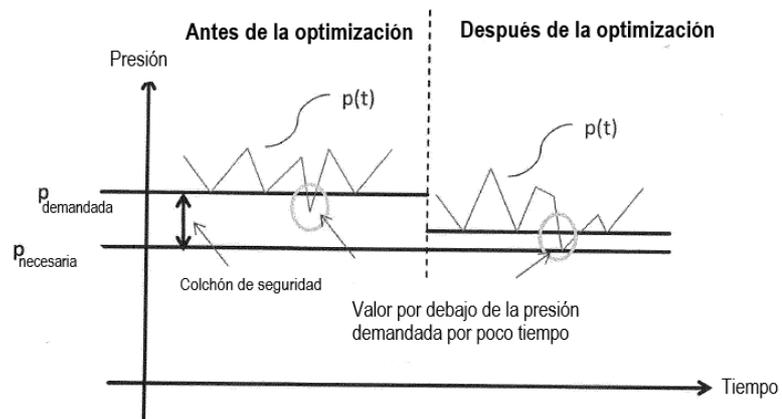


Fig. 9

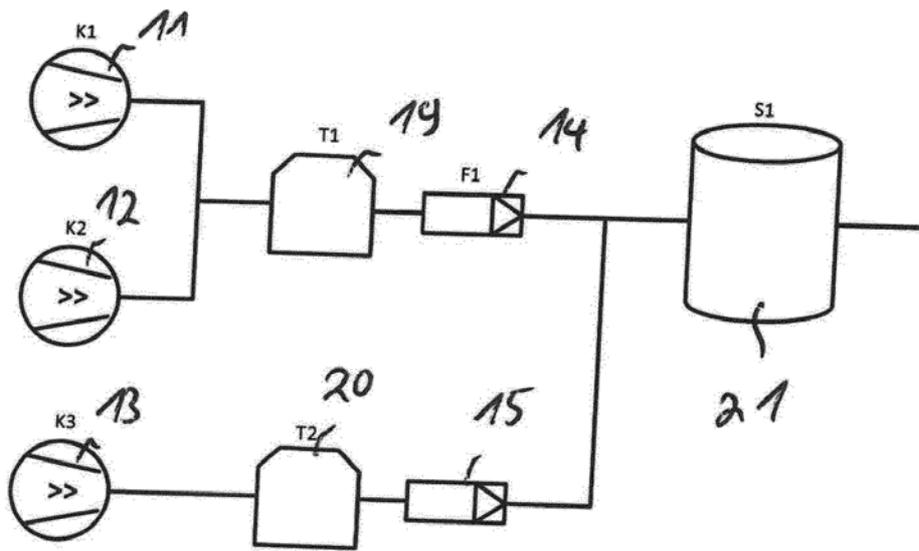


Fig. 10

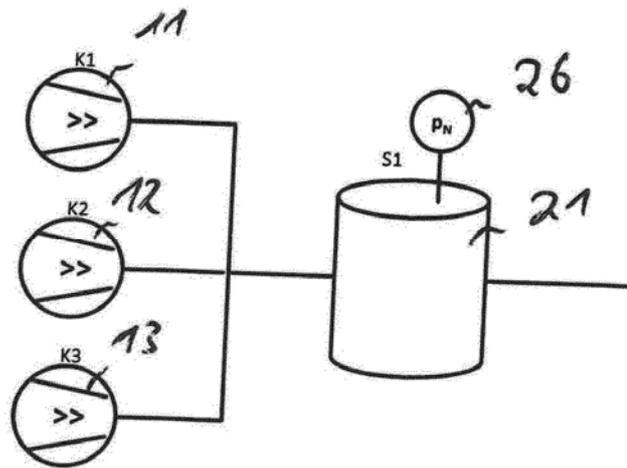


Fig. 11

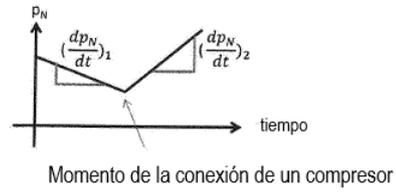


Fig. 12