

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 985**

51 Int. Cl.:

F04C 28/02 (2006.01)

F04B 49/06 (2006.01)

G05B 17/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2009 PCT/EP2009/067838**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.07.2010 WO10072803**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2009 E 09799353 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2017 EP 2376783**

54 Título: **Procedimiento asistido por simulación para el control o la regulación de estaciones de aire comprimido**

30 Prioridad:
23.12.2008 DE 102008064491

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.07.2017

73 Titular/es:
**KAESER KOMPRESSOREN SE (100.0%)
Carl-Kaesar-Strasse 26
96450 Coburg, DE**

72 Inventor/es:
**WAGNER, FLORIAN y
FREY, GEORG**

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 2 622 985 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento asistido por simulación para el control o la regulación de estaciones de aire comprimido

5 La invención se refiere a un procedimiento para el control o la regulación de una estación de aire comprimido, que comprende al menos una pluralidad de compresores conectados en red entre sí, en particular de diferentes especificaciones técnicas, y opcionalmente otros aparatos de la técnica de aire comprimido, que en particular en ciclos de control puede iniciar estrategias de conmutación mediante un control electrónico de la instalación para influir en una cantidad de un fluido comprimido disponible para uno o varios usuarios de la estación de aire comprimido en la estación de aire comprimido, además de poder ajustar la cantidad de fluido comprimido disponible para uno o varios usuarios de la estación de aire comprimido a condiciones de funcionamiento futuras de la estación de aire comprimido de forma adaptativa a la cantidad de descarga de fluido comprimido desde la estación de aire comprimido.

15 Además, la presente invención se refiere a un procedimiento para el control o la regulación de una estación de aire comprimido, que comprende al menos una pluralidad de compresores conectados en red entre sí, en particular de diferentes especificaciones técnicas, y opcionalmente otros aparatos de la técnica de aire comprimido, procesando el procedimiento que está implementado en un control electrónico de una estación de aire comprimido informaciones acerca de magnitudes de estado esenciales de la estación de aire comprimido como informaciones de entrada, y emitiendo comandos de control para el control de al menos algunos compresores y opcionalmente de otros componentes de la estación de aire comprimido como salida, según el preámbulo de la reivindicación 34.

Además, la presente invención se refiere a un control de instalación de una estación de aire comprimido.

25 El uso de estaciones de aire comprimido se ha implantado en muchos entornos industriales y también particulares. La puesta a disposición de cantidades importantes de fluido comprimido son imprescindibles, por ejemplo en instalaciones de producción industriales, no solo para el funcionamiento de dispositivos hidráulicos sino también por ejemplo para la puesta a disposición de fluido comprimido en zonas de reacciones químicas, al igual que para entornos de producción físicos para el uso del mismo. Las estaciones de aire comprimido que comprenden normalmente al menos una pluralidad de compresores, dispositivos de aire comprimido, así como los medios de ajuste y los actuadores correspondientes requieren en muchos casos un control bien concebido y en la mayoría de los casos complejo, que sea capaz de poner a disposición de un número posiblemente grande de usuarios en diferentes estaciones de descarga de la estación de aire comprimido en cada momento suficiente fluido comprimido. Gracias a la realización de diferentes actos de conmutación se abren o cierran por ejemplo válvulas, por lo que se produce un aumento o una reducción de fluido comprimido en zonas predeterminadas de la estación de aire comprimido pudiendo garantizarse el suministro de suficiente fluido comprimido a los usuarios. Otros actos de conmutación posibles se refieren por ejemplo también a la conexión o desconexión de compresores individuales o de grupos de compresores o también a una regulación continua de actuadores o medios de ajuste individuales a diferencia de una conexión o conexión adicional discreta.

40 Para poder realizar un control ventajoso de la estación de aire comprimido, el control de instalación de la estación de aire comprimido requiere informaciones acerca del estado de la estación de aire comprimido. Las informaciones de este tipo pueden ser parámetros del sistema fijos, predeterminados por la estación de aire comprimido, o también magnitudes de estado medibles, como por ejemplo la presión o también magnitudes de estado discretas o de la técnica de información, como por ejemplo el estado de funcionamiento de un compresor (parada, marcha sin carga, marcha bajo carga)), que permiten conclusiones respecto al estado de la estación de aire comprimido en un momento determinado. Además, para el control de la estación de aire comprimido han de tenerse en cuenta condiciones supletorias, cuyo cumplimiento es deseable o en ocasiones también imprescindible para el funcionamiento de la estación de aire comprimido. Entre ellas se encuentran por ejemplo especificaciones acerca de respetar presiones máximas admisibles en la red de tuberías solicitada con presión y la red de depósitos a presión de la estación de aire comprimido, como especificaciones acerca de una presión mínima que debe respetarse en las estaciones de conexión para usuarios.

55 Por el estado de la técnica se conocen ya una serie de procedimientos de control o regulación, que se usan para el control de estaciones de aire comprimido. Un procedimiento de control relativamente sencillo usa un montaje en cascada, que asigna a cada compresor una banda de presión predeterminada. En caso de quedar por debajo del límite inferior de la banda de presión se conecta un compresor adicional. Al rebasar el límite superior de la banda de presión se desconecta correspondientemente un compresor. Gracias al solapamiento de diferentes bandas de presión de los distintos compresores que comprende la estación de aire comprimido puede ajustarse una presión mínima, que permite a los usuarios de la estación de aire comprimido la descarga de una cantidad deseada de fluido comprimido de la instalación.

65 El documento DE 198 26 169 A1 describe un control electrónico para grupos de la generación de aire comprimido o de vacío con circuitos de conmutación electrónicos programables para el control, la regulación y la supervisión de la función técnica de grupos de este tipo. El control electrónico está concebido como control estándar para el uso en una pluralidad de diferentes grupos de la generación de aire comprimido y/o de vacío y presenta un PC industrial o

microordenador industrial supervisado y controlado por un sistema operativo con uno o varios microprocesadores y con una memoria central de datos, que contiene al menos software de control y regulación y una pluralidad de perfiles de datos específicos para el grupo, que están previstos respectivamente para un tipo de grupo determinado y pueden llamarse por separado.

5 Otros procedimientos de control usan un control secuencial, que requiere una banda de presión predeterminada común. Al salir de la banda de presión, se conecta adicionalmente o se desconecta un compresor según una secuencia anteriormente definida. En cada proceso de conmutación se inicia un temporizador que mide un intervalo de tiempo predeterminado. En caso de que la presión existente en la estación de aire comprimido no haya
10 alcanzado el régimen de presión predeterminado por la banda de presión antes de haber transcurrido este intervalo de tiempo, se vuelve a conectar o desconectar otro compresor en la secuencia anteriormente definida.

Una variante del control secuencial está basada en el control por banda de presión. En lugar de la conexión o desconexión de compresores individuales, relativamente inflexible, se conectan o desconectan compresores en
15 secuencias de grupos anteriormente predeterminadas. La selección del compresor a conmutar en un grupo se realiza con ayuda de reglas heurísticas, que a lo largo del tiempo han resultado ser adecuadas para minimizar los costes de funcionamiento de una estación de aire comprimido.

Todos estos procedimientos para el control de estaciones de aire comprimido son controlados meramente por el
20 proceso. Por consiguiente, los actos de conmutación en los actuadores que contiene la estación de aire comprimido, como en los compresores, se realizan solamente como reacción a eventos del aire comprimido anteriormente definidos en la estación de aire comprimido. Aquí, cada acción del control de la estación de aire comprimido es solo una reacción a un evento que tiene lugar en el presente o que tuvo lugar en el pasado. Es solo después de una observación adecuada de este evento cuando puede tener lugar una nueva regulación de las condiciones del fluido
25 comprimido en la estación de aire comprimido. Por lo tanto, la reacción del control solo tiene lugar a continuación de un evento, que en caso de un control óptimo de la estación de aire comprimido debería haberse evitado.

Para poder iniciar suficientemente a tiempo la realización de actos de conmutación, que deben contrarrestar el
30 evento inminente cuya tendencia se está previendo ya, algunos procedimientos de control conocidos por el estado de la técnica usan un número más grande de bandas de presión entrelazadas unas con otras. Los diferentes rangos de presión definidos por las diferentes bandas de presión permiten definir a tiempo también las variaciones que posiblemente solo se detecten por indicios de las condiciones de presión y contrarrestar a tiempo con actos de ajuste adecuados que se alcance un valor superior o inferior a una presión máxima o mínima en la estación de aire
35 comprimido. No obstante, también los procedimientos de este tipo pueden considerarse solo procedimientos de control puramente reactivos, puesto que no se realiza un acto de control correspondiente hasta presentarse condiciones de presión predeterminadas en la estación de aire comprimido.

Los actos de ajuste realizados en los procedimientos de control representados tienen que tener en cuenta además
40 los tiempos muertos de todos los elementos de ajuste, para impedir una reacción desproporcionada a un acto de ajuste correspondiente en la estación de aire comprimido. Correspondientemente, el cálculo de nuevos actos de ajuste se realiza solo tras un tiempo de retardo típico condicionado por los tiempos muertos de los elementos de ajuste. No obstante, de este modo no puede evitarse que el efecto de un acto de ajuste realizado solo pueda observarse cuando se vuelve a evaluar nuevamente el estado en la estación de aire comprimido y se vuelve a
45 realizar por el cálculo de una nueva reacción mediante otros actos de ajuste. Por consiguiente, se produce una reducción artificial de la velocidad de reacción del control, lo que tiene un efecto negativo en la calidad de control de la estación de aire comprimido.

Los procedimientos de control conocidos por el estado de la técnica permiten además solo tener en cuenta las
50 condiciones supletorias en la medida en la que estas pueden tenerse en cuenta explícitamente en la parametrización de los cálculos del control. No obstante, las interrelaciones de muchas variables físicas de las estaciones de aire comprimido solo pueden parametrizarse mediante las indicaciones de reglas empíricas, que representan solo condiciones puramente heurísticas, posiblemente en un régimen de presión que además está muy limitado. Por ejemplo, es conocido que en muchos casos (no en todos) puede conseguirse un ahorro de energía mediante la reducción de la presión máxima admisible de la estación de aire comprimido. Además, para reducir los costes de
55 energía también ha dado resultados ventajosos conectar o desconectar primero compresores o grupos de compresores pequeños, dándoles preferencia respecto a los grandes. La implementación de los conocimientos de este tipo en un procedimiento de control para estaciones de aire comprimido se presenta, no obstante, muy difícil y en muchos casos imposible, puesto que por la superposición de diferentes ajustes de parámetros pueden resultar efectos contrarios en una condición supletoria en la que ha de influirse, por lo que la parametrización heurística
60 representa una complicación no deseable para el explotador de la instalación.

La presente invención tiene ahora el objetivo de proponer un procedimiento de control para estaciones de aire
comprimido que evite los inconvenientes de las soluciones conocidas por el estado de la técnica. En particular, el
65 procedimiento de control de acuerdo con la invención debe permitir prever cambios de la presión en la estación de aire comprimido en el momento más temprano posible para iniciar actos de conmutación adecuados.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento para el control de una estación de aire comprimido según las reivindicaciones 1 y 35 o mediante un control de instalación de una estación de aire comprimido según la reivindicación 37.

5 En particular, el objetivo se consigue mediante un procedimiento para el control de una estación de aire comprimido, que comprende al menos una pluralidad de compresores conectados en red entre sí, en particular de diferentes especificaciones técnicas, y opcionalmente otros aparatos de la técnica de aire comprimido, que en particular en ciclos de control puede iniciar estrategias de conmutación mediante un control electrónico de la instalación para influir en una cantidad de un fluido comprimido disponible en cualquier momento para uno o varios usuarios de la
10 estación de aire comprimido en la estación de aire comprimido, además de poder ajustar la cantidad de fluido comprimido disponible en cualquier momento para uno o varios usuarios de la estación de aire comprimido a condiciones de funcionamiento futuras de la estación de aire comprimido de forma adaptativa a la cantidad de descarga de fluido comprimido desde la estación de aire comprimido, comprobándose antes de iniciarse una estrategia de conmutación diferentes estrategias de conmutación en un procedimiento de simulación previa basado
15 en un modelo de la estación de aire comprimido y seleccionándose entre las estrategias de conmutación comprobadas con ayuda de al menos un criterio de calidad definido la estrategia de conmutación relativamente más ventajosa y transmitiéndose la estrategia de conmutación seleccionada al control de instalación para ser iniciada en la estación de aire comprimido.

20 Aquí hay que indicar que los compresores así como los otros aparatos de la técnica de aire comprimido que la estación de aire comprimido comprende de forma opcional no pueden controlarse o regularse exclusivamente mediante el control de instalación sino también en aspectos parciales (p.ej. desconexiones por seguridad, realización de secuencias de conmutación sencillas tras el cambio de magnitudes de ajuste externas) también mediante dispositivos internos de control o regulación.

25 Además, el objetivo se consigue mediante un procedimiento para el control o la regulación de una estación de aire comprimido, que comprende al menos una pluralidad de compresores conectados en red entre sí, en particular de diferentes especificaciones técnicas, y opcionalmente otros aparatos de la técnica de aire comprimido, procesando el procedimiento, que está implementado en un control electrónico de una estación de aire comprimido,
30 informaciones acerca de magnitudes de estado esenciales de la estación de aire comprimido como informaciones de entrada, y emitiendo comandos de control para el control de al menos algunos compresores y opcionalmente de otros componentes de la estación de aire comprimido como salida, presentando el procedimiento las siguientes estructuras de funcionamiento: un núcleo de simulación, en el que para la descripción del comportamiento de al menos algunos componentes de la estación de aire comprimido están contenidos modelos dinámicos y preferentemente no lineales de estos componentes, estando configurado el núcleo de simulación de tal modo que
35 calcula previamente, como resultado de una simulación, el desarrollo en el tiempo de todas las magnitudes de estado contenidas en el modelo de los componentes de la estación de aire comprimido basándose en estrategias de conmutación alternativas supuestas, teniendo en cuenta los modelos del núcleo de simulación las no linealidades y/o discontinuidades y/o tiempos muertos esenciales en el comportamiento de los componentes, en particular de los
40 compresores; un núcleo de algoritmo, que contiene parámetros para la caracterización de los componentes de la estación de aire comprimido, informaciones acerca de la interconexión de los componentes individuales, heurísticas para la formación de estrategias de conmutación alternativas y criterios de evaluación para los desarrollos en el tiempo de las magnitudes de estado de los componentes de la estación de aire comprimido determinados por el núcleo de simulación para las estrategias de conmutación alternativas y que selecciona basándose en ello la
45 estrategia de conmutación relativamente más ventajosa y pone a disposición o transmite comandos de control correspondientes a al menos algunos compresores; y una base de informaciones, que contiene, además de una imagen del proceso formada a partir de valores de sensores y dado el caso valores de actuadores puestos a disposición por el núcleo de simulación también los resultados de la simulación para las estrategias de conmutación alternativas, representando la base de informaciones al menos una parte de la base de datos común del núcleo de algoritmo y del núcleo de simulación y sirviendo para el intercambio de datos entre el núcleo de algoritmo y el núcleo de simulación.
50

Según la realización, la base de informaciones puede contener una imagen del proceso de la estación de aire comprimido, es decir, sustancialmente los valores de medición de magnitudes de estado y las magnitudes de ajuste
55 actuales, completadas con los resultados de simulación previa de los desarrollos en el tiempo de las magnitudes de estado para distintos escenarios. El núcleo de algoritmo puede contener además las informaciones acerca de la configuración de la estación de aire comprimido así como de los tipos de componentes contenidos en la misma y sus parámetros. Además, puede presentar heurísticas para la formación de diferentes escenarios a examinar. El núcleo de algoritmo transmite a continuación normalmente estas informaciones al núcleo de simulación. Además, el núcleo de algoritmo transmite normalmente al núcleo de simulación las informaciones acerca del estado que proceden de la base de informaciones y que son relevantes para la simulación previa de la estación de aire comprimido. El núcleo de simulación puede presentar aquí modelos para los componentes habituales de una estación de aire comprimido. Además, puede formar a partir de estos modelos, usando las informaciones acerca de la estructura de la estación de aire comprimido y los tipos de componentes contenidos en la misma y los parámetros de estos obtenidas por el
60 núcleo de algoritmo un modelo de la estación de aire comprimido, que completa con otras informaciones acerca del estado actual de la estación de aire comprimido de la base de informaciones. Basándose en ello, el núcleo de
65

simulación puede simular normalmente durante el intervalo de tiempo de la simulación previa el desarrollo en el tiempo de todas las magnitudes de estado del modelo de la estación de aire comprimido y los deposita en la base de informaciones. Además, el núcleo de simulación puede suministrar al núcleo de algoritmo mensajes de estado en relación con la realización de las simulaciones previas.

5 Basándose en los desarrollos en el tiempo alternativos de todas las magnitudes de estado del modelo de la estación de aire comprimido depositados en la base de informaciones, el núcleo de algoritmo puede evaluar estos además para los escenarios examinados y selecciona según el criterio de calidad el escenario más ventajoso relativamente y transmite las estrategias de conmutación correspondientes a los componentes de la estación de aire comprimido o
10 pone a disposición esta estrategia de conmutación para poder llamarla. Por consiguiente, el núcleo de simulación como parte relativamente amplia y compleja de la implementación puede usarse independientemente de la estación de aire comprimido concreta, es decir, de forma universal. Es recomendable que el modelado y la descripción también se realicen con métodos de software orientados a objetos.

15 Además, el objetivo se consigue mediante un control de instalación de una estación de aire comprimido, que comprende al menos una pluralidad de compresores conectados en red entre sí, en particular de diferentes especificaciones técnicas, y opcionalmente otros aparatos de la técnica de aire comprimido, que en particular en ciclos de control puede iniciar tanto estrategias de conmutación de elementos de ajuste de la estación de aire comprimido y/o de diferentes compresores para influir en la cantidad de un fluido comprimido disponible en cualquier
20 momento para uno o varios usuarios de la estación de aire comprimido en la estación de aire comprimido, como también ajustar la cantidad de fluido comprimido disponible para uno o varios usuarios de la estación de aire comprimido a condiciones de funcionamiento futuras de la estación de aire comprimido de forma adaptativa a la cantidad de descarga de fluido comprimido desde la estación de aire comprimido, comprobándose antes de realizar una estrategia de conmutación diferentes estrategias de conmutación en un procedimiento de simulación previa
25 realizado en tiempo real basándose en un modelo de la estación de aire comprimido y seleccionándose entre las estrategias de conmutación con ayuda de al menos un criterio de calidad definido una estrategia de conmutación relativamente más ventajosa y generando el control de instalación un comando de control basándose en la estrategia de conmutación seleccionada.

30 Una idea principal en la que está basada la invención es calcular con ayuda de un procedimiento de simulación previa diferentes estrategias de conmutación de escenarios de actos de conmutación diferentes aproximadamente comparables, permitiendo este procedimiento simular el comportamiento de toda la estación de aire comprimido o también de componentes parciales individuales de la misma. Por consiguiente, no se realiza ningún cálculo de optimización, que optimizaría por ejemplo el valor de un funcional que describe la estación de aire comprimido en el
35 sentido matemático, sino que solo se determina un número de escenarios de la estación de aire comprimido para diferentes condiciones.

Por escenario debe entenderse aquí un desarrollo supuesto o pronosticado de magnitudes perturbadoras, en particular del consumo de aire comprimido en combinación con una estrategia de conmutación a examinar. Por
40 estrategia de conmutación debe entenderse además una secuencia de actos de conmutación, es decir, un cambio discreto o continuo de magnitudes de ajuste, que provocan un cambio del funcionamiento de uno o varios componentes de la estación de aire comprimido. Se encuentra entre estos actos de conmutación por ejemplo una conmutación entre una marcha bajo carga y una marcha sin carga o una parada, así como cambios escalonados o continuos de la velocidad o del estado de estrangulación o de purga de compresores y también incluyen cambios de
45 ajustes de parámetros en compresores u otros componentes opcionales de la estación de aire comprimido.

Por actos de conmutación deben entenderse, además, no solo acciones de conmutación discretas individuales sino también deben entenderse en como secuencia escalonada en el tiempo de acciones de conmutación en el sentido de una estrategia de conmutación. Además, el concepto acto de conmutación no solo comprende cambios discretos
50 de un estado de funcionamiento de componentes (por ejemplo la conmutación entre parada, marcha sin carga y marcha bajo carga), sino también cambios continuos, por ejemplo el cambio en el tiempo de la velocidad de un compresor de velocidad variable o el cierre o la apertura continua de válvulas.

Una ventaja clara del procedimiento de acuerdo con la invención en comparación con procedimientos que están basados por ejemplo en la optimización de un funcional que describe una estación de aire comprimido para provocar un control óptimo de la estación de aire comprimido durante un intervalo de tiempo predeterminado está en que es posible implementar de forma relativamente sencilla modelos complejos, no lineales, que dependen del tiempo y que
55 dado el caso son discontinuos, porque los modelos implementados no deben hacerse pasar con métodos matemáticos a una forma analítica, en la que sean accesibles para un cálculo de optimización para la determinación de magnitudes de ajuste óptimos. Tampoco representan restricciones para el procedimiento de acuerdo con la invención las restricciones que van unidas a los cálculos de optimización, por ejemplo magnitudes perturbadoras y magnitudes de ajuste constantes en un paso del tiempo.

El procedimiento de simulación previa de acuerdo con la invención se realiza basándose en un modelo de la
65 estación de aire comprimido, que puede ser parametrizado y descrito según el número y el tipo de los componentes implementados en el modelo de la estación de aire comprimido. Por parámetros han de entenderse normalmente

magnitudes características, que describen propiedades condicionadas por la construcción (en el presente caso, por ejemplo el número de depósitos a presión, actuadores o compresores, propiedades eléctricas de los motores de accionamiento, volúmenes de tuberías y depósitos a presión, naturaleza de las tuberías de presión que comprende la estación de aire comprimido, etc.) o ajustes predeterminados (retardos de conmutación programados etc.) y que están integrados en la formación del modelo. Los parámetros no presentan normalmente ningún cambio en el tiempo, aunque pueden realizar eventualmente un seguimiento y/o pueden adaptarse de forma adaptativa, para tener en cuenta por ejemplo el desgaste de componentes individuales.

Además de los parámetros, que describen los aparatos en cuanto a su forma constructiva o también funcional, los modelos requieren para la descripción también magnitudes de estado, que son valores momentáneos de componentes individuales o procesos físicos que describen la estación de aire comprimido. Entre ellas se encuentran por ejemplo el consumo de potencia eléctrica, el caudal a presión producido, las presiones internas, las velocidades de los motores de accionamiento, elementos compresores o motores de ventiladores, posiciones de actuadores y similares. No obstante, aquí hay que resaltar que por ejemplo los compresores presentan magnitudes de estado relevantes, cuyos valores no resultan de los valores actuales de las magnitudes perturbadoras o magnitudes de ajuste sino del desarrollo en el tiempo anterior, por lo que unos modelos adecuados también deben tener en cuenta eventos anteriores. Por consiguiente, para la creación de un modelo de la estación de aire comprimido o de componentes individuales es ventajoso un planteamiento dinámico con "memoria", que puede realizarse de forma especialmente sencilla gracias al procedimiento de acuerdo con la invención.

La estructura de modelos para la descripción de la estación de aire comprimido o de componentes individuales de la misma resulta ser sumamente ventajosa, especialmente en el caso de una implementación orientada a objetos. El procedimiento de simulación previa aplicado a estos modelos puede realizarse además en gran medida independientemente de la estructura de la estación de aire comprimido concreta o de los modelos creados para ello.

Como resultados en el procedimiento de simulación previa se calculan normalmente los desarrollos en el tiempo de las magnitudes de estado, preferentemente de todas las magnitudes de estado contenidas en un modelo de compresores o de otros aparatos de la técnica de aire comprimido que comprende la estación de aire comprimido opcionalmente. Para ello han de registrarse por ejemplo desarrollos en el tiempo de las magnitudes de estado que describen la estación de aire comprimido en el modelo seleccionado en el intervalo de tiempo de simulación previa, por ejemplo desarrollos de la presión, consumos de potencia eléctrica, caudales de aire comprimido, velocidades de motores de accionamiento, elementos compresores o motores de ventiladores o posiciones de actuadores internos. A continuación, estos resultados se evalúan mediante un criterio de calidad para cada estrategia de conmutación alternativa, por lo que puede establecerse un orden de preferencia. La estrategia de conmutación que de una serie de estrategias de conmutación examinadas queda finalmente en la primera posición del orden de preferencia se selecciona como estrategia de conmutación relativamente más ventajosa y se pone a disposición o se inicia correspondientemente. En este caso no hay que mantener una estrategia de conmutación seleccionada, relativamente más ventajosa hasta el final del intervalo de tiempo de simulación previa, sino que puede ser sustituida ya en el siguiente ciclo de control por estrategias de conmutación más favorables eventualmente determinadas. También puede ser variable la duración del intervalo de tiempo de simulación previa tenido en cuenta en la evaluación del criterio de calidad y puede ser adaptado en particular de forma adaptativa dado el caso por el procedimiento de control a desarrollos de magnitudes perturbadoras, magnitudes de ajuste y/o magnitudes de estado.

Un punto esencial de la invención está además en que el procedimiento de control o regulación puede tener en cuenta retardos (tiempos muertos) o magnitudes de estado que varían bruscamente (discontinuidades) de forma adecuada en la simulación previa, por ejemplo una descarga de aire comprimido de un compresor que comienza bruscamente tras la conmutación de parada o marcha sin carga a la marcha bajo carga. Por los tiempos muertos y discontinuidades que se producen, cuyo retardo puede ser más largo que la duración de los ciclos de control, no solo es necesario tener en cuenta los efectos de actos de conmutación al principio del ciclo de control actual en los desarrollos de las magnitudes de estado en un ciclo de control actual sino también tener en cuenta los efectos de actos de conmutación en ciclos de control, en ciclos de control anteriores y los efectos de actos de conmutación en ciclos de control futuros. Una observación integral en cuanto al tiempo de este tipo puede realizarse de forma especialmente sencilla con el presente procedimiento. No obstante, solo una observación de este tipo permite un modelado cercano a la realidad de estaciones de aire comprimido, es decir, un modelado que representa con gran precisión en particular el desarrollo de la presión y el consumo de energía.

A diferencia de procedimientos de control y regulación conocidos, con el procedimiento de control y regulación también pueden examinarse estrategias de conmutación cuyos actos de conmutación se realizan en el intervalo de tiempo de simulación previa. De este modo también puede determinarse en qué momento más favorable relativamente deberían realizarse determinados actos de conmutación. Además, el procedimiento de acuerdo con la invención también tiene la gran ventaja de poder tener en cuenta en el intervalo de tiempo de simulación previa desarrollos en el tiempo variables de magnitudes perturbadoras. Al usar pronósticos adecuados para las magnitudes perturbadoras, por ejemplo del desarrollo en el tiempo de la descarga de aire comprimido de la estación de aire comprimido, es posible una simulación previa con precisión mejorada durante intervalos de tiempo más largos y, por lo tanto, también una evaluación mejor de los efectos de actos de conmutación.

Otra idea de la invención está en una ampliación de la base de informaciones basada en la realización del procedimiento de simulación previa. Los conocimientos obtenidos gracias a la simulación previa (resultados de simulación) representan un juego de informaciones que hace referencia a cambios de estado futuros de la estación de aire comprimido, pudiendo tenerse en cuenta también otras condiciones supletorias. El control de instalación de la estación de aire comprimido puede recurrir, por consiguiente, no solo a valores del proceso actualmente conocidos sino que también tiene conocimientos de efectos futuros y estados de actos de ajuste o de conmutación, que ya se han realizado en el pasado o en el presente. Al mismo tiempo, la simulación previa permite también generar valores de información que solo hacen referencia a estrategias de conmutación futuras. Por lo tanto, el presente procedimiento de control se distingue como procedimiento de control “de acción” de los procedimientos de control “de reacción” conocidos por el estado de la técnica. Es la realización de la simulación previa la que permite definir eventos de presión virtuales, que hacen referencia a eventos que se producen en la simulación previa pero que no están motivados por valores de medición actuales de la estación de aire comprimido real. Por lo tanto, el control en un momento temprano pero no precipitado de las condiciones reales de presión en la estación de aire comprimido permite evitar eventos no deseados en la estación de aire comprimido que solo se producirían en el futuro.

En combinación con al menos un criterio de calidad definido, el procedimiento de simulación previa permite la evaluación de diferentes estrategias de conmutación alternativas para el control de la estación de aire comprimido. Aquí pueden calcularse varias variantes de estrategias de conmutación (en principio un número a elegir libremente) en la simulación previa, para poder determinar y evaluar por lo tanto la reacción de la estación de aire comprimido a las estrategias de conmutación iniciadas. Según la definición del criterio de calidad puede seleccionarse de una cantidad de estrategias de conmutación alternativas la que en unas condiciones supletorias predeterminadas ofrece el resultado más ventajoso relativamente. Aquí no solo es posible simular las estrategias de conmutación para un siguiente momento de desconexión predeterminado sino que las estrategias de conmutación pueden llegar prácticamente sin limitaciones al futuro simulado. Además, también pueden procesarse en la simulación consecuencias de estrategias de conmutación que permiten la evaluación de estrategias de conmutación que están basadas unas en otras. Además de la comprobación de diferentes estrategias de conmutación, también pueden simularse previamente diferentes condiciones supletorias. Mediante la variación de las condiciones supletorias pueden determinarse por ejemplo estrategias de conmutación para los actuadores que cumplen en un número más elevado posible de escenarios a esperar las condiciones de forma relativamente más ventajosa (o al menos de forma satisfactoria).

En una forma de realización ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención, el procedimiento de simulación previa para la comprobación de respectivamente una estrategia de conmutación se realiza más rápidamente de lo que corresponde al intervalo de tiempo simulado y preferentemente en un tiempo más corto que la duración de un ciclo de control. Una velocidad de cálculo de este tipo permite la simulación previa de un gran número de estrategias de conmutación de las que puede seleccionarse a continuación una relativamente más ventajosa mediante un criterio de calidad.

En otra forma de realización ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención, el procedimiento de simulación previa para la comprobación de respectivamente una estrategia de conmutación comprende en particular el desarrollo en el tiempo de magnitudes de estado contenidas en el modelo de la estación de aire comprimido para el intervalo de tiempo de la simulación previa. El desarrollo futuro de las magnitudes de estado permite una ampliación de la base de informaciones permitiéndose un control o una regulación más exactos y mejorados sobre esta base.

En otra forma de realización preferible del procedimiento de acuerdo con la invención, el modelo de la estación de aire comprimido está basado en un juego de ecuaciones diferenciales que dependen del tiempo y/o no lineales, así como para la representación de discontinuidades y/o tiempos muertos en el comportamiento de los compresores y/o de otros aparato opcionales de la técnica de aire comprimido, preferentemente de estructuras variables, que permiten en este sentido preferentemente también el registro del efecto de eventos pasados en las magnitudes de estado actuales de la estación de aire comprimido. Por estructuras variables debe entenderse aquí que del juego de ecuaciones diferenciales según el caso se tiene en cuenta solo un subconjunto variable. Esto es importante, en particular, para la representación de las discontinuidades y/o de los tiempos muertos en el comportamiento de los compresores y/o de los aparatos opcionales de la técnica de aire comprimido, porque el comportamiento de los mismos puede o tiene que describirse en la mayoría de los casos mediante ecuaciones diferenciales diferentes o variables en diferentes estados de funcionamiento o en la transición entre diferentes estados de funcionamiento. La selección de las ecuaciones diferenciales a tener respectivamente en cuenta puede realizarse mediante la ecuación diferencial propiamente dicha o mediante especificación externa. Aunque en una forma de realización especialmente preferible las ecuaciones diferenciales dependen del tiempo, son no lineales y presentan una estructura variable, estas propiedades no deben cumplirse obligatoriamente todas juntas o no al mismo tiempo para todas las ecuaciones diferenciales. Por ejemplo pueden usarse en lugar de ecuaciones diferenciales no lineales también una pluralidad de ecuaciones diferenciales parcialmente lineales o lineales durante intervalos de tiempo como aproximación; algunas ecuaciones diferenciales pueden depender del tiempo mientras que las otras no dependen del tiempo, algunas ecuaciones diferenciales pueden ser lineales mientras las otras no sean lineales y/o algunas ecuaciones diferenciales pueden tenerse en cuenta siempre, mientras que otras solo se tengan en cuenta según el

caso.

5 En una forma de realización ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención puede estar previsto que en el procedimiento de simulación previa se calcula un desarrollo de las diferentes estrategias de conmutación durante un intervalo de tiempo predeterminado en pasos discretos o continuos. La duración del intervalo de tiempo puede predeterminarse aquí por ejemplo de forma externa por parte de un usuario de la estación de aire comprimido o también puede estar fijamente parametrizada. Además, la duración del intervalo de tiempo también puede adaptarse de forma adaptativa a los eventos en la estación de aire comprimido. De este modo, el control de instalación puede ajustarse a duraciones de períodos de fluctuaciones específicas de las condiciones de presión que se producen normalmente en una estación de aire comprimido.

15 En una variante del procedimiento de control puede estar previsto que la simulación previa se realice durante un intervalo de tiempo predeterminado de 1 s a 1000 s, preferentemente de 10 s a 300 s. Un intervalo de tiempo de esta duración permite normalmente registrar de forma segura los cambios y fluctuaciones de las condiciones de presión provocados por la iniciación de estrategias de conmutación en la estación de aire comprimido, además de garantizar un intervalo de simulación previa suficiente para la mayor parte de las aplicaciones.

20 En una forma de realización preferible del procedimiento de acuerdo con la invención está previsto que el intervalo de tiempo de la simulación previa se adapte de forma adaptativa mediante un criterio de interrupción basado en parámetros y/o magnitudes de estado del modelo de la estación de aire comprimido, en particular de eventos de presión y/o registros o pronósticos del consumo de presión. De este modo puede realizarse una adaptación ventajosa de la duración de la simulación previa al desarrollo del consumo de aire comprimido lo que permite, por consiguiente, una simulación previa más rápida o más extensa.

25 En otra forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención está previsto que las estrategias de conmutación comprobadas con el procedimiento de simulación previa comprendan cambios discretos o continuos del estado de funcionamiento de compresores y opcionalmente de otros aparatos de la estación de aire comprimido al principio, al final y/o en cualquier momento durante el intervalo de tiempo de la simulación previa. Por lo tanto, el procedimiento según la realización permite tener en cuenta los cambios de magnitudes de ajuste o magnitudes perturbadoras en un intervalo de tiempo simulado y permite, por lo tanto, tener en cuenta el desarrollo en el tiempo de estas magnitudes de una forma más realista.

35 Además, puede estar previsto que la duración del intervalo de tiempo simulado del procedimiento de simulación previa sea determinado en función de los datos de potencia técnica de los compresores de la instalación de compresores y/o en función de la carga actual de compresores individuales y/o de fluctuaciones de carga pasadas. Según la configuración de la estación de aire comprimido puede restringirse de este modo la duración de la simulación previa de tal modo que se aprovechen los recursos de cálculo necesarios para calcular los resultados de la simulación previa de la forma más ventajosa posible. La duración del intervalo de tiempo simulado está dimensionada preferentemente de tal modo que es más larga que las fluctuaciones de carga de la estación de aire comprimido más cortas que se producen normalmente.

45 Según la realización puede estar previsto, además, que la simulación previa se realice en pasos discretos de 0,1 segundos a 60 segundos, preferentemente de 1 segundo. Según esta duración de los pasos también pueden detectarse en la simulación previa con seguridad cambios inmediatos de las condiciones de presión en la estación de aire comprimido, por ejemplo tras realizar un acto de conmutación usándose al mismo tiempo de forma económica los recursos de cálculos usados por el control de instalación.

50 En una variante de esta forma de realización, el procedimiento para el control de una estación de aire comprimido también puede estar caracterizado por que en la simulación previa se tienen en cuenta al menos algunas de las discontinuidades y/o de los tiempos muertos en el comportamiento de los compresores y/o de otros aparatos opcionales de la técnica de aire comprimido, en particular el suministro de aire comprimido que empieza con retardo y el consumo de energía adicional de los compresores en relación con cambios de su estado de funcionamiento, de modo que ya no es obligatorio tenerlo en cuenta de forma separada fuera de la simulación previa en el control de instalación. Los actuadores existentes en la estación de aire comprimido disponen de tiempos muertos típicos, que están situados en el intervalo entre 1 segundo hasta varias decenas de segundos. A diferencia de los procedimientos de control conocidos por el estado de la técnica, en el presente caso es posible calcular los tiempos muertos efectivos así como otras discontinuidades en la simulación previa y tener estas magnitudes de este modo también en cuenta en el cálculo de los actos de conmutación. No obstante, el requisito para tener en cuenta los tiempos muertos es que el modelo usado de la estación de aire comprimido contenga el comportamiento de tiempos muertos de forma parametrizada. Por consiguiente, ya no es necesario tener en cuenta los tiempos muertos de los actuadores en el control de instalación propiamente dicho. La superación de los tiempos muertos se presenta de forma automática, por así decirlo, en los resultados de la simulación previa. Esto permite averiguar, por un lado, si los actos de ajuste realizados en el pasado eran suficientes para evitar desarrollos no deseados de la presión y, por otro lado, puede comprobarse si realmente puede influirse positivamente en el comportamiento en el tiempo de las condiciones de presión en la estación de aire comprimido mediante actos de ajuste iniciados en el presente.

En otra realización del presente procedimiento de control puede estar previsto que como grupo de estrategias de conmutación alternativas se consideran diferentes valores de presión superiores o valores de presión inferiores como criterio para iniciar una estrategia de conmutación anteriormente definida en el marco del procedimiento de simulación previa. A diferencia del control de la banda de presión conocido por el estado de la técnica, los valores de presión no son fijos en el presente caso sino que pueden adaptarse a las condiciones en la estación de aire comprimido. La determinación de los valores de presión puede realizarse además incluso mediante el procedimiento de simulación previa. La definición de valores de presión superiores e inferiores adecuados puede determinarse a partir de simulaciones previas repetidas en muchas ocasiones con valores de presión respectivamente diferentes unos de otros. Si los valores de presión de este tipo están en primer lugar predeterminados, pueden representar de forma definida la base para el cálculo de diferentes simulaciones, en las que los valores de presión propiamente dichos son invariables, cambiándose, no obstante, unas variables, como por ejemplo magnitudes de ajuste caracterizadas por actos de conmutación. Por lo tanto, en caso de un cambio de estado en la estación de aire comprimido que no requiere una nueva definición de los valores de presión superiores puede determinarse una estrategia de conmutación lo más ventajosa posible, porque se determina solo un número predeterminado de magnitudes de ajuste que caracterizan los actos de conmutación en el procedimiento de simulación previa.

En una variante puede estar previsto, además, que como grupos de estrategias de conmutación alternativas se consideran diferentes valores de presión superiores y/o valores de presión inferiores para al menos una estrategia de desconexión anteriormente definida o al menos una estrategia de conexión anteriormente definida en el marco del procedimiento de simulación previa. Por consiguiente, puede realizarse por ejemplo en una simulación previa simplificada en el caso de valores de presión invariables o al menos un valor de presión invariable, una serie de estrategias de desconexión o de estrategias de conexión de los compresores que comprende la estación de aire comprimido, mediante las cuales puede determinarse una prevención preferible de un evento de presión futuro en la estación de aire comprimido.

Además, puede estar previsto en una variante de esta forma de realización que la al menos una estrategia de desconexión anteriormente definida o la al menos una estrategia de conexión anteriormente definida resulte de una secuencia de desconexión o de conexión fijamente predeterminada respectivamente en forma de listas. Las secuencias correspondientes para la desconexión o la conexión por ejemplo de compresores individuales o de grupos de compresores puede estar basada también en conocimientos heurísticos o también en resultados de cálculos numéricos. Gracias a la restricción de la gama de variables restringida por la definición de la secuencia predeterminada de desconexión o conexión puede acortarse el tiempo de cálculo para calcular diferentes estrategias de conmutación alternativas a una medida técnicamente ventajosa.

Además, en una variante de la forma de realización puede estar previsto que como grupo de estrategias de conmutación alternativas se observe también la conexión o desconexión de diferentes grupos de compresores con valores de presión superiores o valores de presión inferiores fijos o que aún han de evaluarse en el procedimiento de simulación previa. La conexión o la desconexión de diferentes grupos de compresores puede estar basada aquí nuevamente en conocimientos heurísticos o también en secuencias predeterminadas que se han creado mediante cálculos numéricos. Gracias a la conexión o desconexión de grupos enteros de compresores puede influirse de forma más selectiva y a veces a más largo plazo en el cambio de condiciones de presión en la estación de aire comprimido.

En otra forma de realización del procedimiento para el control de una estación de aire comprimido puede estar previsto que el procedimiento de simulación previa se realice basándose en la teoría para autómatas híbridos. De este modo, para la realización del procedimiento de simulación previa está disponible una amplia base para el cálculo, que puede realizarse con gran eficiencia. La realización del procedimiento de simulación previa basado en autómatas híbridos permite a diferencia del cálculo convencional basado exclusivamente en magnitudes digitales también la inclusión de magnitudes analógicas, como p.ej. las magnitudes de medición en tiempo real. Las magnitudes de medición continuas no adoptan aquí un valor de una serie de posibles valores sino que pueden ser cambiadas sin escalonamiento y requieren, por lo tanto, un tratamiento especial. Los autómatas híbridos representan una ampliación del concepto de los autómatas finitos, con los que pueden crearse modelos de prácticamente cualquier sistema discreto.

Aunque los autómatas híbridos no deben usarse obligatoriamente para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención, según la forma de realización son requisitos para la instalación del modelo de simulación que se considera aquí ventajoso.

En una variante del procedimiento de control para el control de una estación de aire comprimido también puede estar previsto que el procedimiento de simulación previa se realice basado en un modelo que puede ser implementado en un ordenador y que preferentemente es determinista. Esto permite usar algoritmos implementados en ordenador ya conocidos y métodos matemáticos, como están disponibles en grandes cantidades para la matemática numérica.

Además, el procedimiento para el control de una estación de aire comprimido también puede estar caracterizado por que el criterio de calidad está definido por un consumo de energía lo más bajo posible o que esto al menos es una

característica esencial del mismo. El consumo de energía, que en el funcionamiento de una estación de aire comprimido representa a veces el mayor factor de coste, puede ser determinado, por consiguiente, ya antes de producirse cambios concretos de las condiciones de presión en la estación de aire comprimido y se puede influir de forma adecuada en el mismo mediante un criterio de selección, por ejemplo para bajar o reducir el consumo de energía. Un gran aumento de la rentabilidad en el funcionamiento de la estación de aire comprimido puede ser la consecuencia de ello.

En una variante de la forma de realización del procedimiento para el control de una estación de aire comprimido también puede estar previsto que el procedimiento de simulación previa suministre al menos un juego de datos con desarrollos en el tiempo futuros, pronosticados de las magnitudes de estado del modelo de la estación de aire comprimido en diferentes estrategias de conmutación en momentos diferentes, no forzosamente equidistantes y/o con coeficientes derivados de estos, preferentemente para todo el ciclo de control. Por la creación de un juego de datos de este tipo, del que hay al menos uno, para el control de instalación de la estación de aire comprimido es posible, por ejemplo, iniciar estrategias de conmutación correspondientes, sin que el control de instalación propiamente dicho deba usar el procedimiento de simulación previa como algoritmo de control directo o una parte de un algoritmo de control directo. Por el contrario, el procedimiento de simulación previa puede estar implementado como módulo numérico independiente, que en caso necesario es inicializado y ejecutado por el control de instalación.

En otra forma de realización, el procedimiento para el control de una estación de aire comprimido también puede comprender una adaptación dado el caso automática del modelo de la estación de aire comprimido a parámetros de la instalación actualizados y/o que en un principio solo se conocen como parámetros de la instalación aproximados y/o no exactamente ajustados. Esta actualización garantiza que en cualquier momento en el que se realice el procedimiento de simulación previa estén disponibles parámetros adecuados de la instalación durante todo el tiempo del funcionamiento de la estación de aire comprimido. Una adaptación automática del modelo de la estación de aire comprimido respecto a los parámetros actualizados de la instalación puede conllevar además de la garantía de un pronóstico más exacto a veces también una mayor velocidad para la realización del procedimiento de simulación previa.

Además, el procedimiento de acuerdo con la invención puede estar caracterizado en una forma de realización también por que se produce una adaptación del modelo de la estación de aire comprimido a parámetros actualizados de la instalación seleccionándose entre varios juegos alternativos de parámetros de la instalación aquel con el que la simulación posterior del funcionamiento de la estación de aire comprimido para un intervalo de tiempo pasado mejor coincide con el desarrollo real observado del funcionamiento de la estación de aire comprimido. Esta estrategia de selección puede ser apoyada además realizándose cambios selectivos secuenciales del estado de funcionamiento de compresores respectivamente individuales y/o aparatos de la estación de aire comprimido y examinándose y seleccionándose en el marco de la simulación posterior solo parámetros alternativos del compresor correspondiente y/o del aparato.

Según la realización también puede estar previsto que en el procedimiento de simulación previa se tengan en cuenta magnitudes de estado del sistema variables actuales de la estación de aire comprimido, en particular informaciones acerca del estado de funcionamiento de al menos un depósito de fluido comprimido, por ejemplo la presión del mismo y/o la temperatura del mismo y/o informaciones acerca de los estados de funcionamiento de compresores individuales, por ejemplo los estados de control actuales de estos y/o los estados de funcionamiento actuales y/o también informaciones acerca del cambio de la cantidad de fluido comprimido en la estación de aire comprimido, por ejemplo la reducción de la cantidad de fluido comprimido por unidad de tiempo. Gracias a tener en cuenta magnitudes de estado del sistema variables actuales de la estación de aire comprimido puede realizarse un cálculo más completo y más preciso, de los que resulta una mayor calidad de control.

El procedimiento para el control de una estación de aire comprimido también puede estar caracterizado por que en el procedimiento de simulación previa se tienen en cuenta como parámetros fijos del sistema de la estación de aire comprimido informaciones acerca de la cantidad de suministro de fluido comprimido de compresores individuales y/o acerca del consumo de potencia de compresores individuales en diferentes estados bajo carga y/o informaciones acerca de los tiempos muertos de los compresores y/o límites de presión mínimos o máximos característicos para la instalación de compresores. Gracias a tenerse en cuenta los parámetros fijos del sistema de la estación de aire comprimido es posible además una descripción más detallada de la estación de aire comprimido propiamente dicha así como de las condiciones supletorias importantes para la realización del procedimiento de simulación previa y por consiguiente resulta de ello un pronóstico mejorado de las condiciones de presión en la estación de aire comprimido mediante la simulación previa.

El procedimiento para el control de la estación de aire comprimido también puede prever que durante el intervalo de tiempo simulado en la simulación previa no se produzca ningún cambio en la configuración de los compresores que en la simulación previa están bajo carga y de los compresores que no se encuentran bajo carga en la simulación previa de la estación de aire comprimido. Gracias a una reducción de este tipo de la gama de variables posibles, la simulación previa puede realizarse más rápidamente y aumenta por consiguiente la velocidad de pronóstico. Aquí hay que distinguir que la configuración de los compresores que en la simulación previa están bajo carga o de los que

no están bajo carga de la estación de aire comprimido no debe coincidir necesariamente con la configuración actualmente existente de compresores que están bajo carga o compresores que no están bajo carga de las instalaciones de compresores en el momento de la realización de la simulación previa. Por el contrario, puede ser decisivo suponer en una simulación previa una configuración de compresores que están bajo carga o de compresores que no están bajo carga que no coincida con la situación actual real, para determinar por consiguiente la estrategia de conmutación más favorable relativamente para el control de la estación de aire comprimido.

El procedimiento para el control de una estación de aire comprimido puede prever, además, que se seleccione un compresor de compensación de la presión del número de compresores que en la simulación previa están bajo carga que respecto a la potencia del compresor es el compresor más pequeño, que según la simulación previa presenta el tiempo de marcha restante más largo en un estado de marcha sin carga, en caso de pasar este compresor de un compresor que en la simulación previa está bajo carga a ser un compresor que en la simulación previa no está bajo carga. La clasificación de los compresores en compresores que en la simulación previa están bajo carga o en compresores que no están bajo carga se produce basándose en informaciones acerca del proceso y la parametrización depositada en el control. Para realizar una futura compensación de la presión en la estación de aire comprimido, puede determinarse un compresor de compensación de la presión que en el futuro ha de encargarse de realizar una compensación de la presión real correspondiente. Normalmente, este compresor de compensación de la presión se seleccionará de la cantidad de los compresores que en la simulación previa están bajo carga. Para la selección del compresor de compensación de la presión pueden usarse tanto parámetros preajustados como también informaciones acerca del proceso (magnitud de estado) de la estación de aire comprimido. Gracias a la selección del compresor más pequeño respecto a la potencia de compresor como compresor de compensación de la presión del número de compresores que en la simulación previa están bajo carga puede reducirse además el consumo de potencia de la estación de aire comprimido y pueden reducirse los costes para el funcionamiento de la estación de aire comprimido.

Además, el procedimiento para el control de una estación de aire comprimido puede prever que la determinación del valor de presión inferior se realicen al menos dos simulaciones previas con la misma parametrización pero con diferentes valores numéricos seleccionados para el valor de presión inferior y determinen los momentos simulados cuando el valor quede por debajo del valor de presión inferior. Aquí, la determinación del valor de presión inferior normalmente solo tiene lugar cuando el compresor de compensación de la presión actualmente no está bajo carga. El control del compresor de compensación de la presión puede ser realizado aquí por un algoritmo, que trabaja con los valores de presión (valor de presión inferior y valor de presión superior), que pueden adaptarse siempre a las condiciones variables en la estación de aire comprimido. En un procedimiento estocástico pueden predeterminarse diferentes valores de presión y pueden, por así decirlo, probarse mediante el procedimiento de simulación previa. En este caso, una determinación del valor de presión inferior normalmente solo tiene lugar si el compresor de compensación de la presión actualmente no está bajo carga. Con ayuda del procedimiento de simulación previa puede determinarse, por consiguiente, el momento estimado en el que el valor quede por debajo de una presión mínima previamente parametrizada de la estación de aire comprimido. Con ayuda de reglas heurísticas también puede definirse cuando el compresor de compensación de la presión es tratado en el procedimiento de simulación previa como compresor bajo carga. Si el compresor está por ejemplo 5 segundos antes de quedar el valor por debajo de la presión mínima en un estado de marcha sin carga, el valor de presión inferior es la presión que hay 5 segundos antes de quedar el valor por debajo de la presión mínima. Si por el contrario el compresor de compensación de la presión está en un estado desconectado 5 segundos antes de quedar el valor por debajo de la presión mínima, el valor de presión inferior es la presión que hay en el momento de 15 segundos antes de quedar el valor por debajo de la presión mínima. El intervalo de tiempo de 5 segundos puede corresponder en este caso al tiempo muerto aproximado de un compresor para el cambio de estado de un estado de marcha sin carga a un estado bajo carga. El intervalo de tiempo de 15 segundos puede corresponder, por el contrario, al tiempo muerto aproximado de un compresor para el cambio de estado de un estado desconectado a un estado bajo carga.

El procedimiento para el control de una estación de aire comprimido también puede estar caracterizado por que para la determinación del valor de presión superior se realizan al menos dos simulaciones previas con la misma parametrización pero valores numéricos seleccionados de diferentes maneras para el valor de presión superior haciéndose pasar el compresor de compensación de la presión en este caso a un compresor que en la simulación previa está bajo carga, cuando la presión del fluido comprimido en la estación de aire comprimido queda por debajo del valor de presión inferior y haciéndose pasar a continuación a un compresor que no está bajo carga cuando la presión del fluido comprimido en la estación de aire comprimido queda por encima del valor de presión superior. Antes de cada simulación previa se define normalmente de nuevo el valor de presión superior. Para el valor de presión superior puede predefinirse un valor mínimo así como un valor máximo. El valor mínimo coincide en este caso normalmente con el valor de presión inferior. El valor máximo del valor de presión superior puede resultar además de la presión máxima admisible para el funcionamiento de la estación de aire comprimido. Cuando la presión en la estación de aire comprimido rebasa por ejemplo la presión máxima, el compresor de compensación de la presión debe desconectarse automáticamente. Todos los valores para el valor de presión superior que están situados entre el valor mínimo y máximo son valores de presión que son admisibles en la simulación previa. Mediante una división de este régimen de presión, por ejemplo en límites de presión equidistantes, pueden examinarse un número predeterminado de valores de presión superiores mediante la simulación previa para comprobar sus propiedades adecuadas para el control de la estación de aire comprimido. Puede estar previsto que

se determine aquel valor de presión como valor de presión superior que durante el desarrollo en el tiempo simulado de las condiciones de presión en la estación de aire comprimido haga esperar el desarrollo más estable de la presión. En una variante del procedimiento para el control de una estación de aire comprimido puede estar previsto que el valor de presión superior determinado en la simulación previa como ventajoso relativamente proceda de la totalidad de todos los valores de presión superiores ajustados en las simulaciones previas y que haya sido seleccionado como relativamente ventajoso respecto al consumo de energía en relación con el consumo de energía simulado de todos los compresores. Por consiguiente, mediante la selección adecuada de un valor de presión superior ya puede contribuirse considerablemente a la reducción de los costes de funcionamiento de la estación de aire comprimido.

En este lugar se indica que los valores de presión superiores e inferiores no han de entenderse como límites de una banda de presión real o incluso fija sino como valores de presión superiores o inferiores alternativos, que pueden "probarse sucesivamente" como disparo para actos de conmutación respecto a compresores en momentos de conmutación diferentes y alternativos.

Además, puede estar previsto que los valores de presión superiores ajustados en las simulaciones previas se ajusten para la determinación de un valor de presión superior ventajoso en incrementos de $\leq 0,5$ bar, especialmente en incrementos de $\leq 0,1$ bar, no siendo obligatorio que sean equidistantes los incrementos de los valores de presión superiores ajustados o examinados sucesivamente o no siendo obligatorio que sea constante el incremento entre los valores de presión superiores examinados. Estos incrementos permiten una determinación fiable del valor de presión superior que ha de clasificarse el más ventajoso relativamente. Aquí, los incrementos se refieren a presiones de funcionamiento o fluctuaciones de presiones de funcionamiento en instalaciones de compresores como se usan por ejemplo en un entorno industrial.

En una variante del procedimiento de control para el control de una estación de aire comprimido puede estar previsto que la simulación previa use modelos estocásticos durante el desarrollo en el tiempo del comportamiento del consumidor respecto a la descarga de fluido comprimido desde la estación de aire comprimido. Por consiguiente, también en la simulación previa pueden tenerse en cuenta las descargas de fluido comprimido como se realizan aproximadamente en el funcionamiento regular de la estación de aire comprimido.

En una forma de realización alternativa también puede estar previsto que la simulación previa use rutinas numéricas dotadas de inteligencia artificial y/o con la facultad de aprendizaje respecto al desarrollo en el tiempo del comportamiento de los consumidores respecto a la descarga de fluido comprimido desde la estación de aire comprimido. Por consiguiente, queda garantizado un registro relativamente preciso del comportamiento de los consumidores tras un tiempo prolongado del uso de la estación de aire comprimido. Por lo tanto, la consideración del comportamiento de los consumidores respecto al desarrollo en el tiempo puede realizarse de forma especialmente favorable.

En otra forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención puede estar previsto que la realización en cuanto a la técnica de programas del procedimiento esté definida usándose métodos de programación orientados a objetos, considerándose al menos los compresores como objetos. Por consiguiente, el desarrollo y la implementación del modelo de la estación de aire comprimido están configurados de forma especialmente sencilla.

En una forma de realización preferible del control de instalación de una estación de aire comprimido se usa para la realización de la simulación previa un hardware separado, que comunica mediante un sistema de bus con el control de instalación, que tiene a su vez una conexión de comunicación con los compresores y opcionalmente con otros aparatos de la técnica de aire comprimido.

En otra forma de realización preferible del procedimiento de acuerdo con la invención se realizan heurísticas para la formación de estrategias de conmutación alternativas mediante un modelo de un control de instalación de una estación de aire comprimido contenido en el modelo de simulación, realizando el modelo del control de instalación en la simulación el control y la regulación de la estación de aire comprimido simulada y formándose estrategias de conmutación alternativas mediante la especificación de parámetros de control y regulación alternativos para el modelo del control de instalación, de los que se selecciona respectivamente la estrategia de conmutación relativamente más ventajosa para ser iniciada en la estación de aire comprimido real.

Otras formas de realización de la invención resultan de las reivindicaciones subordinadas.

A continuación, se describirá la invención con ayuda de ejemplos de realización, que se explicarán más detalladamente con ayuda de las Figuras. Aquí muestran:

La Figura 1 una representación esquemática de una estación de aire comprimido con un control de instalación según una primera forma de realización de la presente invención.

La Figura 2 una representación esquemática de una estación de aire comprimido con un control de instalación según otra forma de realización de la presente invención.

- La Figura 3 un modelo de la estación de aire comprimido según la forma de realización de la estación de aire comprimido real en la Figura 2.
- 5 La Figura 4 una representación del desarrollo en el tiempo de la presión en una estación de aire comprimido en función del cambio de una magnitud de ajuste mediante un acto de ajuste.
- La Figura 5 un diagrama de flujo para ilustrar el procedimiento usándose una simulación previa para el control de una estación de aire comprimido según una forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención.
- 10 La Figura 6 un diagrama de flujo para representar el uso de una simulación previa en una forma de realización del procedimiento de control o regulación de acuerdo con la invención.
- La Figura 7 una representación del desarrollo de la presión en el tiempo de una estación de aire comprimido usándose límites de banda de presión.
- 15 La Figura 8 una representación del desarrollo de la presión en una estación de aire comprimido que usa un procedimiento de control de presión usando tres bandas de presión entrelazadas.
- 20 La Figura 9 el desarrollo en el tiempo de la presión en una estación de aire comprimido según una forma de realización de la invención durante un intervalo de tiempo simulado futuro con cambios virtuales de magnitudes de ajuste.
- La Figura 10 un desarrollo de la presión en el tiempo en una estación de aire comprimido según una forma de realización de la invención durante un intervalo de tiempo simulado futuro con cambios virtuales de magnitudes de ajuste para la determinación de una estrategia de conmutación preferible.
- 25 La Figura 11 un cambio de la presión en el tiempo en una estación de aire comprimido mediante un procedimiento de control teniendo en cuenta el tiempo muerto de dos elementos de control.
- 30

En la descripción siguiente se usarán los mismos signos de referencia para piezas iguales o piezas que tienen la misma función.

35 La Figura 1 muestra una representación esquemática de una primera realización de una estación de aire comprimido 1, que coopera con una forma de realización de un control de instalación 3 de acuerdo con la invención y que también es controlada o regulada por este. Además, la estación de aire comprimido 1 comprende tres compresores 2, que están conectados mediante tuberías a presión 9 así como actuadores 5 realizados como válvulas con dos secadores de aire comprimido 14. El fluido comprimido 4 (no mostrado en este caso) puesto a disposición para uno o varios usuarios, se almacena en el depósito de fluido comprimido 8. Para poder realizar los cambios necesarios de
40 las magnitudes de ajuste mediante el control de instalación 3, cada actuador 5 puede ser mandado mediante una conexión con el control de instalación 3, en el presente caso no detalladamente indicada. El principio de funcionamiento del control de instalación 3 corresponde aquí en principio al de la otra forma de realización algo más compleja según la Figura 2.

45 La Figura 2 muestra una representación esquemática de una estación de aire comprimido 1 algo más compleja en comparación con la forma de realización según la Figura 1, que coopera con un control de instalación 3 y es controlada o regulada por este. La estación de aire comprimido 1 comprende tres compresores 2 en el control de instalación 3, que en caso de un control o una regulación correspondiente para poner a disposición fluido comprimido 4 (no mostrado en el presente caso) en tres depósitos de fluido comprimido 8. El fluido comprimido 4 es distribuido aquí desde cada compresor 2 mediante una tubería a presión 9 entre respectivamente tres actuadores 5,
50 que en el presente caso están realizados como válvulas 5, que tienen una conexión fluidica con los tres depósitos de fluido comprimido 8 y que en caso necesario pueden alimentar fluido comprimido a cada depósito de fluido comprimido 8. El fluido comprimido 4 puede ser descargado en caso necesario por un usuario o varios usuarios de la estación de aire comprimido 1. La descarga se realiza aquí en una estación de descarga (puesto de descarga) no detalladamente designada de tal modo que puede descargarse fluido comprimido 4 de todos los depósitos de fluido comprimido 8. Según los actos de conmutación realizados en los actuadores 5 mediante el control de instalación 3 puede conducirse, por un lado, de forma selectiva fluido comprimido 4 de los depósitos de fluido comprimido 8 a la estación de descarga hasta el usuario y, por otro lado, también es posible una compensación de la presión entre los depósitos de fluido comprimido 8 individuales. Para poder realizar los cambios necesarios de las magnitudes de
55 ajuste o las estrategias de conmutación mediante el control de instalación 3, cada actuador 5 puede ser mandado mediante una conexión con el control de instalación 3 no detalladamente descrita en el presente caso. Por razones de claridad, en el presente caso no está provisto cada actuador 5 expresamente de una conexión con el control de instalación. No obstante, el experto debería entender que puede estar realizada una conexión de este tipo. Las señales de ajuste transmitidas por el control de instalación 3 a los actuadores 5 para los actos de conmutación pueden ser de los tipos más diversos y pueden ser, además, tanto de naturaleza discreta como continua. Las
60 señales de ajuste normalmente habituales de los actuadores 5, en particular en válvulas, pueden comprender una

65

apertura, un cierre o también una apertura o un cierre gradual. De este modo pueden establecerse mediante actuadores 5 controlables conexiones entre la estación de descarga de los depósitos de fluidos 8 individuales. Además, pueden instalarse posibles actuadores iniciales (p.ej. válvulas reductoras de presión) entre los depósitos de fluido comprimido 8 y la estación de descarga. También es concebible la conexión de varias estaciones de descarga con una estación de aire comprimido 1. Además, la estación de aire comprimido 1 puede comprender sensores que registran magnitudes de estado del sistema 56 que varían en el tiempo (no representadas en el presente caso) y que las ponen a disposición del control de instalación 3 para el control o la regulación de la estación de aire comprimido 1. Por ejemplo los depósitos de fluido comprimido 8 pueden estar provistos de sensores no detalladamente designados en este caso, que permiten la medición de las presiones en los depósitos de fluido comprimido 8 individuales. Además, la estación de aire comprimido también puede estar provista de otros sensores no representados en el presente caso, que permiten el registro de magnitudes de la técnica de fluidos para la caracterización de la estación de aire comprimido 1.

La Figura 3 representa un modelo de la estación de aire comprimido como se muestra en la Figura 2, que se usa por ejemplo en un control de instalación 3 para el control de la estación de aire comprimido real. Aquí, el control de instalación 3 puede usar un procedimiento de simulación previa 20 (no designado en el presente caso) según una forma de realización de la presente invención o puede representar solo una reparación simbólica para la parametrización de una estación de aire comprimido 1. Si el modelo de la estación de aire comprimido 21 se usa en un procedimiento de control o regulación según una forma de realización de la invención, cada componente esencial para el funcionamiento de la estación de aire comprimido está caracterizado por una definición numérica de los parámetros (parametrización). El formato de esta parametrización debe ser adecuado para ser usado de forma adecuada por el control de instalación 3 o un procedimiento de simulación previa 20 (no mostrado en el presente caso). La parametrización puede realizarse aquí no solo mediante valores numéricos sino también simbólicos, por ejemplo la especificación y selección de principio de funcionamiento, formas de construcción, denominaciones de series de construcción o de tipo de compresores.

La Figura 4 representa el desarrollo en el tiempo de la presión en la estación de aire comprimido 1 o de un depósito de fluido comprimido 8 no detalladamente designado en el presente caso bajo la acción de una estrategia de conmutación 10 (acto de conmutación, cambio de magnitudes de ajuste). Aquí, el acto de conmutación se produce en un momento del presente. La estrategia de conmutación 10 se realiza, por ejemplo, para compensar correspondientemente la presión caída en el pasado de la estación de aire comprimido 1. Aquí se ve claramente que en caso de un acto de conmutación correspondiente en el presente, por ejemplo una apertura de una válvula de presión, se produce en el desarrollo en el tiempo del futuro un aumento de la presión en la estación de aire comprimido 1. Según el grado en el que tiene lugar el cambio de la magnitud de ajuste se produce un aumento de presión más reducido o más grande en el futuro. En el caso de un cambio de magnitud de ajuste S_3 relativamente pequeño se produce un desarrollo de la presión en el futuro que se designa con T_3 . Según el cambio de la magnitud de ajuste S_2 , se produce un desarrollo de la presión T_2 en el futuro y en caso de un cambio de la magnitud de ajuste S_1 se produce un desarrollo de la presión según la curva T_1 . Los tres cambios de la magnitud de ajuste S_1 , S_2 y S_3 pueden impedir una caída de la presión quedando por debajo de una presión mínima P_{\min} predeterminada. Según un criterio de decisión, ahora el cometido del control de instalación 1 es decidir qué cambio de magnitud de ajuste es adecuado para conseguir un desarrollo de la presión deseado en el futuro. Un criterio de decisión de este tipo podría ser responsable, por ejemplo, de que el desarrollo del cambio de magnitud de ajuste S_3 representado con línea continua sea considerado por el control de instalación 1 como la estrategia de conmutación 10 preferible.

Una selección de una estrategia de conmutación 10 preferible se realiza según el presente procedimiento de acuerdo con la invención para el control de una estación de aire comprimido también mediante una simulación previa.

La Figura 5 representa un diagrama de flujo de un procedimiento de selección de este tipo mediante simulación previa. Aquí, se inicializa un procedimiento de simulación previa (simulación previa) en el momento $t=0$ s (presente) con las variables de estado que representan el estado actual de la estación de aire comprimido 1. El procedimiento de simulación previa se inicia inmediatamente después de la inicialización $t \approx 0$ s, es decir, un momento que en el marco de los intervalos de tiempo de simulación aún se denomina presente y suministra después de haberse realizado el procedimiento o después de haberse realizado el procedimiento de simulación previa 20 varias veces con parámetros de salida cambiados tres estrategias de conmutación 11 alternativas en el presente caso (Alt. 1, Alt. 2 y Alt. 3), entre las que se selecciona mediante un criterio de calidad 22 la estrategia de conmutación 11 alternativa adecuada para hacer que el control de instalación genere un comando de control 30 para la generación de una estrategia de conmutación 10. Las estrategias de conmutación 11 alternativas pueden dar como resultado según la realización desarrollos futuros y pronosticados en el tiempo de la presión en la estación de aire comprimido 1, como por ejemplo los desarrollos de la presión T_1 , T_2 , y T_3 del desarrollo de la presión en la Figura 4.

La Figura 6 muestra otro diagrama de flujo para la representación de un juego de datos 6, que contiene resultados de simulación de la simulación previa 20. Como ya se ha explicado en relación con la Figura 5, en una forma de realización del procedimiento de control de acuerdo con la invención puede determinarse mediante un criterio de calidad 22 del juego de datos 65 una estrategia de conmutación 10 preferible. Para la inicialización de una simulación previa o también una secuencia de simulaciones previas se necesita una entrada de magnitudes

relevantes del sistema. Las magnitudes relevantes del sistema pueden ser, por un lado, parámetros fijos del sistema 55, que contienen por ejemplo informaciones acerca de la cantidad de suministro de fluido comprimido de compresores individuales o también acerca del consumo de potencia de compresores individuales en diferentes estados de carga, informaciones acerca de los tiempos muertos de los compresores o actuadores, como también acerca de los límites de la presión mínima y de la presión máxima características para la estación de aire comprimido. Además, los parámetros relevantes del sistema también pueden estar formados por magnitudes de estado del sistema 56, que representan magnitudes variables en el tiempo. Los magnitudes de estado del sistema 56 de la estación de aire comprimido 1 pueden contener las informaciones acerca del estado de funcionamiento de al menos un depósito de fluido comprimido 8 o la presión de este, la temperatura de este, pueden comprender informaciones acerca de los estados de funcionamiento de compresores 2 individuales, así como de los estados de control o de funcionamiento actuales, como también informaciones respecto al cambio de la cantidad de fluido comprimido 4 en la estación de aire comprimido 1, como por ejemplo el cambio de fluido comprimido por unidad de tiempo, el flujo del mismo u otros parámetros físicos del mismo. La calidad de la simulación previa 20 está basada en la calidad o en el número de parámetros fijos del sistema 55 y magnitudes de estado del sistema 56, en los que está basada la simulación previa 20.

La Figura 7 muestra la representación de un desarrollo de la presión de una estación de aire comprimido respecto a una banda de presión, que define un límite inferior de la banda de presión 42 con una presión mínima P_{\min} así como un límite superior de la banda de presión 41 con una presión máxima P_{\max} . Al usar una sola banda de presión fijamente predeterminada para el control de una estación de aire comprimido 1, como es el caso, por ejemplo en un control secuencial conocido por el estado de la técnica, al salirse el desarrollo de la presión de la banda de presión se produce un acto de conmutación correspondiente. Al salir, por ejemplo el desarrollo de la presión hacia abajo quedando por debajo del límite inferior de la banda de presión 42, puede iniciarse un acto de conexión, que pone a disposición un compresor adicional para suministrar fluido comprimido. Un acto de conmutación de este tipo se inicia en el momento en el que el desarrollo de la presión queda por debajo del límite inferior de la banda de presión 42, por lo que se produce el suministro de fluido comprimido adicional de tal modo que tras un intervalo de tiempo corto en el que el desarrollo de la presión ha quedado por debajo del valor límite o el mismo vuelve a quedar dentro de los límites de la banda de presión fijamente predeterminada. Si el desarrollo de la presión sale, por otro lado, hacia arriba, quedando por encima del límite superior de la banda de presión 41, puede corregirse el desarrollo de la presión por ejemplo mediante un acto de desconexión en el momento en el que el valor queda por encima del límite superior de la banda de presión 41 de tal modo que tras un intervalo de tiempo corto en el que el valor quedaba por encima del valor límite el desarrollo de la presión vuelve a quedar dentro de los límites de la banda de presión.

Para poder influir en el desarrollo de la presión en la estación de aire comprimido 1 mediante la técnica de control, ya antes de quedar el valor por debajo de la presión mínima P_{\min} o antes de quedar el valor por encima de la presión máxima P_{\max} , en los cálculos para iniciar los actos de conmutación pueden definirse también otras bandas de presión entrelazadas. La Figura 8 muestra por ejemplo aproximadamente el desarrollo de la presión de una estación de aire comprimido 1 respecto a tres bandas de presión entrelazadas. La banda de presión más baja con el límite inferior de presión 42 de P_{U1} y el límite superior de la presión 41 con la presión P_{O1} está situada dentro de la banda de presión siguiente más grande con el límite inferior de la presión 42 de P_{U2} y el límite superior de la presión 41 con la presión P_{O2} . Las dos bandas de presión anteriormente descritas vuelven a estar situadas dentro de la banda de presión más alta, que presenta un límite inferior de presión 42 de P_{\min} y una presión máxima del límite superior de la banda de presión 41 de P_{\max} . Para impedir ahora que el desarrollo de la presión se salga quedando más allá de los límites de la banda de presión de la banda de presión más amplia, el control de instalación 3 (no representado en el presente caso) puede iniciar actos de conmutación ya en los momentos en los que el desarrollo de la presión rebasa los límites de banda de presión de la banda de presión más baja o de la siguiente más grande. Por los tiempos de retardo inherentes en la estación de aire comprimido tras realizarse un acto de conmutación, tras intervalos de tiempo correspondientemente cortos se produce una corrección del desarrollo de la presión.

Los desarrollos de la presión representados en las Figuras 7 y 8 resultan de actos de conmutación que han sido iniciados por procedimientos de control puramente reactivos. Solo cuando en un momento se ha producido un evento de presión predeterminado (por ejemplo, el valor sale de los límites de la banda de presión), se inicia un acto de conmutación correspondiente. A diferencia de ello, según la presente invención se simulan estrategias de conmutación en el futuro, para ajustar un desarrollo deseado de la presión:

La Figura 9 muestra una simulación de este tipo durante un intervalo de tiempo 23 simulado en el futuro. Aquí se realiza una estrategia de conmutación 10 en un momento situado en el presente que reduce la magnitud de ajuste de un valor a) a un valor b) inferior. El desarrollo futuro de la presión a esperar en la estación de aire comprimido sigue una caída ligeramente retardada. Para evitar una caída de presión por debajo de un valor predeterminado o para ajustar un desarrollo estable de la presión, se realiza en un momento futuro en la simulación previa virtualmente un cambio de la magnitud de ajuste del valor b) al valor c) superior. Este cambio virtual de la magnitud de ajuste conlleva un aumento virtual de la presión en la estación de aire comprimido 1. Aquí, el cambio virtual de la magnitud de ajuste puede ser por ejemplo una estrategia de conexión 13 de un compresor. Para evitar, no obstante, un aumento virtual excesivo de la presión, en un momento simulado posterior se realiza otro cambio de la magnitud de ajuste del valor c) al valor d). Este segundo cambio virtual de la magnitud de ajuste al valor d) puede ser, por ejemplo, una estrategia de conmutación 12. Gracias a la combinación de los dos cambios virtuales de la magnitud

de ajuste es posible ajustar hacia el final del intervalo de tiempo 23 simulado un desarrollo virtual estable de la presión. Si ahora se realizan por ejemplo los dos cambios virtuales de la magnitud de ajuste en los momentos correspondientes en el futuro real como estrategia de conmutación 10 real, ha de esperarse un ajuste de un desarrollo estable de la presión. Gracias a la realización de la simulación previa puede pronosticarse, por lo tanto, por así decirlo, el comportamiento futuro de la estación de aire comprimido y la base de informaciones respecto al estado de la estación de aire comprimido puede ampliarse a momentos futuros.

La Figura 10 representa en comparación con el desarrollo de la presión que se muestra en la Figura 9 tres desarrollos virtuales posibles de la presión, como resultarían en consecuencia de diferentes cambios de las magnitudes de ajuste según la simulación previa 20 durante el intervalo de tiempo 23 simulado. Según las estrategias virtuales de conexión 13 o las estrategias virtuales de desconexión 12 resulta un desarrollo de la presión estable o ascendente o descendente al final del intervalo de tiempo 23 simulado. Aquí también hay que mencionar que las estrategias de conmutación 10 virtuales realizadas en las diferentes simulaciones también pueden realizarse en momentos diferentes. Además, también el comportamiento de descarga de fluido comprimido por uno o varios usuarios desde la estación de aire comprimido 1 puede influir en los diferentes cambios de las magnitudes de ajuste. Correspondientemente, la secuencia de actos de conmutación que se designa con S_1 conduce a un desarrollo de la presión T_1 ascendente hacia el final del intervalo de tiempo 23 simulado. La secuencia de actos de conmutación designada con S_2 conduce a un desarrollo de la presión en gran medida estable en la estación de aire comprimido 1 hacia el final del intervalo de tiempo 23 simulado. La secuencia de actos de conmutación designada con S_3 conduce a un desarrollo de la presión T_3 descendente hacia el final del intervalo de tiempo 23 simulado. Si mediante los tres desarrollos de la presión simulados, posibles se seleccionaría mediante un criterio de calidad 22 (no indicado en el presente caso) aquel desarrollo de la presión que al final del intervalo de tiempo 23 simulado presenta las fluctuaciones más bajas relativamente, por la simulación previa 20 realizada es recomendable realizar actos de conmutación 10 según la secuencia de actos de conmutación designada con S_2 en los momentos futuros correspondientes. Como entenderá el experto, también pueden generarse mediante la variación de numerosos otros parámetros en la simulación previa numerosos desarrollos virtuales posibles de la presión, de los que puede seleccionarse a continuación el mejor según un criterio de calidad 22.

Gracias a la introducción de un procedimiento de simulación previa 20 es posible calcular los tiempos muertos efectivos de los elementos usados en la estación de aire comprimido 1 en la simulación y tenerlos implícitamente en cuenta al calcular los momentos en los que se realizan las estrategias de conmutación 10. No obstante, el requisito es que los modelos usados de la estación de aire comprimido 21 comprendan el comportamiento de tiempos muertos. Por consiguiente, ya no es necesario tener en cuenta explícitamente los tiempos muertos de actuadores 5 individuales en el control de instalación 3. Los actuadores 5 pueden estar contenidos también por los compresores 2 y otros aparatos opcionales de la estación de aire comprimido, que pueden ser mandados por ejemplo mediante señales de ajuste adecuadas para el fin de un cambio de las magnitudes de ajuste. Por consiguiente, los actuadores 5 no están limitados solo a válvulas 5 externas, como está representado en la Figura 2. La superación de los tiempos muertos se realiza automáticamente con ayuda de la simulación previa generada. Esta permite, por un lado, averiguar si los cambios de las magnitudes de ajuste realizadas en el pasado eran suficientes para evitar eventos no deseados, pudiendo comprobarse, por otro lado, si puede influirse adicionalmente de forma positiva en el comportamiento en el tiempo del desarrollo de la presión mediante cambios de las magnitudes de ajuste iniciados en el presente.

En la Figura 11 está representado el desarrollo de la presión de una estación de aire comprimido 1 a lo largo de un desarrollo en el tiempo. En el pasado se realizó en el presente caso un acto de conmutación en el momento T_1 en el primer actuador. Debido al tiempo muerto del primer actuador 5 aún no puede verse el efecto de este acto de conmutación en el desarrollo de la presión en el presente. En el presente existe, por lo tanto, la posibilidad de realizar otro acto de conmutación en un segundo actuador. No obstante, hasta que no pueda simularse el desarrollo de la presión en el futuro, no puede decidirse si el acto de conmutación en el segundo actuador puede mejorar el grado de cumplimiento de una condición supletoria (por ejemplo, evitar que el valor quede por debajo de la presión mínima P_{\min}) o si realmente era necesario. Si se realiza la simulación previa para dos estrategias de conmutación posibles durante el intervalo de tiempo 23 simulado se ve que el acto de conmutación en el segundo actuador 5 no es necesario para garantizar el cumplimiento de las condiciones supletorias. Además, puede verse que el tiempo muerto del segundo actuador 5 no se supera hasta que la presión en la estación de aire comprimido 1 ya esté claramente por encima de la presión mínima P_{\min} . Por consiguiente, podría decidirse sobre la base del procedimiento de simulación previa 20 realizado que debe suprimirse la realización del acto de conmutación en el segundo actuador para mejorar el desarrollo de la presión en la estación de aire comprimido 1.

En este lugar se indica que todas las partes anteriormente descritas se reivindican por separado y en cualquier combinación como esenciales para la invención, en particular los detalles representados en los dibujos. El experto conoce bien las variantes

Signos de referencia

- 1 Estación de aire comprimido
- 2 Compresor

	3	Control de la instalación
	4	Fluido comprimido
	5	Actuador
	6	Juego de datos
5	8	Depósito de fluido comprimido
	9	Tubería a presión
	10	Estrategia de conmutación
	11	Estrategia de conmutación alternativa
10	12	Estrategia de desconexión
	13	Estrategia de conexión
	14	Secador de aire comprimido
	20	Procedimiento de simulación previa
15	21	Modelo de la instalación de compresores
	22	Criterio de calidad
	23	Intervalo de tiempo
	30	Comando de control
20	41	Límite superior de la banda de presión
	42	Límite inferior de la banda de presión
	54	Compresor de compensación de la presión
	55	Parámetros del sistema
25	56	Magnitud de estado del sistema
	60	Hardware
	61	Sistema de bus
30	70	Núcleo de simulación
	71	Núcleo de algoritmo
	72	Base de informaciones

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control o la regulación de una estación de aire comprimido (1), que comprende al menos una pluralidad de compresores (2) conectados en red entre sí, que puede iniciar estrategias de conmutación (10) mediante un control de instalación (3) electrónico para influir en una cantidad de un fluido comprimido (4) disponible en cualquier momento para uno o varios usuarios de la estación de aire comprimido (1) en la estación de aire comprimido (1), además de poder ajustar la cantidad de fluido comprimido (4) disponible en cualquier momento para uno o varios usuarios de la estación de aire comprimido (1) a condiciones de funcionamiento futuras de la estación de aire comprimido (1) de forma adaptativa a la cantidad de descarga de fluido comprimido (4) desde la estación de aire comprimido (1), comprobándose antes de iniciarse una estrategia de conmutación (10) diferentes estrategias de conmutación (10) en un procedimiento de simulación previa (20) basado en un modelo (21) de la estación de aire comprimido (1) y seleccionándose entre las estrategias de conmutación (10) comprobadas con ayuda de al menos un criterio de calidad (22) definido la estrategia de conmutación (10) relativamente más ventajosa y transmitiéndose la estrategia de conmutación (10) seleccionada al control de instalación (3) para ser iniciada en la estación de aire comprimido (1).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que en el procedimiento (20) se tienen en cuenta límites superiores de la presión y/o límites inferiores de la presión predefinidos como condiciones supletorias que deben respetarse.
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el modelo (21) de la estación de aire comprimido (1) está basado en un juego de ecuaciones diferenciales que dependen del tiempo y/o no lineales, así como según el caso para la representación de discontinuidades y/o tiempos muertos en el comportamiento de los compresores y/o de estructuras variables, que permiten también el registro del efecto de eventos pasados en las magnitudes de estado actuales de la estación de aire comprimido (1).
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el procedimiento de simulación previa (20) se pronostica o calcula un desarrollo de las diferentes estrategias de conmutación (10) durante un intervalo de tiempo (23) predeterminado en pasos discretos o continuos.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el intervalo de tiempo de la simulación previa (20) se adapta de forma adaptativa mediante un criterio de interrupción basado en parámetros y/o magnitudes de estado del modelo de la estación de aire comprimido (1) y/o de registros o pronósticos del consumo de aire comprimido.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que como grupo de estrategias de conmutación (10) alternativas se consideran diferentes valores de presión superiores (41) o valores de presión inferiores (42) como criterio para iniciar una estrategia de conmutación (10) anteriormente definida en el marco del procedimiento de simulación previa (20).
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que como grupo de estrategias de conmutación (10) alternativas para al menos uno de los compresores conectados en red entre sí se consideran diferentes valores de presión superiores (41) o valores de presión inferiores (42) para al menos una estrategia de desconexión (12) definida previamente o al menos una estrategia de conexión (13) definida previamente en el marco del procedimiento de simulación previa (20).
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que como grupo de estrategias de conmutación (10) alternativas se consideran también la conexión o la desconexión de diferentes grupos de compresores (5a, 5b) en caso de valores de presión superiores (41) o valores de presión inferiores (42) definidos o que aún han de evaluarse en el procedimiento de simulación previa (20).
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el criterio de calidad (22) está definido o al menos en gran medida determinado por un consumo de energía lo más bajo posible.
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el procedimiento de simulación previa (20) suministra al menos un juego de datos (6) con desarrollos en el tiempo futuros, pronosticados de las magnitudes de estado del modelo de la estación de aire comprimido (1) en diferentes estrategias de conmutación (10) en momentos diferentes, no forzosamente equidistantes y/o con coeficientes derivados, preferentemente para todo el ciclo de control.
11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el procedimiento comprende una adaptación dado el caso automática del modelo de la estación de aire comprimido (1) a parámetros de la instalación actualizados y/o que en un principio solo se conocen de manera aproximadamente y/o no exactamente ajustados.

12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el procedimiento de simulación previa (20) se tienen en cuenta magnitudes de estado del sistema (56) variables actuales de la estación de aire comprimido (1) y/o informaciones acerca de los estados de funcionamiento de compresores (2) individuales y/o también informaciones acerca del cambio de la cantidad de fluido comprimido (4) en la estación de aire comprimido (1), por ejemplo la reducción de la cantidad de fluido comprimido por unidad de tiempo y/o que en el procedimiento de simulación previa (20) se tienen en cuenta como parámetros del sistema (55) fijos de la estación de aire comprimido (1) informaciones acerca de la cantidad de suministro de fluido comprimido (4) de compresores (2) individuales y/o acerca del consumo de potencia de compresores (2) individuales en diferentes estados de carga, y/o informaciones acerca de los tiempos muertos de los compresores (2) y/o límites de la presión mínima y de la presión máxima características para la estación de aire comprimido (1).

13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que la simulación previa (20) usa rutinas numéricas dotadas de inteligencia artificial y/o con la facultad de aprendizaje respecto al desarrollo en el tiempo del comportamiento del consumidor respecto a la descarga de fluido comprimido (4) desde la estación de aire comprimido (1).

14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, procesando el procedimiento, que está implementado en un control electrónico de una estación de aire comprimido (1), informaciones acerca de magnitudes de estado esenciales de la estación de aire comprimido (1) como informaciones de entrada y emitiendo comandos de control para el control de al menos algunos compresores (2) como salida, caracterizado por que el procedimiento presenta las siguientes estructuras de funcionamiento:

- un núcleo de simulación (70), en el que para la descripción del comportamiento de al menos algunos componentes de la estación de aire comprimido (1) están contenidos modelos dinámicos de estos componentes, estando configurado el núcleo de simulación (70) de tal modo que calcula previamente, como resultado de simulación, el desarrollo en el tiempo de todas las magnitudes de estado contenidas en el modelo de los componentes de la estación de aire comprimido (1) basándose en estrategias de conmutación (10) alternativas supuestas, teniendo en cuenta los modelos del núcleo de simulación (70) las no linealidades y/o discontinuidades y/o tiempos muertos esenciales en el comportamiento de los componentes;

- un núcleo de algoritmo (71), que contiene parámetros para la caracterización de los componentes de la estación de aire comprimido (1), informaciones acerca de la topología de la interconexión de los componentes individuales, heurísticas para la formación de estrategias de conmutación (10) alternativas y criterios de evaluación para los desarrollos en el tiempo de las magnitudes de estado de los componentes de la estación de aire comprimido (1) determinados por el núcleo de simulación (70) para las estrategias de conmutación (10) alternativas y que selecciona basándose en ello la estrategia de conmutación (10) relativamente más ventajosa y pone a disposición o transmite comandos de control correspondientes a al menos algunos compresores (2); y
- una base de informaciones (72), que contiene, además de una imagen del proceso formada a partir de valores de sensores y dado el caso valores de actuadores puestos a disposición por el núcleo de algoritmo (71), también los resultados de simulación para las estrategias de conmutación (10) alternativas, representando la base de informaciones (72) al menos una parte de la base de datos común del núcleo de algoritmo (71) y del núcleo de simulación (70) y sirviendo para el intercambio de datos entre el núcleo de algoritmo (71) y el núcleo de simulación (70).

15. Control de instalación (3) de una estación de aire comprimido (1), que comprende una pluralidad de compresores (2) conectados en red entre sí, que puede iniciar estrategias de conmutación (10) de elementos de ajuste (7) de la estación de aire comprimido (1) y/o de diferentes compresores (2) para influir en la cantidad del fluido comprimido (4) disponible en cualquier momento para uno o varios usuarios de la estación de aire comprimido (1) en la estación de aire comprimido (1), además de poder también ajustar la cantidad de fluido comprimido (4) disponible en cualquier momento para uno o varios usuarios de la estación de aire comprimido (1) a condiciones de funcionamiento futuras de forma adaptativa a la cantidad de descarga de fluido comprimido (4) desde la estación de aire comprimido (1), comprobándose antes de realizar una estrategia de conmutación (10) diferentes estrategias de conmutación (10) en un procedimiento de simulación previa (20) basándose en un modelo (21) de la estación de aire comprimido (1) y seleccionándose entre las estrategias de conmutación (10) con ayuda de al menos un criterio de calidad (22) definido la estrategia de conmutación (10) relativamente más ventajosa y generando el control de instalación (3) un comando de control (30) basándose en la estrategia de conmutación (10) seleccionada.

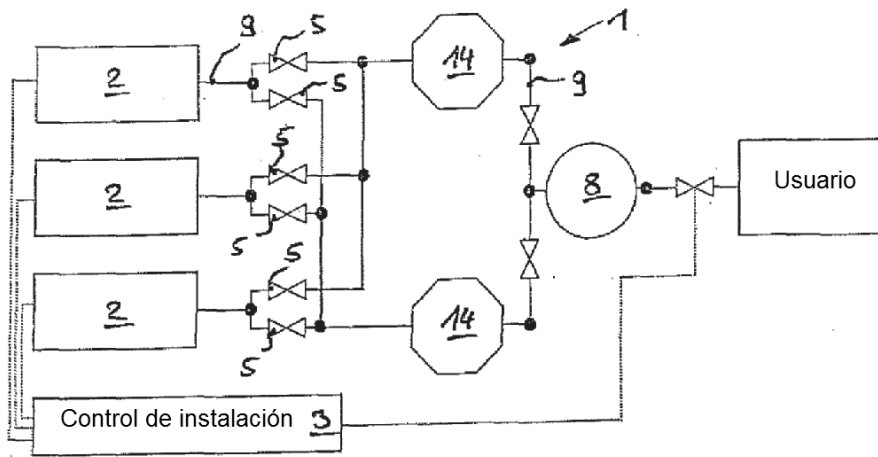


Fig. 1

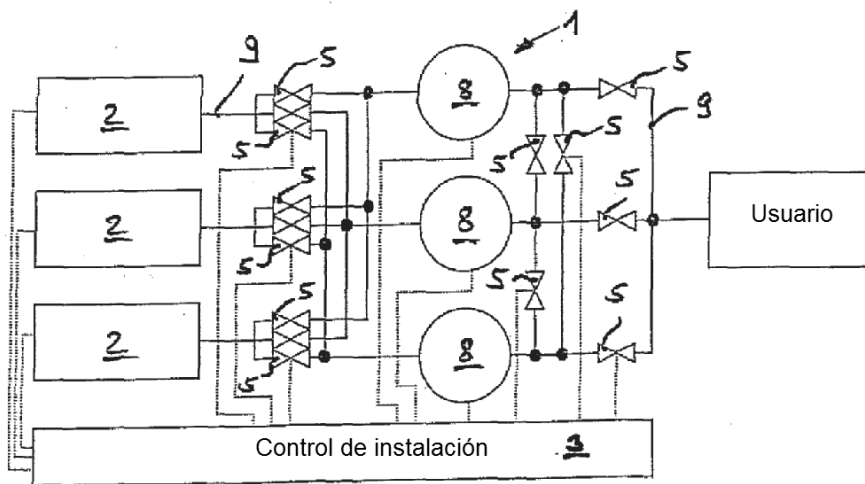


Fig. 2

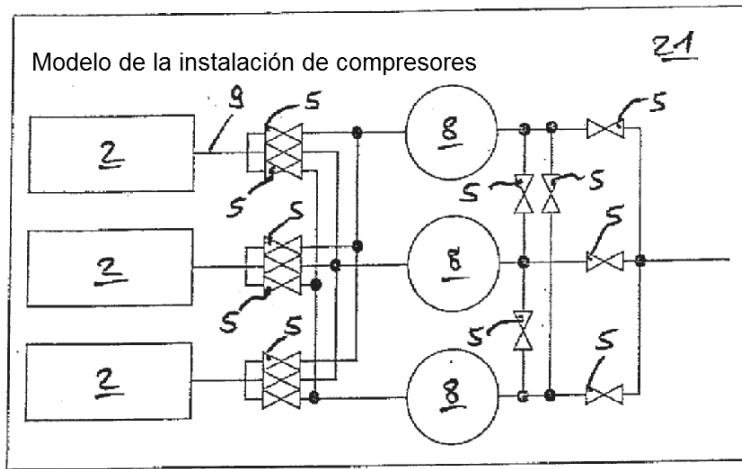


Fig. 3

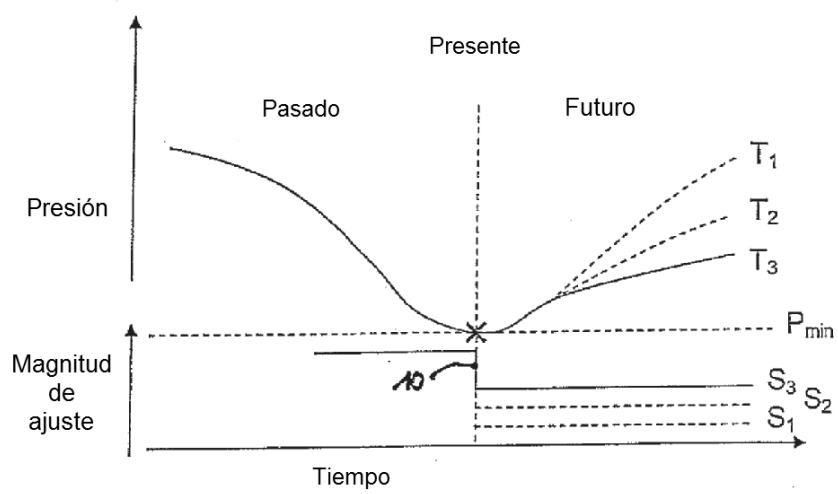


Fig. 4

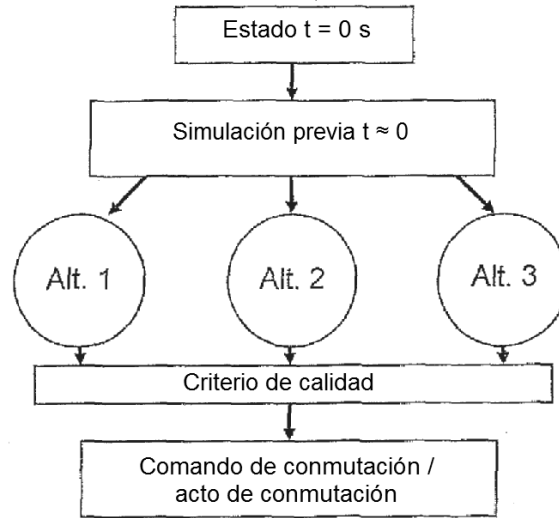


Fig. 5

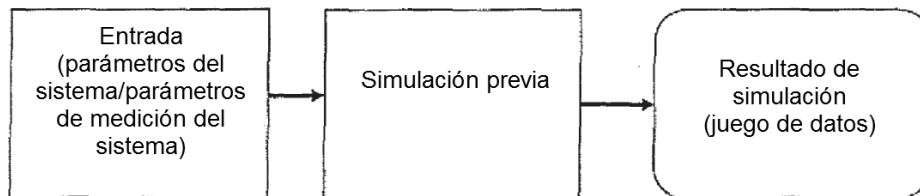


Fig. 6

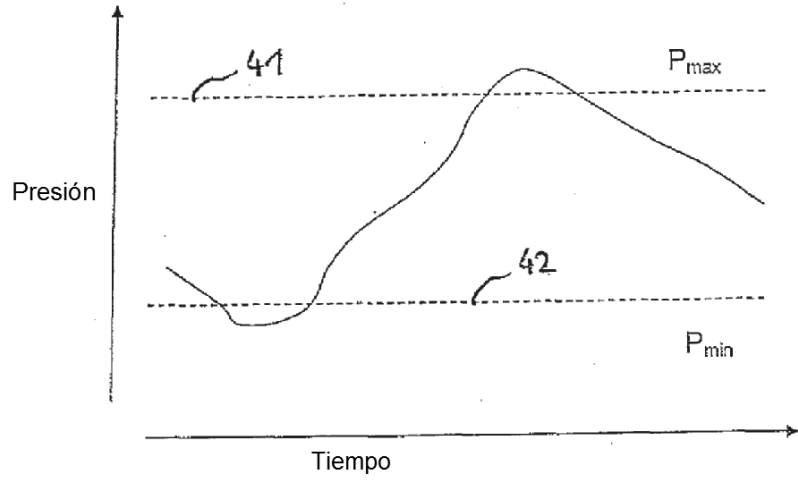


Fig. 7

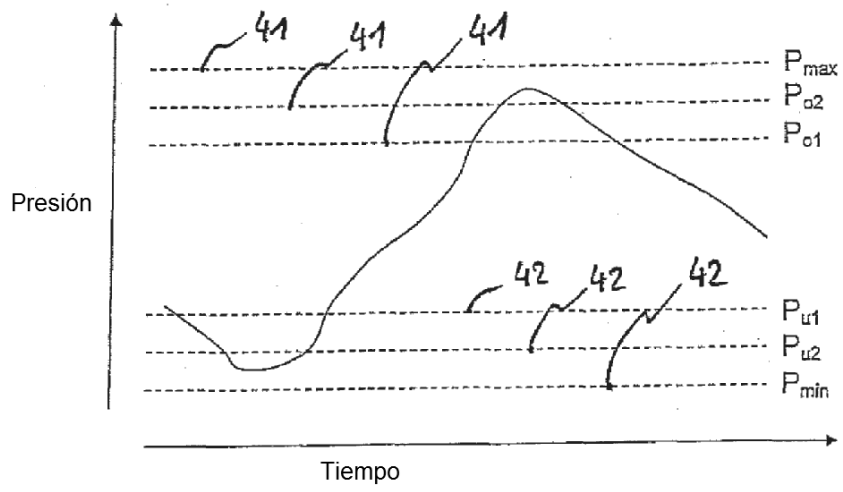


Fig. 8

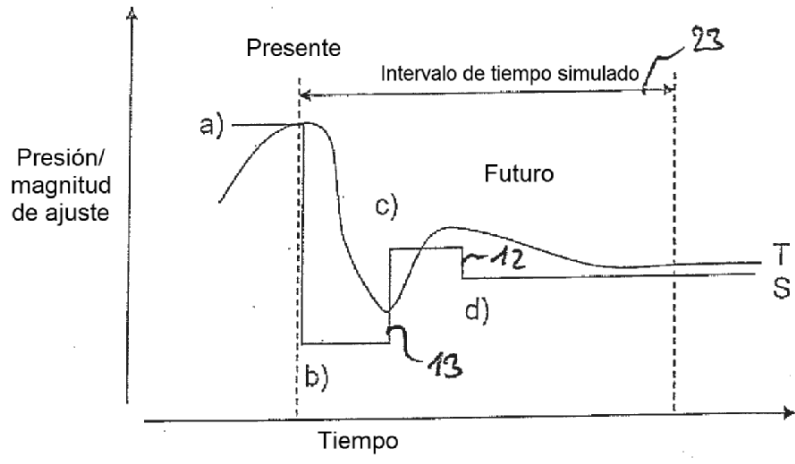


Fig. 9

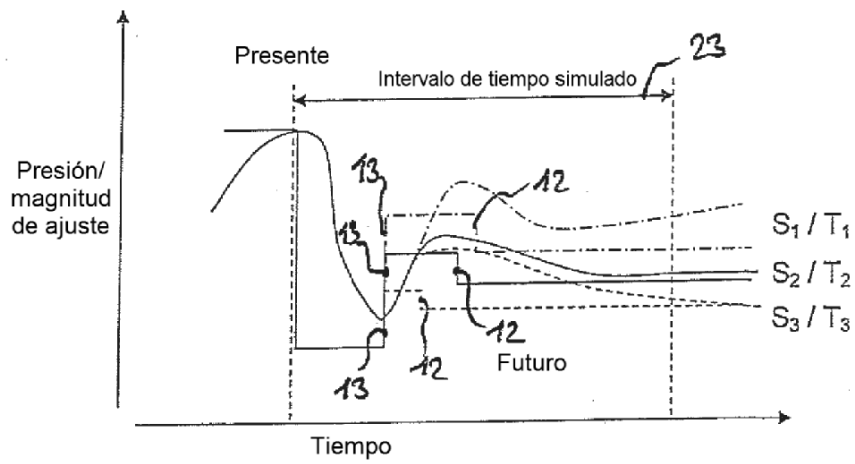


Fig. 10

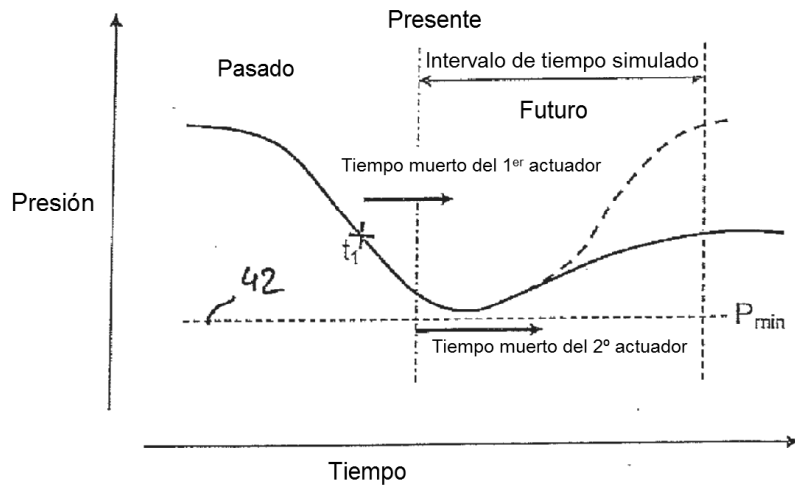


Fig. 11