

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 274**

51 Int. Cl.:

**G05B 13/02** (2006.01)

**G05B 17/02** (2006.01)

**G05B 13/04** (2006.01)

**G05D 7/06** (2006.01)

**B01J 19/24** (2006.01)

**B01J 19/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2013** E 13166814 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019** EP 2664969

54 Título: **Procedimiento para la resolución de una tarea de control en una instalación de proceso**

30 Prioridad:

**15.05.2012 DE 102012104216**

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

**22.05.2020**

73 Titular/es:

**Z & J TECHNOLOGIES GMBH (100.0%)  
Bertramsweg 6  
52355 Düren, DE**

72 Inventor/es:

**KNÖDLER, MARCO**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 762 274 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 para la resolución de una tarea de control en una instalación de proceso

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para la resolución de una tarea de control en una instalación de proceso según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Por el estado de la técnica se conocen procedimientos para la resolución de una tarea de control en una instalación de proceso, por ejemplo en una instalación de etileno para la generación de etileno a partir de nafta. En el caso de tareas de control industriales de este tipo se deben modificar varias magnitudes de ajuste, a fin de llevar la instalación de proceso de un estado de proceso a otro estado de proceso. La modificación de las magnitudes de ajuste tiene influencia a este respecto en una o varias variables de proceso, por ejemplo, en presiones en las tuberías de la instalación de proceso, que constituyen una condición de contorno decisiva en el paso de un estado de la instalación a otro estado de la instalación. El control de la modificación de las dos magnitudes de ajuste se debe realizar por consiguiente de manera que una o varias variables de proceso permanezcan en sus rangos límite admisibles durante el paso de los estados. Para ello en el estado de la técnica se usan la mayoría de las veces conceptos de control y regulación suficientemente conocidos, a fin de modificar las magnitudes de ajuste. Las magnitudes de ajuste en cuestión pueden estar asociadas a equipos de proceso cualesquiera, en particular griferías, como tapas de cierre, correderas de cierre, llaves de cierre o válvulas de cualquier tipo. Las magnitudes de ajuste pueden ser así, por ejemplo, la carrera de una válvula o de una compuerta de cierre, de modo que la magnitud de ajuste determina, por ejemplo, el estrangulamiento de un flujo de fluido o gas, en particular en una tubería de una instalación de proceso.

25 Habitualmente se consideran ciertas magnitudes de ajuste dentro de la instalación de proceso como magnitudes destacadas o se ponen a un valor constante, a fin de simplificar la tarea de control y usar estructuras sencillas, como por ejemplo reguladores PID, que influyen en la respectiva magnitud de ajuste. A este respecto, con frecuencia no se entra en características especiales o condiciones de contorno variables de los componentes partícipes o del proceso, sobre las que se influye. En particular las griferías y tapas industriales junto a los accionamientos son magnitudes de ajuste importantes en el marco de los objetivos arriba mencionados, que sin embargo están expuestas a solicitaciones más fuertes según el concepto de control. Así, por ejemplo, en el marco de una variante de control conocida con dos válvulas compuerta de gas de descomposición en el proceso de etileno, un accionamiento se desplaza para la modificación de una magnitud de ajuste de forma constante, mientras que otro accionamiento de una grifería mantiene una presión de proceso en límites admisibles mediante carreras de regulación. Sobre la última grifería, de este modo actúa una solicitud excesiva, que puede conducir a una vida útil acortada, así como estados de error dentro de la instalación de proceso. El documento US2005/0091021 A1 y WO 02/086327 A1 es otro estado de la técnica en referencia al procedimiento para la resolución de una tarea de control en una instalación de proceso.

40 Por ello el objetivo de la presente invención es crear un procedimiento para la resolución de una tarea de control en una instalación de proceso, que tenga en cuenta factores determinantes como las características mecánicas de las unidades de proceso como griferías o características de proceso cambiantes y así aumente las vidas útiles de las unidades de proceso, que están asociadas a las magnitudes de ajuste, y reduzca su probabilidad de avería.

45 Para la solución del objetivo arriba mencionado se propone un procedimiento con las características de la reivindicación 1. El procedimiento según la invención para la resolución de una tarea de control en una instalación de proceso sirve, en particular para el paso de la instalación de proceso de un estado inicial a un estado final, mediante modificación de al menos dos magnitudes de ajuste en su rango de ajuste, donde las magnitudes de ajuste están asociadas a una o varias unidad(es) de proceso, en particular válvulas, griferías o tapas, y donde las al menos dos magnitudes de ajuste influyen al menos en una variable de proceso de la instalación de proceso, en particular una presión. El procedimiento se destaca por las siguientes etapas: Determinación de una distribución de valores de al menos una variable de proceso para distintas combinaciones de valores de las al menos dos magnitudes de ajuste en su rango de ajuste teniendo en cuenta uno o varios parámetro(s) de proceso, en particular una temperatura, un caudal o al menos una constante física de la instalación de proceso, y determinación de una curva de control mediante la distribución de valores de las variables de proceso para la modificación de las al menos dos magnitudes de ajuste, a fin de llevar la instalación de proceso del estado inicial al estado final, teniendo en cuenta al menos una condición de contorno.

55 Un punto esencial de la invención consiste por consiguiente en que, antes de la realización de la tarea de control verdadera, en primer lugar para distintas combinaciones de valores de las al menos dos magnitudes de ajuste se determine la distribución de valores de la al menos una variable de proceso. En otras palabras, se efectúa una modelización que simula la distribución de los valores de las variables de proceso para distintas combinaciones de valores de dos magnitudes de ajuste. La invención no está limitada a dos magnitudes de ajuste, sino que también es concebible determinar la influencia de más de dos magnitudes de ajuste dentro de sus rangos de ajuste en una o varias variables de proceso interesantes, como por ejemplo, ciertas presiones dentro de tuberías en una instalación de proceso. En la modelización o en la simulación de la distribución de valores al menos de una variable de proceso es necesario que uno o varios parámetros de proceso, por ejemplo, temperatura, caudal o varias constantes físicas dentro de la instalación de proceso se tengan en cuenta durante la determinación de la distribución de valores de la al menos una variable de proceso. En tanto que la distribución de valores de la al menos una variable de proceso está

concertada teniendo en cuenta uno o varios parámetros de proceso, mediante esta distribución de valores se puede determinar una curva de control apropiada, que predetermina la modificación de las al menos dos magnitudes de ajuste, a fin de llevar la instalación de proceso del estado inicial al estado final. En la determinación de la curva de control se tiene en cuenta al menos una condición de contorno, que posibilita la selección de una curva de control óptima para el paso de estado.

Con el procedimiento según la invención se puede conseguir de forma óptima cualquier tarea de control industrial con varias magnitudes de ajuste, para las que se puede efectuar una modelización apropiada, de modo que mediante la distribución de valores de las variables de proceso se puede encontrar una curva de control óptima. La distribución de valores de las variables de proceso en función de las magnitudes de ajuste se puede ilustrar como espacio multidimensional, que se fija por las magnitudes de ajuste y la variable de proceso. Bajo el termino de "magnitud de ajuste" se puede concebir cualquier magnitud variable, que coopera con la unidad de proceso y que en el marco de una tarea de control puede influir en un proceso, por ejemplo, la posición variable de griferías industriales y tapas o la carrera de una válvula.

Es especialmente ventajoso que para los distintos parámetros de proceso se puedan determinar diferentes distribuciones de valores de la al menos una variable de proceso. Por ejemplo, se modifica la distribución de valores de la al menos una variable de proceso para diferentes temperaturas, flujos de fluido o diferentes constantes físicas dentro de la instalación de proceso. Por consiguiente, la distribución de valores de la al menos una variable de proceso se debe realizar teniendo en cuenta uno o varios parámetros de proceso, que sin embargo pueden estar configurados diferentemente en diferentes procesos. Por ejemplo, es concebible hacer determinadas suposiciones antes del paso de un estado inicial de la instalación de proceso a un estado final para uno o varios parámetros de proceso y determinar mediante estos parámetros de proceso supuestos la distribución de valores de la al menos una variable de proceso. Esta distribución de valores se puede efectuar para distintas combinaciones de parámetros de proceso, de modo que para diferentes parámetros de proceso y/o combinaciones de los mismos resultan distintas curvas o planos de distribución de valores. Por consiguiente, para cada distribución de valores específica de al menos una variable de proceso se puede determinar una curva de control apropiada, donde para varias distribuciones de valores se determinan en consecuencia varias curvas de control óptimas, que pueden estar depositadas en un sistema informático.

No obstante, también existe la posibilidad de obtener señales de retroalimentación correspondientes sobre parámetros de proceso directamente del proceso en curso, a fin de poder efectuar una optimización correspondiente de la determinación de una distribución de valores directamente durante el proceso. En otras palabras, se puede realizar una optimización de la curva de control en el caso de parámetros de proceso variables. Los parámetros de proceso variables se pueden medir por lo tanto a tiempo real directamente durante el proceso y usarse para la determinación de la distribución de valores de la al menos una variable de proceso mediante los "parámetros de proceso a tiempo real". La curva de control se puede determinar por consiguiente casi a tiempo real mediante la distribución de valores actual de la al menos una variable de proceso. Por consiguiente, en conjunto es posible registrar los parámetros de proceso o el parámetro de proceso antes del inicio y/o durante el proceso a controlar en la instalación de proceso y, por consiguiente, determinar una distribución de valores actual de las variables de proceso y en consecuencia una curva de control actual.

Preferentemente, a cada combinación de valores en el rango de ajuste de las al menos dos magnitudes de ajuste está asociado exactamente un valor de las variables de proceso teniendo en cuenta uno o varios parámetros de proceso. Según se ha explicado arriba, este valor puede variar en función de uno o varios parámetros de proceso. Gráficamente la distribución de valores de las variables de proceso se puede representar en los límites de los rangos de ajuste de las al menos dos magnitudes de ajuste por medio de un paisaje de alturas o un perfil de alturas, que reproduce la distribución de valores de una variable de proceso para cada combinación de valores de las magnitudes de ajuste. Se entiende que pueden estar previstas diferentes distribuciones de valor para diferentes variables de proceso. Preferentemente, a cada combinación de valores en el rango de ajuste de las al menos dos magnitudes de ajuste para la generación de la distribución de valores está asociado exactamente un valor de las variables de proceso teniendo en cuenta uno o varios parámetros de proceso. Un estado de la instalación de proceso se define en consecuencia ventajosamente mediante una combinación de las al menos dos magnitudes de ajuste.

La determinación de la curva de control se realiza ventajosamente por medio de un procedimiento (algoritmo) de búsqueda de camino, donde la búsqueda del camino se realiza dentro de la distribución de valores de las variables de proceso. Durante el procedimiento de búsqueda de camino se busca en consecuencia un camino apropiado del estado inicial de la instalación de proceso al estado final de la instalación de proceso teniendo en cuenta la al menos una condición de contorno. El estado inicial de la instalación de proceso se refleja por una primera combinación de valores de las al menos dos magnitudes de ajuste y el estado final de la instalación de proceso se refleja por una segunda combinación de valores de las al menos dos magnitudes de ajuste. Cada estado de la instalación de proceso se fija en otras palabras por las coordenadas de las magnitudes de ajuste. La curva de control determina ahora el camino que provoca una modificación de las magnitudes de ajuste, de manera que el estado inicial de la instalación de proceso se lleva al estado final, teniendo en cuenta al menos una conducción de entorno, de manera óptima. La una o varias condiciones de contorno, a las que se recurre para la determinación de la curva de control, pueden ser, por ejemplo, un rango límite fijado de al menos una variable de proceso. Siempre y cuando la variable de proceso sea una presión,

la condición de contorno puede ser, por ejemplo, un límite de presión superior y uno inferior, que no se debe superar o quedar por debajo. Además, una condición de contorno se puede fijar por el rango de ajuste de las magnitudes de ajuste. Otra condición de contorno se puede fijar mediante características mecánicas de la(s) unidad(es) de proceso.

5 La invención se explica a continuación más en detalle mediante el dibujo. Muestran:

Fig. 1 una representación esquemática de una instalación conocida para la generación de etileno;

Fig. 2 una representación esquemática de un sistema de conexión eléctrica aplicando la presente invención;

Fig. 3 una representación esquemática de una superficie base de un espacio de parámetros que se fija por dos parámetros de ajuste;

10 Fig. 4 una representación esquemática de un espacio de parámetros tridimensional según una determinación de una distribución de valores de una variable de proceso para distintas combinaciones de valores de dos magnitudes de ajuste, y

Fig. 5 una representación esquemática del espacio de parámetros como proyección de la distribución de valores de una variable de proceso sobre la superficie base del espacio de parámetros.

15 La invención se clarifica a continuación en el ejemplo concreto de "conexión eléctrica" para un sistema de 2 válvulas compuerta para la descarburización de una tubería detrás del horno de gas de descomposición en un proceso de etileno. El procedimiento según la invención proporciona una solución apropiada en forma de una curva de control óptima para la tarea de control de "descarburización" en el proceso de etileno. La tarea de control de "descarburización" sirve solo para la ilustración de la invención, que se puede aplicar en general para muchas otras tareas de control en muchos procesos distintos y en ningún caso está limitada al ejemplo explicado en cuestión, es decir, ni a la descarburización ni al proceso de etileno.

20 El etileno es un producto ligero de hidrocarburos. Dado que no aparece directamente ni en el petróleo crudo ni en el gas natural, el etileno se debe generar de productos intermedios del refino de petróleo y gas natural. En principio el etileno se obtiene por descomposición de moléculas mayores. Esta descomposición, también denominada craqueo, se produce en instalaciones de etileno. Una instalación de etileno de este tipo se muestra en la figura 1.

25 Principalmente hay dos procedimientos para la producción de etileno, que se usan a gran escala, y que se diferencian esencialmente por su campo de aplicación: En regiones ricas en gas natural (p. ej. Oriente Medio) se genera etileno a partir de etano, que se produce allí como subproducto. En Europa se obtiene etileno esencialmente a partir de la nafta. La nafta se obtiene de nuevo en refinerías de petróleo. Las instalaciones para la producción de etileno están asentadas por ello la mayoría de las veces dentro o al menos cerca de las refinerías. Los hidrocarburos líquidos se descomponen en la instalación de etileno en productos de reacción gaseosos y a través de varios procedimientos de separación y purificación se convierten en productos cualitativamente de alto valor.

30 La producción de etileno se realiza por pirólisis de vapor en un reactor 1 (horno de gas de descomposición) según el procedimiento de vaporcraqueo según la figura 1. Al reactor se le suministra un hidrocarburo a través de una primera línea de alimentación 3 y vapor a través de una segunda línea de alimentación 5. Para el craqueo (descomposición) se mezcla el hidrocarburo con el vapor y se precalienta a 500 a 650 °C. En el reactor 1 se craquea la mezcla a temperaturas entre 700 °C y 900 °C. El flujo de producto originado de varias líneas de producción se conduce a continuación a través de una línea principal de producto 7 (Main Transfer Line) a sistemas conectados 9 para el procesamiento posterior.

35 A través del proceso de producción, en una línea de producto 11 (Transfer line), que está conectada con la línea principal de producto 7, se acumulan hidrocarburos sólidos como aglomeraciones y restos. Estos reducen de forma creciente la sección transversal libre de la línea y modifican de esta manera la característica del proceso. Para retirar estos restos perturbadores se debe "descarbonizar" la instalación de vez en cuando. Para ello se ajusta el suministro de alimentación al reactor 1 y una cantidad de vapor apropiada, que finalmente se sopla junto con los restos de coque disueltos a través de una línea de descarburización 13 (Decoke Line). Tras la conclusión del proceso de descarburización, la instalación de etileno se puede llevar de nuevo al estado de producción, de modo que el producto se puede transportar desde el reactor 1 de nuevo a través de la línea de producto 11 a la línea principal de producto 7.

40 Para la aplicación en el proceso de etileno se usan a modo de ejemplo válvulas compuerta de puente de tubos 15 y 17, que están conectadas después del reactor 1. En el estado normal (producción) de una línea de producción correspondiente, la válvula compuerta de proceso 17 (Transfer Line Valve, TLV) se sitúa en la línea de producto 11 en un estado completamente abierto, mientras que una válvula compuerta de descarburización 15 (Decoke Valve, DV) está completamente cerrada con un diámetro nominal más pequeño que la válvula compuerta de proceso 17 en la línea de descarburización 13.

45 Para provocar el estado de descarburización arriba descrito de la instalación de etileno, la válvula compuerta de descarburización 15 debe estar completamente abierta, mientras que la válvula compuerta de proceso 17 está completamente cerrada. Según el tipo de instalación, una segunda válvula compuerta de descarburización 15' con diámetro nominal mayor se puede conectar en paralelo a la primera válvula compuerta de descarburización 15, que después del

paso de la instalación de proceso al “estado de descarburización” libera una sección transversal adicional de la línea.

5 La transición entre los estados de la instalación de proceso estáticos explicados (TLV abierta, DV cerrada o bien TLV  
 cerrada, DV abierta) se debe realizar teniendo en cuenta especialmente el estado de la instalación. Para ello es  
 determinante en particular la presión PT01 en el tramo de línea antes de la válvula compuerta de proceso 17 (véase  
 la figura 2), dado que esta se influye a través de parámetros de proceso y medio correspondientemente constantes  
 directamente por la sección transversal de apertura liberada por ambas válvulas compuerta 15 y 17 y es crítica para  
 10 la seguridad de la instalación. Si la presión PT01 es a saber demasiado grande, existe un peligro para la tubería. Si la  
 presión PT01 es por el contrario demasiado pequeña, el producto amenaza con volver de la línea principal de producto  
 7 al reactor 1, dado que las instalaciones de etileno conectadas en paralelo siguen transportando a través de la línea  
 principal de producto 7. La presión PT01 constituye en el presente ejemplo en consecuencia una variable de proceso,  
 que se debe tener en cuenta sin falta en el cambio de estado de la instalación de proceso, dado que se influye por las  
 15 dos válvulas compuerta 15 y 17. Las dos válvulas compuerta 15 y 17 están asociadas en el presente ejemplo  
 directamente respectivamente a una magnitud de ajuste, que se corresponde con una sección transversal de apertura  
 de las líneas 11 o 13.

20 Para la tarea de control de la “descarburización” en el proceso de etileno se debe realizar por ello una transición de la  
 instalación de proceso de un estado inicial y un estado final, que está definido porque tiene lugar una transición entre  
 los dos estados de instalación de “proceso” y “descarburización”. Esta transición se debe realizar habitualmente de  
 modo que se realiza un movimiento simultáneo en sentido opuesto de las dos válvulas compuerta 15 y 17, según se  
 explicará abajo todavía más en detalle. Esto también se puede realizar a través de un acoplamiento mecánico  
 (Mechanical Linkage) como también a través de un sistema de control eléctrico (Electrical Linkage).

25 La figura 2 muestra una disposición de sistema típica de un sistema de control eléctrico. Para la tarea de control de  
 “descarburización” es decisiva la válvula compuerta de descarburización 15 (DV) y la válvula compuerta de proceso  
 17 (TLV) de la instalación de etileno, cuya sección transversal de apertura se influye por accionamientos de ajuste e  
 instrumentos correspondientes. Los parámetros de proceso correspondientes, como presiones en los tramos de línea,  
 así como mediciones de temperatura y flujo, dan explicaciones sobre el estado del proceso y la característica del  
 30 medio. Estos parámetros de proceso se miden durante el proceso mediante dispositivos de medición correspondientes  
 y/o están depositados en forma de valores empíricos, por ejemplo, en un ordenador.

35 La transición entre los estados de la instalación de proceso se desencadena habitualmente por un panel de control  
 local 19 (Local Control Panel, LCP). Para el paso de la instalación de etileno del estado estático de “proceso” al estado  
 estático de “descarburización” se debe realizar un movimiento apropiado de las dos válvulas compuerta 15 y 17. A  
 través del sistema de control eléctrico, en el que se usan circuitos de regulación estándar (regulador PID), se regula  
 el movimiento de las dos válvulas compuerta 15 y 17 según el estado de la técnica. Para ello, en los sistemas de  
 regulación conocidos por el estado de la técnica, la válvula compuerta de descarburización 15 (DV) está configurada  
 40 como “válvula compuerta de regulación”, que durante un movimiento constante de la válvula compuerta de proceso  
 17 (TLV) efectúa una regulación en función de la presión PT01 en el tramo de línea en la dirección de flujo antes de  
 la válvula compuerta de proceso 17 como magnitud de regulación y la carrera de la válvula compuerta de  
 descarburización 15 como magnitud de ajuste. Para ello se usan accionamientos de regulación especiales, sin  
 embargo, donde la mecánica de la válvula compuerta se solicita muy fuertemente por las carreras cortas realizadas  
 en parte a alta frecuencia. De este modo se reducen las vidas útiles y se elevan las probabilidades de avería.

45 La presente invención resuelve este problema en tanto que el procedimiento según la invención tiene en cuenta  
 factores decisivos, como la característica de la mecánica de la válvula compuerta o características de proceso  
 alternantes.

50 La figura 2 muestra un sistema configurado correspondientemente, en el que el intercambio de señales entre el control  
 y la instalación de proceso se realiza a través de hardware de control industrial 21, que está acoplado a un hardware  
 de ordenador 23. El hardware de ordenador 23 está configurado en particular para una modelización, una búsqueda  
 de camino, así como una simulación del proceso y una parametrización.

55 La aplicabilidad de la invención en la tarea de control de “descarburización” a modo de ejemplo en el marco del sistema  
 de control eléctrico (E-Linkage) se expone a continuación.

60 Básicamente la invención se refiere a tareas de control industriales con varias magnitudes de ajuste, que pueden  
 constituir la base para un espacio de parámetros tridimensional, en el que entonces se puede realizar una búsqueda  
 de camino para la resolución de una tarea de control concreta.

65 En el caso del sistema de control eléctrico del tipo aquí comentado están a disposición dos magnitudes de ajuste en  
 forma de la carrera de la válvula compuerta 15 y 17, que a través de su carrera actúan sobre el proceso o  
 decisivamente sobre la presión PT01 en el tramo de línea antes de la válvula compuerta de proceso 17. Gráficamente  
 estas dos magnitudes de ajuste fijan por consiguiente la superficie base 25 para un espacio de parámetros, según se  
 muestra en la figura 3. Se entiende que en el presente ejemplo solo están previstas dos magnitudes de ajuste, mientras

que en otros ejemplos pueden estar previstas más de dos magnitudes de ajuste. En la figura 3 la carrera de la válvula compuerta de proceso 17 constituye el eje x ( $H\_TLV$  [%]) de la superficie base 25, mientras que la carrera de la válvula compuerta de descarburización 15 constituye el eje y ( $H\_DV$  [%]). El rango de ajuste de la carrera de las dos válvulas compuerta 15 y 17 se extiende de 0% a 100% o de 100% a 0%, lo que se corresponde con una carrera mínima y una carrera máxima de las válvulas compuerta. El rango entre la carrera mínima y la carrera máxima constituye en cuestión el rango de ajuste de las válvulas compuerta.

Un estado de la instalación de proceso se define por una coordenada determinada (x, y) sobre la superficie base 25, que se produce por una combinación de valores de la primera magnitud de ajuste y la segunda magnitud de ajuste. En la figura 3 está caracterizado un estado inicial A de la instalación de proceso, en el presente ejemplo el estado de "proceso", con la coordenada (100, 0). En este estado la válvula compuerta de carburización 15 está completamente cerrada (carrera DV = 0%), mientras que la válvula compuerta de proceso 17 está completamente abierta (carrera TLV = 100%). Además, en la figura 3 está caracterizado un estado final B de la instalación de proceso, en el presente ejemplo el estado de "descarburización", con la coordenada (0, 100). En este estado la válvula compuerta de carburización 15 está completamente abierta (carrera DV = 100%), mientras que la válvula compuerta de proceso 17 está completamente cerrada (carrera TLV = 0%).

Los movimientos entre los estados A y B de la instalación de proceso se realizan mediante la modificación de las magnitudes de ajuste en el rango entre 0% y 100%. La tarea de control consiste solo en modificar las magnitudes de ajuste  $H\_TLV$  y  $H\_DV$  teniendo en cuenta las variables de proceso, en el presente ejemplo la presión PT01, de modo que la curva de control presente un desarrollo óptimo con vistas a al menos una condición de contorno, que puede consistir en que la presión PT01 permanece en un rango límite deseado durante el cambio de estado. Básicamente mediante la influencia apropiada de las magnitudes de ajuste  $H\_TLV$  y  $H\_DV$  son posibles movimientos cualesquiera sobre la superficie base 25 y se puede reproducir mediante el procedimiento según la invención. No obstante, siempre y cuando los accionamientos de ajuste se usan con velocidad de ajuste constante, las posibilidades de movimientos de las válvulas compuerta y por consiguiente el movimiento de las magnitudes de ajuste están limitados a la superficie base.

Por consiguiente se puede realizar un paso de la instalación de proceso del estado A al estado B a través de vectores de movimiento definidos, que actúan en las dos direcciones. La figura 3 muestra que son posibles los movimientos verticales u horizontales 27 y 29 mediante modificación solo de una magnitud de ajuste  $H\_TLV$  o  $H\_DV$ . Además, se pueden realizar movimientos transversales 31 sobre una superficie base 25 con un ángulo, que son proporcionales a las relaciones entre las velocidades de ajuste de los accionamientos de compuerta. Posibilidades de movimiento correspondientes se tienen en cuenta a través del espacio de parámetros en la búsqueda de camino subsiguiente y todavía a explicar.

La situación de partida para la aplicación de un procedimiento de búsqueda de camino es habitualmente la indicación de un punto inicial y uno final. En el presente ejemplo, por ejemplo, el estado inicial es la constelación de válvula compuerta en el estado de proceso (estado A) y el objetivo del estado de descarburización (estado B) según la figura 3. Por consiguiente están presentes todas las condiciones previas para la aplicabilidad de algoritmos de búsqueda de camino sobre el problema de control de un sistema de control electrónico.

La instalación de proceso se podría llevar ahora sin tener en cuenta una variable de proceso al estado objetivo deseado B, por ejemplo, con la medida de encontrar el camino más corto entre los estados A y B, y depositarlo como curva de control en el control industrial. Según se ha explicado arriba, no obstante, se deben observar obligatoriamente variables de proceso correspondientes para garantizar la seguridad de la instalación. En el presente ejemplo, según está representado arriba, la presión PT01 en el tramo de línea antes de la válvula compuerta de proceso 17 se debe mantener en un rango límite, es decir, no debe quedar por debajo de un mínimo y no superar un máximo.

Según la presente invención, la variable de proceso PT01 y la influencia de las magnitudes de ajuste  $H\_DV$  y  $H\_TLV$  sobre esta variable de proceso se tienen en cuenta en la búsqueda de camino entre los estados A y B. La consideración se realiza porque para la solución del problema de control se efectúa una modelización apropiada, que describe la relación entre las dos magnitudes de ajuste  $H\_DV$ ,  $H\_TLV$  y la variable de proceso influida PT01. Este procedimiento se puede transmitir a más de dos magnitudes de ajuste cualesquiera y a una o varias variables de proceso cualesquiera, que se influyen por las magnitudes de ajuste.

La modelización se realiza en particular en el proceso de etileno consultándose las propiedades del medio, como caudal y temperatura, así como constantes físicas, que resultan en una relación entre las magnitudes de ajuste  $H\_TLV$ ,  $H\_DV$  y la variable de proceso influida PT01. La variable de proceso PT01 se determina en otras palabras respectivamente para parámetros de proceso estacionarios, como caudal (FT01) y temperatura (TT01), etc. antes de la realización del cambio de estado.

Dado que pueden variar los parámetros de proceso, como caudal y temperatura, etc., se puede realizar de forma separada la modelización para distintas magnitudes de los parámetros de proceso. La modelización se implementa entonces en estructuras de datos multidimensionales, que se depositan casi como familias de curvas en el control industrial. Esto puede ocurrir opcional o adicionalmente "online" en base a los parámetros de proceso medidos actualmente. Por consiguiente, el siguiente modo de proceder se aplica de forma reiterada en el fase previa (offline)

de la tarea de control o del proceso y/o durante el proceso en curso (online).

La modelización se realiza mediante la determinación de una distribución de valores de las variables de proceso PT01 para distintas combinaciones de valores de dos magnitudes de ajuste H\_TLV y H\_DV en su rango de ajuste teniendo en cuenta uno o varios parámetro(s), en particular una temperatura, un caudal o al menos una constante física de la instalación de proceso. Según se ha indicado arriba, la distribución de valores de las variables de proceso PT01 depende de las magnitudes de ajuste H\_TLV y H\_DV y de uno o varios parámetro(s), dado que la presión PT01 también depende de la temperatura de proceso y del tipo del medio, etc. A partir de las dependencias resultantes se puede establecer un sistema de ecuaciones. Si este sistema de ecuaciones (por ejemplo, mediante búsqueda de ceros) se lleva a un resultado unívoco, para cada coordenada (x, y) sobre la superficie base 25 se produce una presión correspondiente PT01. En consecuencia se origina una distribución de valores de las variables de proceso PT01 en función de distintas combinaciones de valores de las dos magnitudes de ajuste H\_TLV y H\_DV. Para cada / todos los parámetros de proceso fijados se produce por consiguiente otra distribución de valores para combinaciones de valores de las magnitudes de ajuste. Estas distribuciones de valores diferentes constituyen las "familias de curvas" explicadas arriba, que pueden estar almacenadas en un sistema de ordenador.

La distribución de valores de las variables de proceso se puede interpretar como "paisaje de alturas" y convierte la superficie base por consiguiente en una distribución tridimensional, como se muestra en la figura 4. Por consiguiente, mediante la modelización se origina gráficamente un espacio de parámetros 3D con las variables de proceso PT01 como "altura", que indica la distribución de presión para distintas, preferentemente todas las combinaciones de valores de los valores de ajuste H\_TLV y H\_DV.

Según se ha explicado al inicio, los estados de instalación de "proceso" (estado A) y "descarburización" (estado B) marcan estados iniciales y finales apropiadas, entre los que se debe llevar regularmente la instalación de proceso, según se desprende de la figura 5. En la figura 5 se muestra el "paisaje de alturas" según la figura 4 en una proyección sobre la superficie base 25. Según la invención se recurre ahora a la modelización según la primera etapa del procedimiento según la invención, a fin de determinar en una segunda etapa una curva de control mediante la distribución de valores de la variable de proceso PT01, que sirve para la modificación de dos magnitudes de ajuste H\_TLV y H\_DV, para llevar la instalación de proceso del estado inicial A al estado final B. Para ello se pueden aplicar procedimientos de búsqueda de camino apropiados, que son capaces de tener en cuenta las condiciones de contorno y parámetros de optimalidad.

Una condición de contorno decisiva puede ser, por ejemplo, la fijación de una banda de presión admisible para la presión PT01 considerando los requisitos explicados al inicio de la seguridad de la instalación. A este respecto, bajo una banda de presión se debe entender un rango limitado de la presión, que presenta una presión mínima y una máxima, de la que no se debe quedar por debajo o sobrepasar. La curva de control se determina entonces de modo que la presión PT01 permanece durante la modificación de las magnitudes de ajuste H\_TLV y H\_DV dentro de un rango límite deseado. Además, puede estar predeterminada una conducción de contorno mediante las direcciones de movimiento posibles de las magnitudes de ajuste mostradas en la figura 3. Además, es concebible prever otra condición de borde a través de otras limitaciones, como por ejemplo, un número máximo de paradas y rearranques de los accionamientos de ajuste. El listado mencionado anteriormente de las condiciones de contorno, que se pueden tener en cuenta en la determinación de la curva de control, no es concluyente. En particular también es concebible que se tengan en cuenta varias condiciones de contorno simultáneamente en la determinación de la curva de control.

Además, los parámetros de optimalidad se pueden tener en cuenta en la determinación de la curva de control, por lo que en general se consideran criterios de calidad, que influyen de forma apropiada en el desarrollo y el resultado de la búsqueda de camino y por consiguiente la determinación de la curva de control como solución de la tarea de control, no obstante, siempre teniendo en cuenta el mantenimiento de las condiciones de contorno necesarias.

Por ejemplo, es concebible la búsqueda de un camino en la distribución de valores de la presión PT01, que encuentre un recorrido lo más corto posible y por lo tanto rápido entre los estados A y B de la instalación de proceso, donde simultáneamente la presión PT01 se mantenga en límites admisibles por la condición de contorno correspondiente. Pero además también puede ser deseable mantener la presión PT01 esencialmente constante y en el centro de la banda de presión admisible (entre los valores límite de la presión PT01) y destacar la duración del cambio de estado menos que el criterio de la búsqueda de camino. A este respecto son concebibles múltiples variantes y formas mixtas ponderadas de distinta manera, que pueden variar según la tarea de control a resolver.

Es decisivo que cada solución de la tarea de control, es decir, cada curva de control, desemboque en una parametrización apropiada del hardware de control industrial responsable de la tarea de control verdadera a través del intercambio de señales e influencia sobre el proceso. A través del depósito de las familias de curvas para distintas condiciones de proceso (parámetros de proceso) se puede construir un control flexible, que se pueda adaptar a muchos procesos distintos. El acoplamiento opcional del procedimiento online en el proceso (vía hardware de control) posibilita un circuito de regulación integrado con amplias posibilidades del cálculo, así como una optimización del procedimiento a través de algoritmos de aprendizaje.

En cuestión se ha explicado a modo de ejemplo la aplicación del procedimiento según la invención mediante un

problema de control para el proceso de etileno. A este respecto, se ha entrado en la característica del proceso y los requisitos resultantes de ello en un sistema de control. A continuación se ha entrado por etapas en la solución de esta tarea de control con dos magnitudes de ajuste mediante aplicación de algoritmos de búsqueda de camino sobre una distribución de valores de una variable de proceso en el espacio de parámetros multidimensional teniendo en cuenta las condiciones de contorno y criterios de optimalidad.

En conjunto la presente invención crea un procedimiento ventajoso para la resolución de la tarea de control, en el que en una primera etapa se determina una distribución de valores de la al menos una variable de proceso para distintas combinaciones de valores de las al menos dos magnitudes de ajuste en su rango de ajuste y a saber teniendo en cuenta uno o varios parámetro(s), en particular una temperatura, un caudal o al menos una constante física de la instalación de proceso. En esta primera etapa se simula o modela el comportamiento al menos de una variable de proceso crítica en función de varias magnitudes de ajuste y al menos un parámetro de proceso. La simulación se puede implementar mediante un software de ordenador apropiado y realizarse en un sistema informático.

En una segunda etapa, para la resolución de la tarea de control se determina una curva de control mediante la distribución de valores de las variables de proceso. En otras palabras, se recurre al desarrollo simulado de las variables de proceso para determinar una curva de control apropiada. La curva de control fija a este respecto la modificación temporal de las al menos dos magnitudes de ajuste, a fin de llevar la instalación de proceso del estado inicial al estado final, donde la curva de control se fija teniendo en cuenta al menos una condición de contorno. La curva de control se puede determinar mediante distintos criterios, que pueden tener más o menos importancia en la determinación.

En la determinación de la curva de control se puede recurrir a un algoritmo apropiado, en particular un procedimiento de búsqueda de camino. Es especialmente ventajoso que las distribuciones de valores de la al menos una variable de proceso, es decir, el desarrollo simulado o la distribución simulada de las variables de proceso para distintas combinaciones de valores de las magnitudes de ajuste, así como la curva de control apropiada antes de la realización de la tarea de control o incluso antes del proceso en un sistema informático. Durante la realización de las tareas de control se debe recurrir entonces solo a la curva de control almacenada.

Además, es posible fijar para distintos parámetros de proceso, por ejemplo, distintas temperaturas o caudales dentro de la instalación de proceso, distintas curvas de control. Durante la realización de la tarea de control se deben detectar entonces solo todavía los parámetros de proceso actuales y aplicarse la curva de control adecuada sobre las magnitudes de ajuste. Se entiende que la variable de proceso no debe ser una presión. Mejor dicho es concebible que, en un ejemplo de realización de la invención, la variable de proceso crítica represente una temperatura o similares, mientras que la presión constituya un parámetro de proceso, que solo se tiene en cuenta en la simulación de las variables de proceso, a saber la temperatura.

Lista de referencias

- 1 Reactor
- 3 1ª Línea de alimentación
- 5 2ª Línea de alimentación
- 7 Línea principal de producto
- 9 Sistemas conectados
- 11 Línea de producto
- 13 Línea de descarburización
- 15 Válvula compuerta de descarburización
- 15' Válvula compuerta de descarburización
- 17 Válvula compuerta de proceso
- 19 Panel de control local
- 21 Hardware de control
- 23 Hardware de ordenador
- 25 Superficie base
- 27 Movimiento perpendicular
- 29 Movimiento horizontal
- 31 Movimiento en ángulo
- PT01 Presión
- A Estado inicial
- B Estado final

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la resolución de una tarea de control en una instalación de proceso, en particular para el paso de la instalación de proceso de un estado inicial (A) a un estado final (B), mediante modificación de al menos dos magnitudes de ajuste (H\_DV, H\_TLV) en su rango de ajuste, donde las magnitudes de ajuste están asociadas a una o varias unidad(es) de proceso, en particular válvulas, griferías o tapas, y donde las al menos dos magnitudes de ajuste (H\_DV, H\_TLV) influyen al menos en una variable de proceso (PT01) de la instalación de proceso, en particular una presión, **caracterizado por** las etapas siguientes:
- determinación de una distribución de valores de la al menos una variable de proceso (PT01) para distintas combinaciones de valores (x, y) de las al menos dos magnitudes de ajuste (H\_DV, H\_TLV) en su rango de ajuste teniendo en cuenta uno o varios parámetro(s), en particular una temperatura, un caudal o al menos una constante física de la instalación de proceso, mediante modelización y/o simulación de la distribución de valores de la al menos una variable de proceso (PT01) para distintas combinaciones de valores (x, y) de al menos dos magnitudes de ajuste (H\_DV, H\_TLV), y
  - determinación de una curva de control mediante un procedimiento de búsqueda de camino en la distribución de valores de la variable de proceso (PT01), que para la modificación de al menos dos magnitudes de ajuste (H\_DV, H\_TLV) busca un camino apropiado, a fin de llevar la instalación de proceso del estado inicial (A) al estado final (B), teniendo en cuenta al menos una condición de contorno, que se fija mediante un rango límite fijado de la al menos una variable de proceso, y/o un rango de ajuste de las magnitudes de ajuste, y/o mediante características mecánicas de la(s) unidad(es) de proceso.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** para distintos parámetros de proceso se determinan diferentes distribuciones de valores de la al menos una variable de proceso.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** los parámetros de proceso se detectan antes del inicio y/o durante el proceso a controlar en la instalación de proceso.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al menos una de las al menos dos magnitudes de proceso (H\_DV, H\_TLV) influye en un estrangulamiento de un flujo de fluido o gas.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** a cada combinación de valores (x, y) en el rango de ajuste de las al menos dos magnitudes de ajuste (H\_DV, H\_TLV) para la generación de la distribución de valores se le asocia un valor de las variables de proceso (PT01) teniendo en cuenta el uno o varios parámetros de proceso.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** un estado de la instalación de proceso se define por una combinación de valores (x, y) de las al menos dos magnitudes de proceso (H\_DV, H\_TLV).
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** un rango límite fijado de la al menos una variable de proceso (PT01) constituye la condición de contorno.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la condición de contorno se fija por el rango de ajuste de las magnitudes de ajuste (H\_DV, H\_TLV).
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la condición de contorno se fija por características mecánicas de la(s) unidad(es) de proceso.

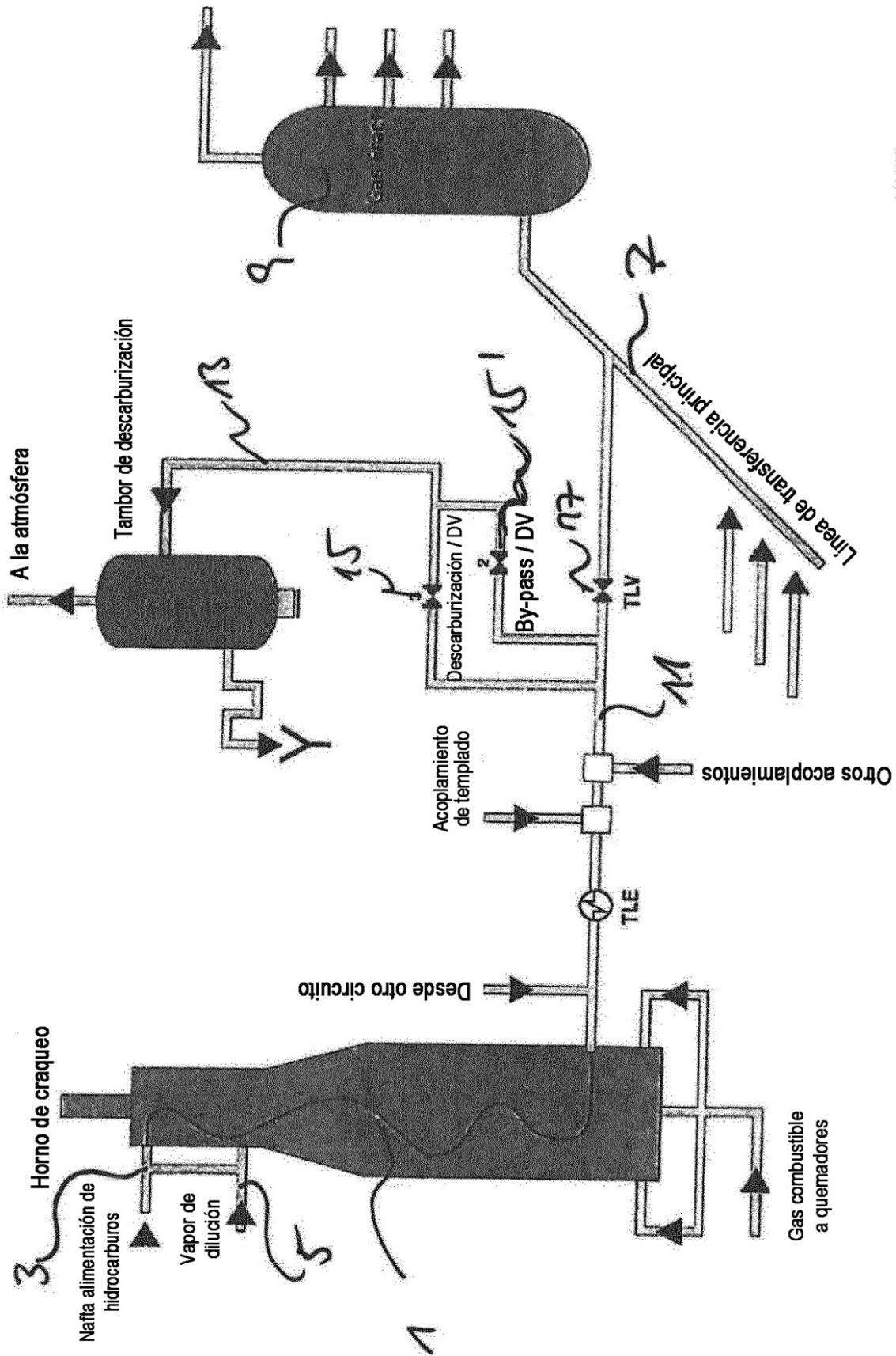


Fig. 1

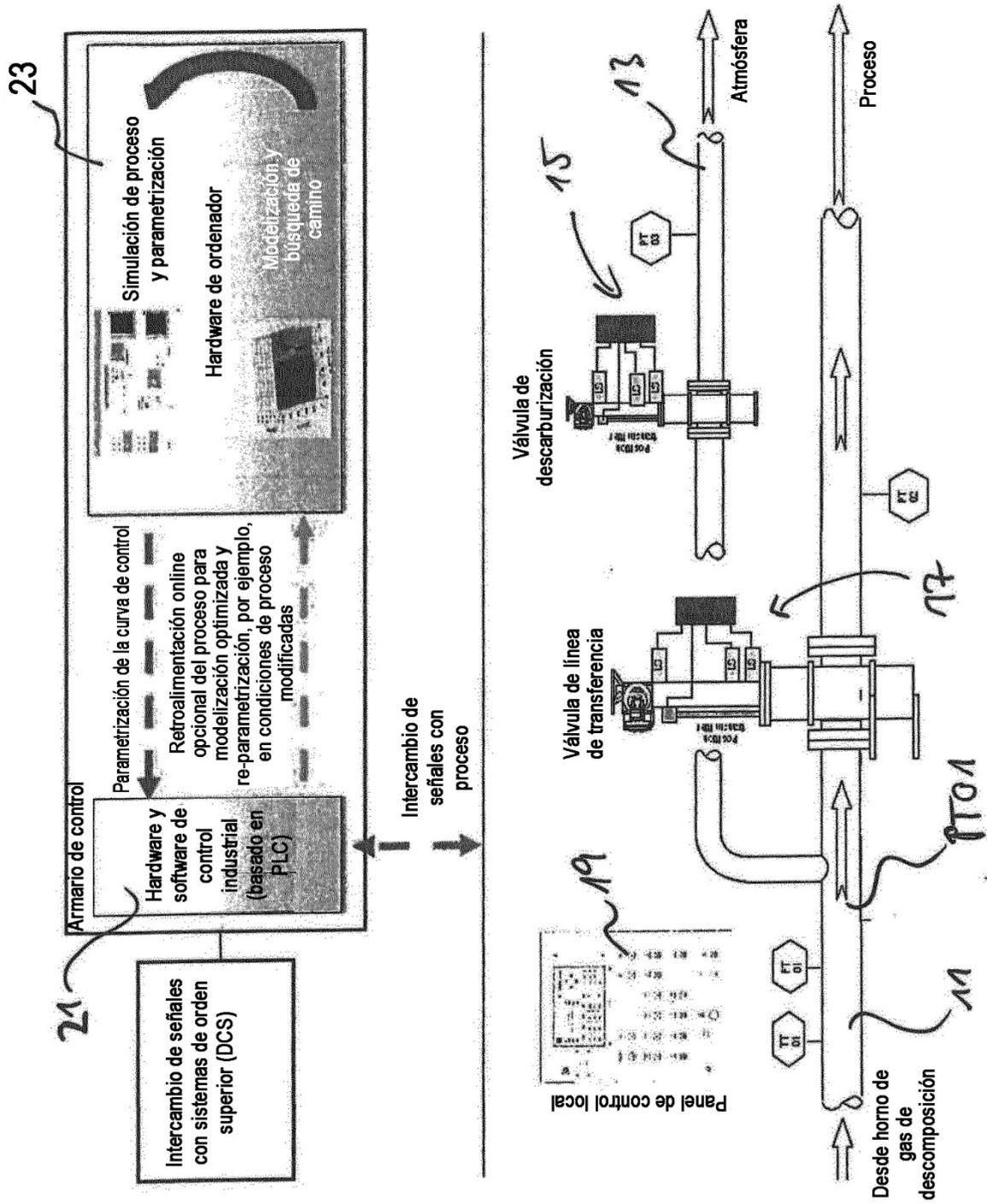


Fig. 2

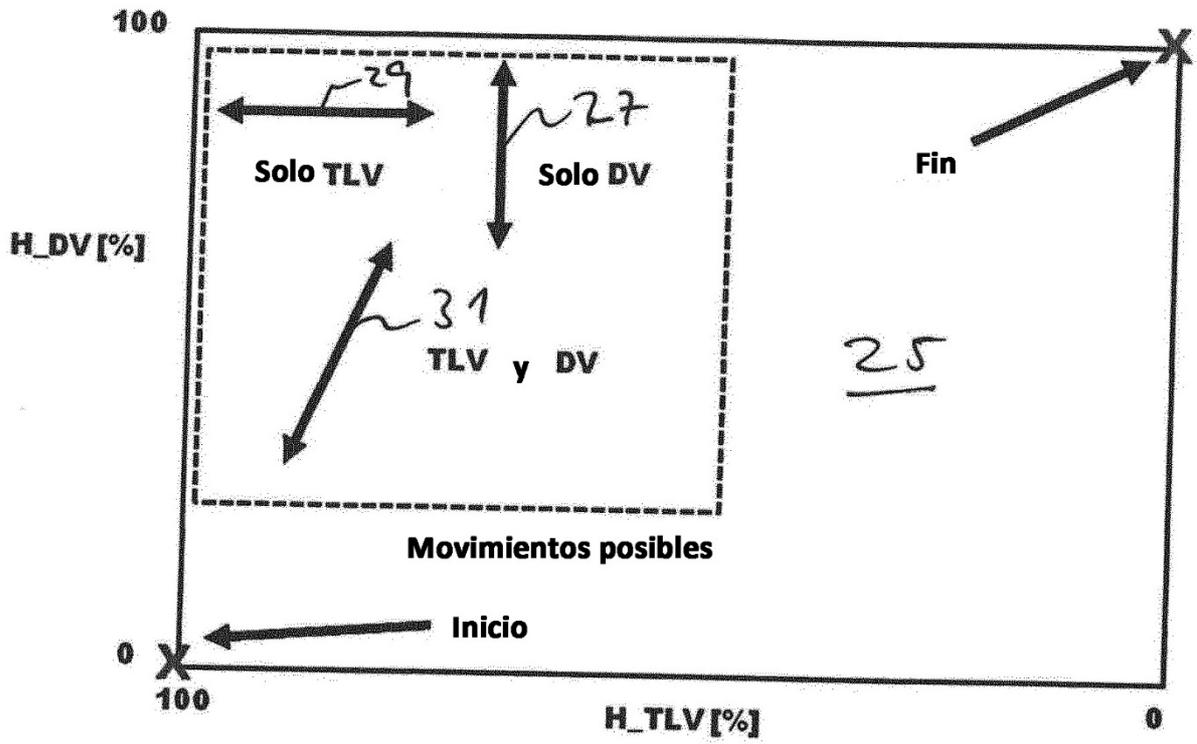


Fig. 3

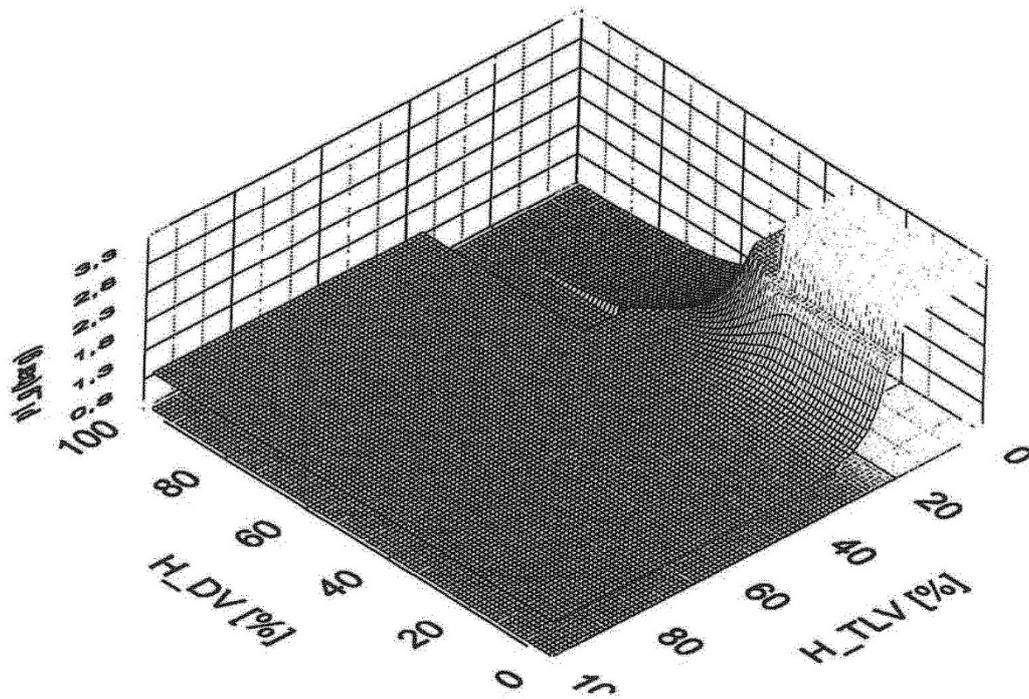


Fig. 4.

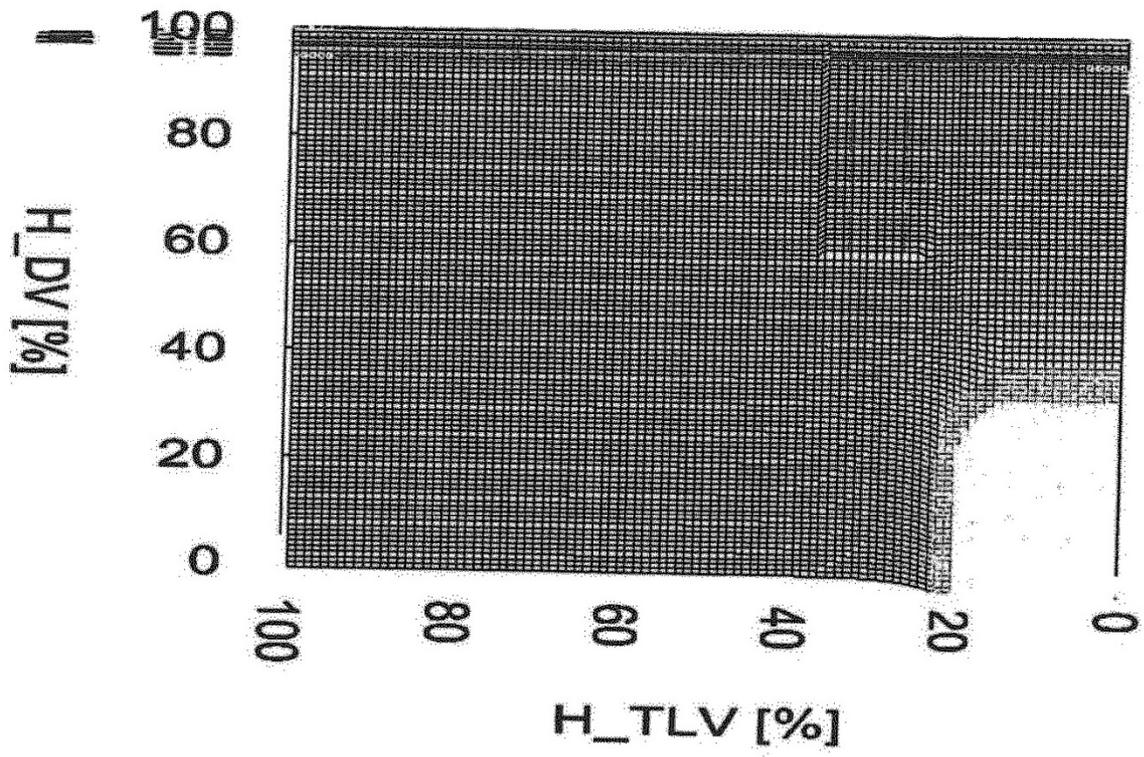


Fig. 5