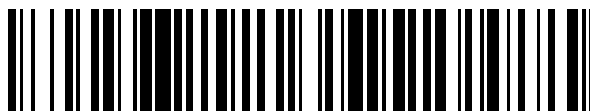


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 432 670**

51 Int. Cl.:

F02D 41/00 (2006.01)

F02D 41/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2010** **E 10724326 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2013** **EP 2449234**

54 Título: **Procedimiento para la regulación de un motor de gas**

30 Prioridad:

03.07.2009 DE 102009033082

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

04.12.2013

73 Titular/es:

MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH (100.0%)
Maybachplatz 1
88045 Friedrichshafen, DE

72 Inventor/es:

KLÄSER-JENEWEIN, LUDWIG

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 432 670 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 regulación de un motor de gas

La invención se refiere a un procedimiento para la regulación de un motor de gas, en el que en función de una corriente volumétrica teórica se regulan tanto un volumen de combustible como porción de una mezcla de combustible y aire como también una presión de la mezcla de combustible y aire en el tubo de recepción delante de las válvulas de entrada del motor de gas.

Se utilizan motores de gas con frecuencia como accionamiento para generadores de corriente de emergencia, equipos de disponibilidad rápida o para instalaciones para la generación combinada de corriente y calor (BHKW). En este caso, el motor de gas es accionado con una relación del aire de la combustión de 1.7, por ejemplo, es decir, en el modo pobre con exceso de aire. Típicamente, el motor de gas comprende una válvula de estrangulación del gas para la fijación de la porción de gas en la mezcla de combustible y aire, una mezcladora para la confluencia del gas combustible con el aire, un compresor como equipo parcial de un turbocargador de gases de escape, un refrigerador y una válvula de estrangulación de la mezcla. A través de la válvula de estrangulación de la mezcla se establece el llenado de los cilindros de trabajo y, por lo tanto, el par motor del motor de gas. El llenado de los cilindros de trabajo se calcula de nuevo a partir de la presión de la mezcla de combustible y aire cuando las variables de influencia se mantienen, por lo demás, constantes, por ejemplo, a temperatura constante del tubo de recepción, con número de revoluciones constante y con relación constante del aire de la combustión.

Se conoce a partir del documento DE 10 2007 045 195 B3 un procedimiento de regulación para un motor de gas estacionario con generador, en el que a partir de una desviación de la regulación del número de revoluciones, a través de un regulador del número de revoluciones, se determina un momento del regulador como variable de regulación. A partir del momento del regulador de nuevo y del número real de revoluciones se determina a través de un campo característico del grado de actuación una corriente volumétrica teórica, que representa tanto la variable de entrada para la activación de la válvula de estrangulación del gas como también la variable de entrada para la fijación de la presión de la mezcla en el tubo de recepción. El elemento central es la activación paralela de los dos órganos de ajuste en función de la misma variable de control, aquí la corriente volumétrica teórica. El ajuste de la presión de la mezcla en el tubo de recepción se realiza a través de un circuito de regulación de la presión del tubo de recepción subyacente. En este circuito de regulación de la presión del tubo de recepción, la presión teórica del tubo de recepción corresponde a la variable de guía y la presión medida del tubo de recepción corresponde a la variable de regulación. El motor de gas y el generador corresponden entonces al recorrido de la regulación. La presión teórica el tubo de recepción se calcula a partir de la corriente volumétrica teórica teniendo en cuenta el número real de revoluciones del motor de gas, la temperatura en el tubo de recepción y valores constantes. Como valores constantes se indican, entre otros, la relación del aire de la combustión y una necesidad estequiométrica de aire. El procedimiento representado ha dado buen resultado en la práctica. Sin embargo, sigue siendo crítica la influencia de diferentes calidades del gas (porción volumétrica) dentro de la misma familia de gas sobre los valores de la emisión.

El documento EP 2 039 916 A2 describe un procedimiento para la regulación de un motor de gas, en el que se tienen en cuenta las oscilaciones de la calidad del combustible en forma de gas.

También el documento DE 699 26 036 T2 describe un procedimiento para la regulación de un motor de gas a partir de la desviación de la regulación del número de revoluciones a través de un regulador PID se calcula una señal de ajuste para la activación de la válvula de estrangulación de la mezcla. De la misma manera en función de la desviación de la regulación del número de revoluciones se determina un valor de corrección, a través del cual se modifica entonces la señal de ajuste para la válvula de estrangulación del gas. El objetivo del procedimiento es, sin embargo, suprimir, a través de la corrección, las oscilaciones del número de revoluciones del motor, que se producen después de una modificación del número teórico de revoluciones del motor.

Partiendo de un procedimiento de regulación con activación paralela de la válvula de estrangulación de gas y de la mezcla así como del circuito de regulación de la presión del tubo de recepción subyacente, la invención tiene el cometido de reducir al mínimo la influencia de una calidad diferente del gas sobre el procedimiento de regulación.

El cometido se soluciona a través de un procedimiento para la regulación de un motor de gas con las características de la reivindicación 1. Las configuraciones se representan en las reivindicaciones dependientes.

La influencia de la diferente calidad del gas se reduce al mínimo porque se calcula una desviación del momento del regulador, es decir, de la variable de ajuste del regulador del número de revoluciones, con respecto al momento del generador y se corrige la presión teórica del tubo de recepción con la ayuda de esta desviación. La desviación es una medida del importe en el que el contenido de energía del gas utilizado realmente, por ejemplo biogas, se desvía del contenido de energía del gas de referencia. Sobre este gas de referencia se dimensiona el motor de gas en un banco de pruebas, siendo utilizado gas natural como gas de referencia. Para el gas existente en el lugar, que existe como gas mixto de gases de una familia de gas conocida, deben conocerse los parámetros del combustible. Estos son el valor calorífico, la necesidad estequiométrica de aire y la densidad. Los parámetros del combustible se

depositan entonces como magnitudes fijas en el sistema. El regulador del número de revoluciones, a través del cual se calcula el momento del regulador, se referencia al gas natural. Se corrige la presión teórica del tubo de recepción calculándola a partir de las variables de entrada corregidas, a saber, una corriente volumétrica teórica corregida, una relación corregida del aire de la combustión y una necesidad corregida de aire.

- 5 Se calcula la corriente volumétrica teórica corregida multiplicando la corriente volumétrica teórica por el cuadrado de la desviación. La relación corregida del aire de la combustión se calcula a partir de una relación del aire de la combustión de referencia y de la desviación, siendo calculada la relación del aire de la combustión de referencia a través de un campo característico en función del momento del regulador y del número real de revoluciones del motor de gas. La necesidad de aire corregida se calcula a través de un procedimiento de recursión de la misma manera en
10 función de la desviación.

La aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención ofrece la ventaja de que a pesar de la dispersión de la calidad del gas, la cesión de potencia del motor de gas se mantiene inalterada. Por lo tanto, un motor de gas accionado, por ejemplo, con biogas tiene la misma cesión de potencia que un motor de gas accionado con gas natural. Si varía la porción volumétrica del gas combustible, entonces se adapta la presión teórica del tubo de recepción a través del procedimiento de acuerdo con la invención, de manera que la cesión de potencia se mantiene inalterada también en este caso. Por lo tanto, la porción volumétrica no tiene que ser conocida. Como consecuencia resulta la misma emisión de sustancias nocivas que en el gas de referencia. Puesto que el procedimiento se basa en las señales de sensores ya existentes, no son necesarias modificaciones o ampliaciones en la instalación de detección así como en el aparato electrónico de control del motor. Por lo tanto, los motores de gas ya suministrados
15 se pueden reequipar sin problemas con el procedimiento de acuerdo con la invención, por ejemplo durante un mantenimiento. Frente a una regulación de la relación del aire de la combustión, la activación paralela de la válvula de estrangulación de gas y de las válvulas de estrangulación de la mezcla ofrece en función de la misma variable de control la ventaja de un tiempo de reacción acortado y de una estabilización más precisa con capacidad de ajuste mejorada de todo el sistema. Como consecuencia resulta una regulación uniforme de la potencia del motor.

- 25 En los dibujos se representa un ejemplo de realización preferido. En este caso:

La figura 1 muestra un esquema general.

La figura 2 muestra un diagrama de bloques.

La figura 3 muestra el cálculo de la presión teórica del tubo de recepción como diagrama de bloques.

La figura 4 muestra el cálculo de la necesidad de aire corregida como diagrama de bloques.

- 30 La figura 5 muestra un esquema de flujo del programa y

La figura 6 muestra un sub-programa.

La figura 1 muestra un esquema general de un motor de gas 1 en disposición-V con un generador 5. El generador 5 es accionado por el motor de gas 1 a través de un árbol 2, un acoplamiento 3 y un árbol 4. A través del generador 5 se genera energía eléctrica, que es alimentada a una red eléctrica. Al motor de gas 1 se asocian los siguientes
35 componentes mecánicos: una válvula de estrangulación de gas 6 para la fijación de una corriente volumétrica de combustible alimentada, por ejemplo biogas, una mezcladora 7 para la confluencia de aire y combustible, un compresor 8 como equipo parcial de un turbocargador de gases de escape, un refrigerador 9, una válvula de estrangulación de la mezcla del lado A 10 en el tubo de recepción el lado A 12 y una válvula de estrangulación de la mezcla del lado B 11 en el tubo de recepción del lado B 13 del motor de gas 1. En lugar de las válvulas de estrangulación, es decir, la válvula de estrangulación de gas 6 y las válvulas de estrangulación de la mezcla 10 así como 11, se pueden utilizar evidentemente también otras instalaciones de ajuste, por ejemplo una mezcladora de intersticio Venturi o una corredera giratoria.

A través de un aparato electrónico de control del motor 14 (GECU) se establece el tipo de funcionamiento del motor de gas 1. El aparato electrónico de control del motor 14 contiene los componentes habituales de un sistema de
45 microordenador, por ejemplo un microprocesador, componentes I/O, memoria tampón y módulos de memoria (EEPROM, RAM). En los módulos de memoria, los datos de funcionamiento relevantes para el funcionamiento del motor de gas 1 están aplicados en campos característicos / líneas características. A través de éstos, el aparato electrónico de control 14 calcula, a partir de las variables de entrada, las variables de salida. En la figura 1 se representan como variables de entrada: la presión del tubo de recepción del lado A pPRA, una temperatura de la mezcla T1, una presión del tubo de recepción del lado B pPRB, los valores brutos (no filtrados) del número de revoluciones del motor nMOT del motor de gas 1, un número teórico de revoluciones nM(SL), que es predeterminado por un regulador de la instalación no representado, y una variable de entrada EIN. Bajo la variable de entrada EIN se agrupan las otras señales de entrada, por ejemplo la temperatura del aceite. Como variables de salida del aparato electrónico de control del motor 14 se representan: una corriente volumétrica teórica adaptada
50 Va(SL) para la activación de la válvula de estrangulación del gas 6, un ángulo de la válvula de estrangulación de la

mezcla del lado A DKWA para la activación de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado A 10, un ángulo de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado B DKWB para la activación de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado B 11 y una señal AUS. La señal AUS representa las otras señales para el control y regulación del motor de gas 1.

La disposición posee la siguiente funcionalidad general: A través de la posición de la válvula de estrangulación de gas 6 se ajusta una corriente volumétrica de combustible, que es alimentada a la mezcladora 7. La posición de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado A 10 define un volumen de mezcla del lado A y, por lo tanto, la presión del tubo de recepción del lado A pRRA en el tubo de recepción del lado A 12 delante de las válvulas de entrada del motor de gas 1. A través de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado B 11 se establece la presión del tubo de recepción del lado B pRRB delante de las válvulas de entrada del motor de gas 1.

En la figura 2 se representa un diagrama de bloques para la activación de las dos válvulas de estrangulación de la mezcla 10 así como 11 y de la válvula de estrangulación del gas 6. El signo de referencia 15 identifica el regulador de la instalación del generador. El signo de referencia 14 identifica como diagrama de bloques reducido el aparato electrónico de control del motor, de manera que los elementos representados representan las etapas del programa de un programa ejecutable. Las variables de entrada del aparato electrónico de control del motor 14 son en esta representación los valores brutos del número de revoluciones del motor nMOT, la presión del tubo de recepción del lado A p-RRA, la presión del tubo de recepción del lado B pRRB, el número teórico de revoluciones nM(SL) y una potencia activa eléctrica Pwel. El número teórico de revoluciones nM(SL) y la potencia activa eléctrica Pwel son acondicionados por el regulador de la instalación 15. En el aparato electrónico de control del motor 14, a partir de la potencia activa eléctrica Pwel se calcula el momento del generador MGen. A partir de los valores brutos del número de revoluciones del motor nMOT, el aparato electrónico de control del motor 14 calcula el número real de revoluciones nM(IST) a través de un filtro del número de revoluciones no representado. Las variables de salida del aparato electrónico de control del motor 14 son en esta representación el ángulo de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado A DKWA para la activación de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado A 10, el ángulo de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado B DKWA para la activación de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado B 11 y la corriente volumétrica teórica adaptada Va(SL) para la activación de la válvula de estrangulación del gas 6.

Desde el regulador de la instalación 15 se predetermina como deseo de potencia el número teórico de revoluciones nM(SL), por ejemplo $nM(SL)=1500 \text{ 1/min.}$, que corresponde a una frecuencia de 50 Hz. En un punto A, a partir del número teórico de revoluciones nM(SL) y del número real de revoluciones nM(IST) se calcula una desviación de regulación del número de revoluciones dn. A partir de la desviación de regulación del número de revoluciones dn de nuevo el regulador del número de revoluciones 16 calcula como variable de ajuste el momento del regulador MR. En la práctica, el regulador del número de revoluciones 16 está realizado como regulador-PIDT1. El momento del regulador MR es la primera variable de entrada de un campo característico de consumo 17. La segunda variable de entrada corresponde al número real de revoluciones nM(IST). En función de las dos variables de entrada se determina a través del campo característico de consumo 17 una corriente volumétrica teórica V(SL). La corriente volumétrica teórica V(SL) es tanto la variable de entrada para la adaptación de la cantidad 31 como también para una cantidad de mezcla 18. A través de la adaptación de la cantidad 31 se adapta la corriente volumétrica teórica V(SL) al menos en función del momento del generador MGen. La variable de salida de la adaptación de la cantidad 31 es una corriente volumétrica teórica adaptada Va(SL), que es la variable de entrada de la válvula de estrangulación del gas 6. En la válvula de estrangulación del gas 6 está integrada una electrónica de procesamiento, a través de la cual se asocian al valor de la corriente volumétrica teórica adaptada Va(SL) un área de la sección transversal correspondiente y un ángulo correspondiente. A través de la válvula de estrangulación del gas 6 se ajusta una corriente volumétrica del combustible como porción de gas de la mezcla de combustible y aire.

En la cantidad de la mezcla 18 están agrupados tanto el cálculo de la presión teórica del tubo de recepción como también un circuito de regulador de la presión del tubo de recepción subyacente. La conversión de la corriente volumétrica teórica V(SL) dentro de la cantidad de la mezcla 18 se representa en la figura 3 y se describe en combinación con ésta. Como se representa aquí, las otras variables de entrada de la cantidad de la mezcla 18 son el momento del generador MGen, el momento del regulador MR, el número real de revoluciones nM(IST) y las dos presiones del tubo de recepción pRRA así como pRRB como variables de regulación del circuito de regulación de la presión del tubo de recepción subyacente. A través de la cantidad de la mezcla 18 se calculan el ángulo de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado A DKWA y el ángulo de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado B DKWB. Con el ángulo de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado A DKWA se activa la válvula de estrangulación de la mezcla del lado A 10, a través de la cual se regula la presión del tubo de recepción del lado A pRRA. Con el ángulo de la válvula de estrangulación de la mezcla del lado B DKWB se activa la válvula de estrangulación de la mezcla del lado B 11, a través de la cual se regula la presión del tubo de recepción del lado B pRRB. Como se deduce claramente a partir de la figura, un elemento central es la activación paralela de la válvula de estrangulación del gas y de la válvula de estrangulación de la mezcla en función de la misma variable de control, aquí la corriente volumétrica teórica V(SL).

En la figura 3 se representa en un diagrama de bloques 19 para la determinación de la presión teórica del tubo de

recepción pRR(SL), que es una parte de la cantidad de la mezcla 18. Las variables de entrada del bloque funcional 19 son el momento del regulador MR calculado por el regulador del número de revoluciones (figura 2; 16), el número real de revoluciones nM(IST), el momento del generador MGen y la corriente volumétrica teórica V(SL). La variable de salida es la presión teórica del tubo de recepción pRR(SL), que es entonces la variable de guía para el circuito de regulación de la presión dispuesto a continuación. Un circuito de regulación de la presión del tubo de recepción correspondiente se representa, por ejemplo, en el documento DE 10 2007 045 195 B3. A través de un cálculo 20 se determina a partir del momento del regulador MR y del momento del generador MGen una desviación yS, calculando el cociente MR/MGen. La desviación yS es la medida que representa el importe en el que el contenido de energía del combustible utilizado realmente se desvía del contenido de energía del combustible de referencia. La unidad del contenido de energía se indica en kilovatios hora por metro cúbico normalizado de gas (kWh/nm³). El fabricante del motor de gas ajusta el sistema a gas natural como combustible de referencia. Si se utiliza gas natural, entonces el cociente MR/MGen es uno. En cambio, si se utiliza un gas con contenido más bajo de energía, por ejemplo biogas, entonces, de acuerdo con la porción de gas inerte, el cociente puede estar en el intervalo entre 1,4 y 1,5.

A través de un campo característico 21 se asocia al momento del regulador MR y al número real de revoluciones nM(IST) una relación del aire de combustión de referencia LAMr. La relación del aire de combustión de referencia LAMr es la primera variable de entrada de una corrección 22. La segunda variable de entrada es una necesidad de aire de referencia LMINr, que aquí es constante. La necesidad de aire de referencia LMINr corresponde a la necesidad estequiométrica de aire para quemar totalmente un metro cúbico del gas de referencia. La tercera variable de entrada es la desviación yS. A través de la corrección 22 se calcula la relación corregida del aire de la combustión LAMk de acuerdo con la relación siguiente:

$$LAMk = LAMr + [(1 - yS^2) / LMINr] \quad (1)$$

La variable de salida de la corrección 22, es decir, la relación del aire de la combustión corregida LAMk, es la primera variable de entrada corregida de un cálculo 25 para la determinación de la presión teórica del tubo de recepción pRR(SL). A través de una corrección 23 se calcula, en función de la desviación yS una necesidad de aire corregida LMINK. La corrección 23 se representa en la figura 4 y se describe en conexión con ésta. La necesidad de aire corregida LMINK es la segunda variable de entrada corregida del cálculo 25. La tercera variable de entrada corregida del cálculo 25 es una corriente volumétrica teórica corregida Vk(SL). Ésta se calcula multiplicando la corriente volumétrica teórica V(SL) por el cuadrado de la desviación yS, cálculo 24. A través del cálculo 25 se calcula la presión teórica del tubo de recepción pRR(SL) de acuerdo con la relación siguiente:

$$pRR(SL) = 2 \cdot yS^2 \cdot T1 \cdot p0 \cdot [1 + LAMk \cdot LMINK] \cdot Vk(SL) / [LG \cdot VH \cdot nM(IST) \cdot T0] \quad (2)$$

Aquí yS significa la desviación, T1 la temperatura medida en el tubo de recepción, p0 la presión normal del aire a cero normal (1013 hpa), LAMk la relación del aire de la combustión corregida, LMINK la necesidad de aire corregida, Vk(SL) la corriente volumétrica teórica corregida, LG el grado de suministro, VH el volumen de la carrera del cilindro, nM(IST) el número de revoluciones real del motor de gas y T0 la temperatura normal (273, 15K). En la figura, se agrupan el grado de suministro LG, el volumen de la carrera VH y la temperatura normal T0 bajo el signo de referencia E. Como se deduce a partir de la figura 3, se corrige la presión teórica del tubo de recepción pRR(SL), utilizando variables de entrada corregidas. La desviación yS se ha revelado en este caso como variable de corrección prometedora, puesto que ésta es una medida del importe en el que el contenido de energía del gas utilizado realmente, por ejemplo biogas con 45 por ciento de gas metano, se desvía del contenido de energía del gas de referencia, aquí gas natural.

En la figura 4 se representa el cálculo de la necesidad de gas corregida como diagrama de bloques. Las variables de entrada son la desviación yS y el instante del encendido ZZP. Las variantes de salida son la necesidad de aire corregida LMINK y un parámetro de la mezcla xSF. La necesidad de aire corregida LMINK se calcula por medio de un bucle de recursión 26. Con la ayuda de la desviación yS y de una relación del grado de actuación ETA se calcula a través de un cálculo 27 un parámetro de mezcla xS. Durante la primera pasada del bucle de recursión, el valor inicial de la relación del grado de actuación es ETA = 1. El parámetro de mezcla se calcula según la relación siguiente:

$$xS = \{HUO - [HUr \cdot ETA \cdot (1/yS^2)]\} / [HUO - HUU] \quad (3)$$

Aquí xS es el parámetro de mezcla, La constante HUO corresponde al valor calorífico supuestamente máximo del combustible utilizado realmente, por ejemplo biogas. La constante HUU corresponde al valor calorífico corresponde al valor calorífico supuestamente mínimo del combustible utilizado realmente. La constante HUr corresponde al valor calorífico del combustible de referencia, aquí: gas natural. Para la determinación de las constantes HUO y HUU deben conocerse la procedencia y la familia de gas, de la que proceden los combustibles. En el funcionamiento del motor de gas, éstas no se modifican. El parámetro de mezcla xS se conduce a continuación a un campo característico del grado de actuación 28, a través del cual, en función del parámetro de la mezcla xS y del instante del encendido ZZP, se calcula una nueva relación del grado de actuación ETA. La relación del grado de actuación ETA puede estar realizada como relación entre un grado de actuación real y un grado de actuación de referencia

calculado en el banco de pruebas cuando se utiliza el combustible de referencia (gas natural). La nueva relación del grado de actuación ETA se reacopla a continuación sobre el cálculo 27. En el cálculo 27 se calcula entonces de acuerdo con la fórmula (3) de nuevo un parámetro de mezcla xS a partir de la nueva relación del grado de actuación ETA. El bucle de recursión es ejecutado hasta que se reconoce un criterio de rotura. Existe un criterio de rotura cuando el bucle de recursión 26 ha sido ejecutado i-veces. De manera alternativa a ello, existe un criterio de rotura cuando la diferencia de dos parámetros de la mezcla calculados de forma recursiva es menor que un valor límite. Con el reconocimiento del criterio de rotura se considera como válido el último parámetro de la mezcla calculado. A continuación del bucle de recursión 26 se encuentra un filtro 29, típicamente un filtro PT1, a través del cual se filtran entonces los parámetros de mezcla considerados como válidos. A partir del parámetro de mezcla filtrado xSF y de los valores constantes K se calcula a través de un cálculo 30 a necesidad de aire corregida LMINK, que se procesa posteriormente en el bloque funcional 19 de la figura 3. El cálculo se realiza de acuerdo con la relación siguiente:

$$LMINK = xSF \cdot LMInu + (1-xSF) \cdot LMIno \quad (4)$$

Aquí LMInu significa la necesidad mínima de aire del combustible utilizado realmente y LMIno significa la necesidad máxima de aire del combustible utilizado realmente, que representan los valores constantes. El parámetro de mezcla xSF se procesa a continuación internamente, por ejemplo para la adaptación de la densidad del combustible y del instante del encendido.

En la figura 5 se representa el procedimiento de acuerdo con la invención en un diagrama de flujo del programa. En S1 se inscriben el número real de revoluciones nM(IST) y el número teórico revoluciones nM(SL) y a continuación en S2 se calcula a partir de ello la desviación de regulación del número de revoluciones dn. A partir de la desviación de regulación del número de revoluciones dn, el regulador del número de revoluciones determina, por ejemplo a través de un algoritmo PIDT1, como variable de ajuste el momento del regulador MR, S3. A través del campo característico de consumo (figura 2: 17) se calcula en S4 en función del momento del regulador MR y del número real de revoluciones nM(IST), la corriente volumétrica teórica V(SL). A continuación se determina en S5 la desviación yS a partir del momento del regulador MR y del momento del generador MGen, calculando el cociente MR/MGen. En S6 se asocia al momento del regulador MR y al número real de revoluciones nM(IST) a través de un campo característico (figura 3; 21) una relación del aire de la combustión de referencia LAMr. En S7 se determina entonces por medio de la fórmula (1) la relación del aire de la combustión corregida LAMk. A continuación se ramifica en S8 a un sub-programa UP1 para el cálculo de la necesidad de aire corregida LMINK. El sub-programa UP1 se representa en la figura 6 y se describe en conexión con ésta. Después del retorno desde el sub-programa UP1, se calcula en S9 la corriente volumétrica teórica corregida Vk(SL) a partir de la corriente volumétrica teórica V(SL) y la desviación yS. En S10 se calcula entonces de acuerdo con la fórmula (2) la presión teórica del tubo de recepción pRR(SL) en función de la corriente volumétrica teórica corregida Vk(SL), de la necesidad de aire corregida LMINK y de la relación del aire de la combustión corregida LAMk. De esta manera se termina el ciclo del programa.

En la figura 6 se representa el sub-programa UP1 para el cálculo de la necesidad de aire corregida LMINK por medio del procedimiento de recursión. En S1, una variable de marcha i y la relación del grado de actuación ETA se colocan en el valor inicial uno. En S2 se calcula entonces el parámetro de mezcla xS por medio de la fórmula (3). La constante HUO corresponde al valor calorífico supuestamente máximo del combustible utilizado realmente, por ejemplo biogas. La constante HUU corresponde al valor calorífico supuestamente mínimo del combustible utilizado realmente. La constante HUr corresponde al valor calorífico del combustible de referencia, aquí: gas natural. Para la determinación de las constantes HUO y HUU, deben conocerse la procedencia y la familia de gas, de la que proceden los combustibles. En el funcionamiento del motor de gas, ésta son se modifican. En la primera pasada del programa, el parámetro de la mezcla es, por lo tanto, el parámetro de la mezcla xS(1). A continuación se asocia en S3 a través del campo característico del grado de actuación (figura 4; 28) al parámetro de la mezcla y al instante del encendido ZZP una nueva relación del grado de actuación ETA. La relación del grado de actuación ETA puede estar realizada como cociente de un grado de actuación real con respecto al grado de actuación de referencia. En S4 se determina entonces un nuevo parámetro de mezcla con la nueva relación del grado de actuación ETA calculada con anterioridad y se coloca como nuevo parámetro de la mezcla. En la primera pasada, entonces el nuevo parámetro de la mezcla es xS(2). A continuación, se eleva la variable de la marcha i en uno, S5, y se consulta su valor en S6. Si la variable de la marcha i es inferior a cuatro, el resultado de la consulta S6 es Sí, de manera que el ciclo del programa prosigue de nuevo en S3. Si el resultado de la consulta en S6 es negativo, entonces se coloca como válido el último parámetro de la mezcla calculado. Los parámetros de la mezcla válidos calculados dentro de un periodo de tiempo de este tipo se filtran en S7, por ejemplo aquí a través de un filtro PT1. El resultado corresponde al parámetro de la mezcla filtrado xSF. En S8 se calcula la necesidad de aire corregida LMINK en función del parámetro de la mezcla filtrado xSF. El parámetro de la mezcla filtrado xSF se procesa a continuación internamente, por ejemplo para la adaptación de la densidad del combustible BD y del instante del encendido ZZP. A continuación se retorna al programa principal de la figura 5 a S8.

La invención ha sido descrita con la ayuda de un motor de gas, que acciona un generador. En lugar del generador se puede emplear también un equipo de disponibilidad rápida o una instalación para la generación combinada de corriente y de calor (BHKW). En este caso, el momento del generador MGen corresponde entonces al momento, que

es cedido, por ejemplo, por el equipo de disponibilidad rápida.

Lista de signos de referencia

	1	Motor de gas
	2	Árbol
5	3	Embrague
	4	Árbol
	5	Generador
	6	Válvula de estrangulación de gas
	7	Mezcladora
10	8	Compresor
	9	Refrigerador
	10	Válvula de estrangulación de la mezcla en el lado A
	11	Válvula de estrangulación de la mezcla en el lado B
	12	Tubo de recepción en el lado A
15	13	Tubo de recepción en el lado B
	14	Aparato electrónico de control del motor (GECU)
	15	Regulador de la instalación
	16	Regulador del número de revoluciones
	17	Campo característico de consumo
20	18	Cantidad de mezcla
	19	Bloque funcional
	20	Cálculo
	21	Campo característico
	22	Corrección
25	23	Corrección
	24	Cálculo
	25	Cálculo
	26	Bucle de recursión
	27	Cálculo
30	28	Campo característico del grado de actuación
	29	Filtro
	30	Cálculo
	31	Adaptación de cantidades

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la regulación de un motor de gas (1) con generador (5), en el que se calcula un momento del regulador (MR) a través de un regulador del número de revoluciones (16) a partir de una desviación de la regulación del número de revoluciones (dn), en el que se calcula una corriente volumétrica teórica (V(SL)) al menos en función del momento del regulador (MR), en el que se establece un volumen de combustible como porción de una mezcla de combustible y aire en función de la corriente volumétrica teórica (V(SL)) y en el que se calcula una presión teórica del tubo de recepción (pRR(SL)) como variable de guía para un circuito de regulación de la presión del tubo de recepción para la regulación de la presión de mezcla (pRRA, pRRB) de una mezcla de combustible y aire en el tubo de recepción (12, 13) delante de las válvulas de entrada del motor de gas (1) de la misma manera en función de la corriente volumétrica teórica (V(SL)), caracterizado porque se calcula una desviación (yS) del momento del regulador (MR) con respecto a un momento del generador (MGen) y se corrige la presión teórica del tubo de recepción (pRR(SL)) con la ayuda de la desviación (yS).
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque se corrige la presión teórica del tubo de recepción (pRR(SL)) corrigiendo sus variables de entrada a través de la desviación (yS).
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque la presión teórica del tubo de recepción (pRR(SL)) se calcula al menos a partir de una corriente volumétrica teórica corregida (Vk(SL)), una relación del aire de la combustión corregida (LAMk) y una necesidad de aire corregida (LMINK).
- 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque se calcula la corriente volumétrica teórica corregida (Vk(SL)), multiplicando la corriente volumétrica teórica (V(SL)) por el cuadrado de la desviación (yS).
- 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque la relación del aire de la combustión corregida (LAMk) se calcula al menos a partir de una relación del aire de la combustión de referencia (LAMr) y a partir de la desviación (yS), siendo calculada la relación del aire de la combustión de referencia (LAMr) a través del campo característico (21) en función del momento del regulador (MR) y del número de revoluciones real (nM(IST)) del motor de gas (1).
- 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque se calcula la necesidad de aire corregida (LMINK), calculando un primer parámetro de mezcla en función de la desviación (yS), calculando una relación del grado de actuación (ETA) a partir del primer parámetro de mezcla y a partir de un instante de encendido (ZZP), corrigiendo el primer parámetro de mezcla de forma recursiva a través de la relación del grado de actuación (ETA), colocando, con el conocimiento de un criterio de rotura, el último parámetro de mezcla calculado como parámetro de mezcla válido y multiplicando el parámetro de mezcla válido con constantes (K) y colocando el resultado como necesidad de aire corregida (LMINK).
- 7.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque el criterio de rotura se coloca cuando el procedimiento de recursión se ha realizado i-veces o cuando la diferencia de dos parámetros de mezcla calculados (xS(i), xS(it-1)) es menor que un valor límite (GW).
- 8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque se filtran los parámetros de mezcla válidos.
- 9.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque se calcula la desviación (yS), calculando un cociente del momento del regulador (MR) con respecto al momento del generador (MGen).
- 10.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque se regula una presión de mezcla del lado A (pRRA) en un tubo de recepción del lado A (12) a través de un primer circuito de regulación de la presión del tubo de recepción en función de la presión teórica del tubo de recepción (pRR(SL)) y se regula una presión de mezcla del lado B (pRRB) en un tubo de recepción del lado B (13) a través de un segundo circuito de regulación de la presión del tubo de recepción igualmente en función de la presión teórica del tubo de recepción (pRR(SL)).

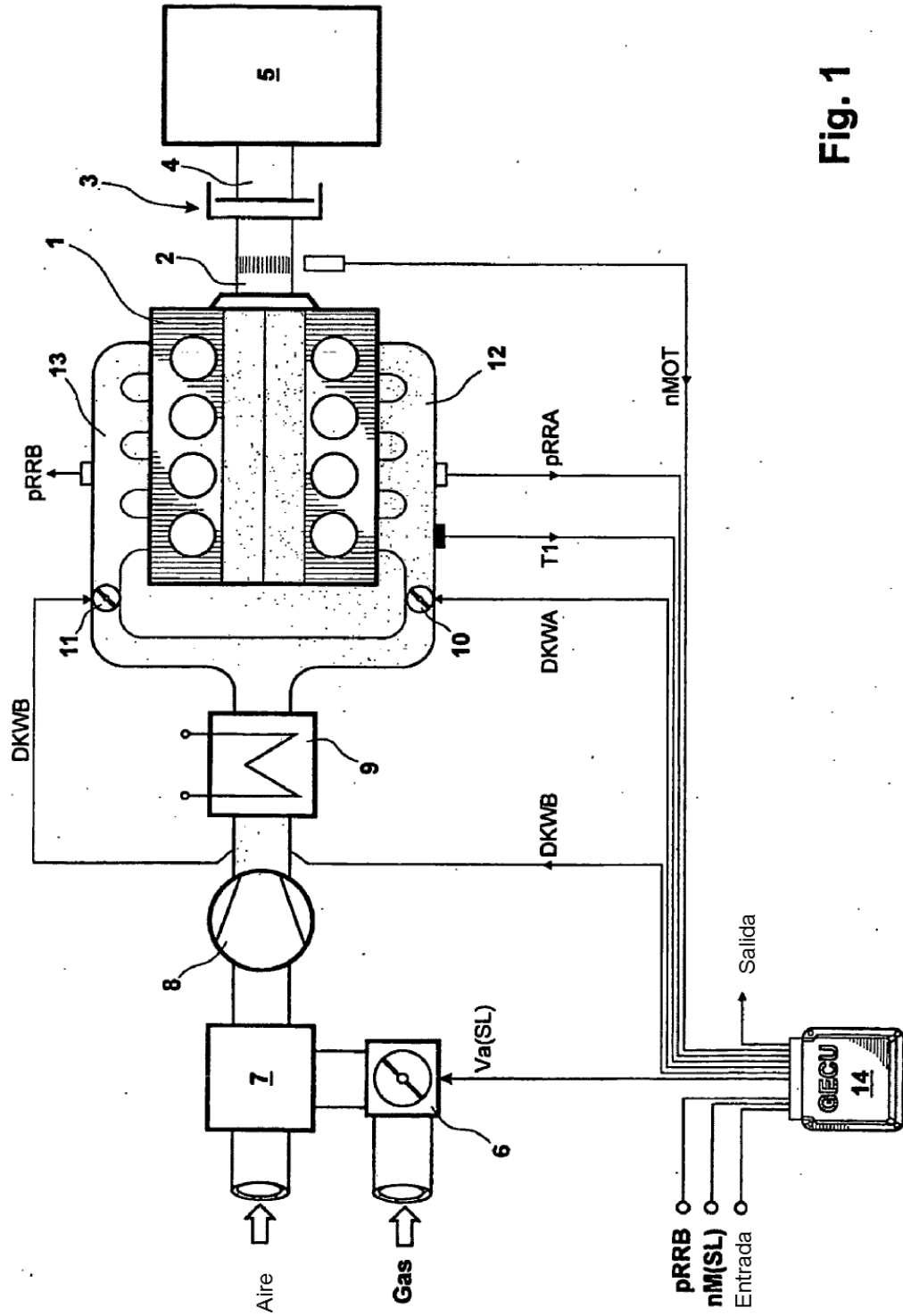


Fig. 1

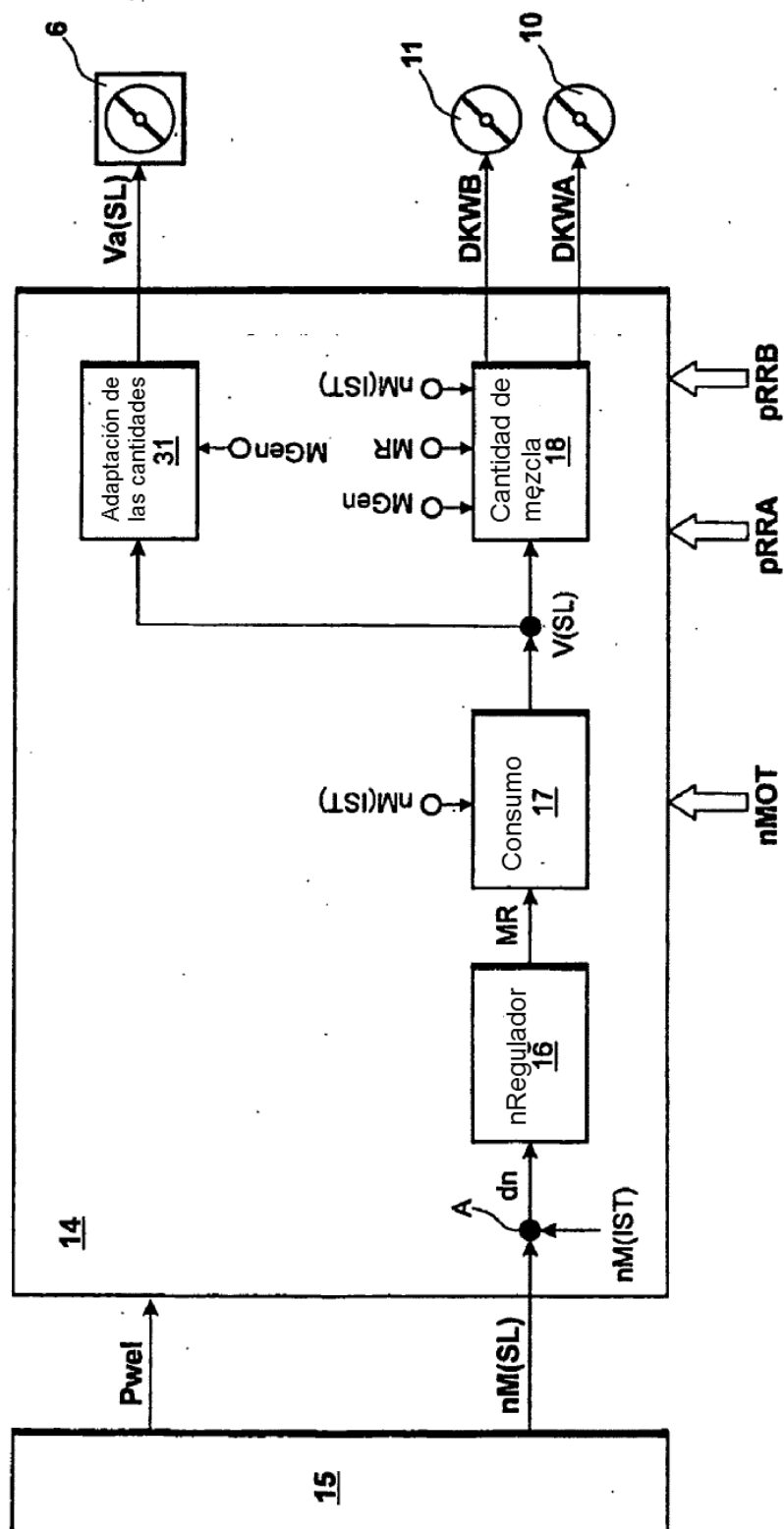


Fig. 2

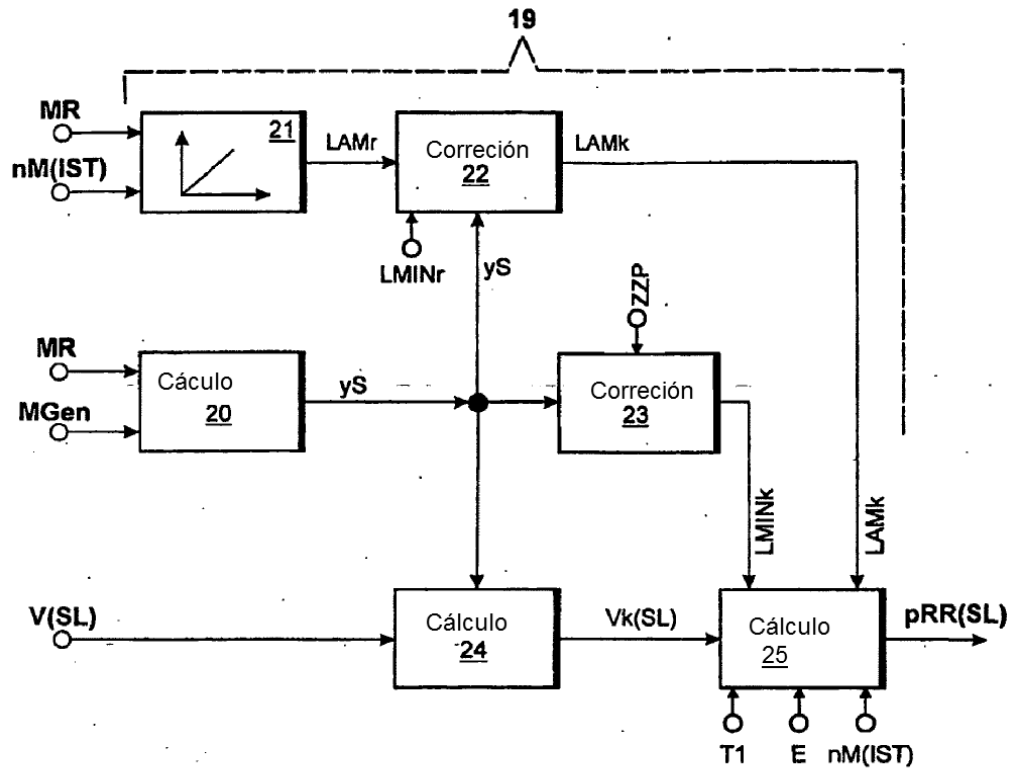


Fig. 3

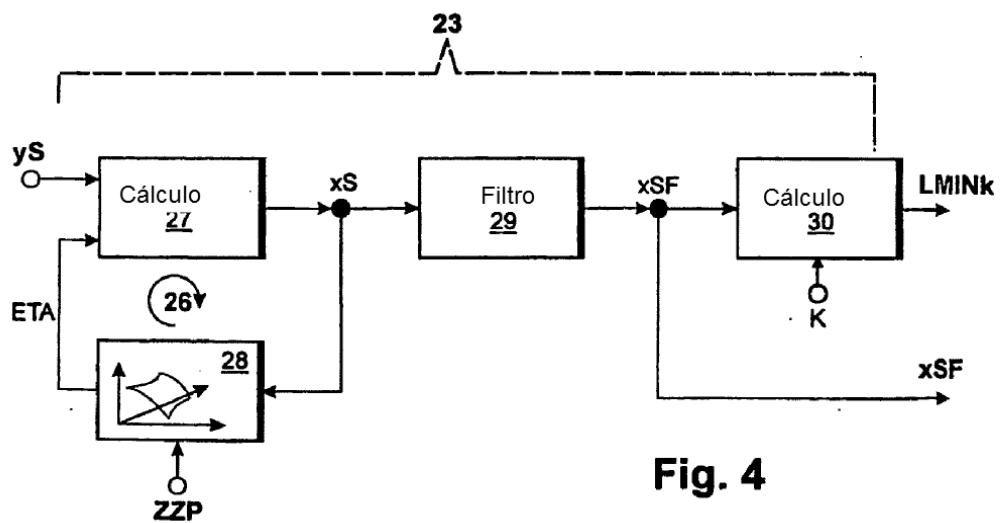


Fig. 4

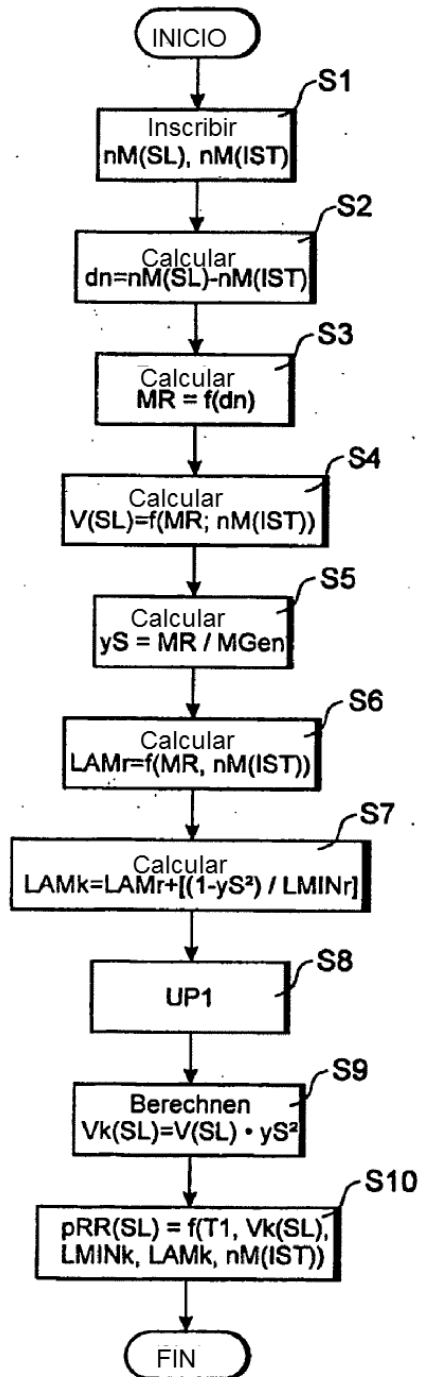


Fig. 5

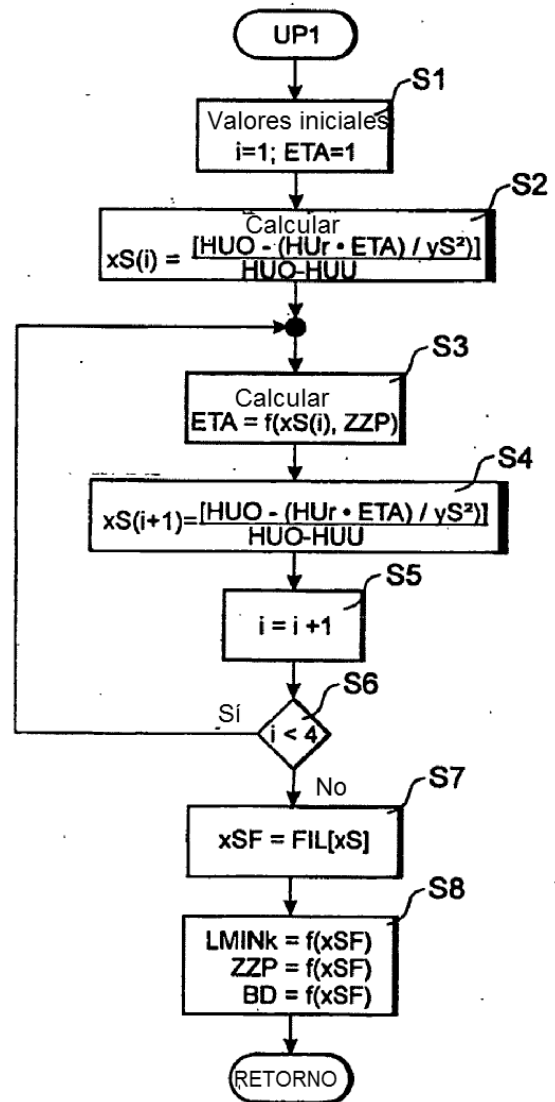


Fig. 6