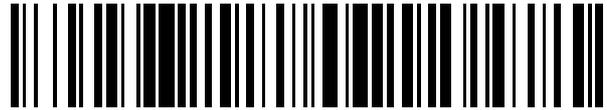


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 408 806**

51 Int. Cl.:

G01N 33/22 (2006.01)

G01F 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2011 E 11008500 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2013 EP 2450704**

54 Título: **Procedimiento para la determinación del poder calorífico de gas de combustión en sistemas de distribución de gas en particular en redes regionales o de distribución**

30 Prioridad:

05.11.2010 DE 102010050327

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

21.06.2013

73 Titular/es:

**E.ON NEW BUILD & TECHNOLOGY GMBH
(100.0%)
Alexander-von-Humboldt-Strasse 1
45896 Gelsenkirchen , DE**

72 Inventor/es:

**SCHLEY, PETER y
SCHENK, JOACHIM**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 408 806 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 determinación del poder calorífico de gas de combustión en sistemas de distribución de gas en particular en redes regionales o de distribución

5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación del poder calorífico de gas de combustión, en particular de gas natural, en sistemas de distribución de gas, en particular en redes regionales o de distribución con al menos dos puntos de alimentación, una multiplicidad de nudos de la red y varios puntos de descarga.

10 Los sistemas de distribución de gas para el suministro público de gas se diferencian en redes de transmisión, redes regionales y de distribución o redes locales. En las redes de transmisión, la presión del gas asciende normalmente a 60 bar, en las redes regionales a aproximadamente 16 bar y en las redes de distribución o locales a aproximadamente 1 bar. Los nudos de la red son puntos en el sistema de distribución de gas en los que se ramifican y/o se mezclan flujos de gas.

15 Dependiendo del yacimiento, el gas natural puede presentar un poder calorífico distinto. El gas natural con poderes caloríficos proporcionalmente bajos se denomina gas L. El gas natural con poderes caloríficos más altos como gas H.

20 La determinación del poder calorífico en redes regionales o de distribución se basa por regla general en valores de medición que el proveedor facilita para los puntos de alimentación. La hoja de trabajo de DVGW G685 de la norma técnica de DVGW - procedimiento de facturación de gas, abril de 1993 establece que el poder calorífico del cliente usado para la facturación no ha de desviarse más del 2% del poder calorífico que va a aplicarse realmente. En caso de alimentación múltiple con gas natural de distinta calidad se considera este requerimiento como cumplido, cuando
25 los valores promedio anuales ponderados en cantidad de los poderes caloríficos alimentados no se desvían más del 2% entre sí.

Hasta ahora se ha prestado atención por parte de las empresas de suministro de gas al cumplimiento de estas condiciones límite con respecto a la alimentación. Mediante la liberalización del mercado energético que tiene como consecuencia la alimentación múltiple cada vez mayor así como fuertes oscilaciones del poder calorífico, se dificulta esta práctica. Si en caso de alimentación múltiple no se cumple el requerimiento mencionado anteriormente, entonces la entidad explotadora del sistema de distribución de gas debe fijar para el periodo de facturación correspondiente el poder calorífico producido más bajo, es decir el caso más favorable para el cliente (la "mejor" facturación).

35 Además se alimenta biogás tratado cada vez más en sistemas de distribución de gas para gas natural. En el sentido de la norma del 2% mencionada, actualmente se acondiciona el biogás alimentado de manera correspondiente y se adapta en el poder calorífico con la incorporación en sistemas de distribución de gas H mediante un mezclado de propano de fuentes fósiles. Esta solución dispara los costes de inversión y funcionamiento y va en contra del objetivo del aprovechamiento de biogás como energía renovable.

La temática se ilustra mediante un ejemplo representado en la figura 1. La figura 1 muestra:

- 45 una red de transporte (T) que se hace funcionar normalmente a una presión de 60 bar
- una red regional o de distribución (R) que se hace funcionar normalmente a una presión de 16 bar y
- una red local (O) que se hace funcionar normalmente a una presión de 1 bar.

En la red regional se alimenta por dos lados. Por un lado se alimenta desde la red de transporte (T) un gas natural con el poder calorífico $H_{SE,1}$, por otro lado se alimenta un biogás con el poder calorífico $H_{SE,2}$. En cuatro puntos de descarga se entrega entonces el gas desde la red regional a las redes locales. Dado que las redes locales no están unidas entre sí, puede tomarse como base el poder calorífico del punto de descarga también para la red local secundaria. En el ejemplo representado se suministran los puntos de descarga 1 y 2 exclusivamente por el gas natural con el poder calorífico $H_{SE,1}$, es decir $H_{SA,1} = H_{SA,2} = H_{SE,1}$. El punto de descarga 4 se suministra exclusivamente por el biogás; es decir $H_{SA,4} = H_{SE,2}$. El gas en el punto de descarga 3 resulta de una mezcla de las dos alimentaciones, es decir en este caso no puede asignarse directamente a uno de los dos poderes caloríficos de alimentación. Dependiendo de las cantidades alimentadas puede desplazarse el área de esta zona de mezclado; en este caso se habla de una zona de oscilación.

60 El ejemplo representado ilustra que en caso de alimentaciones de varios gases de distintos poderes caloríficos, no en todos los casos pueden asignarse a los puntos de descarga respectivamente los poderes caloríficos de alimentación correctos. Como consecuencia no puede garantizarse una correcta facturación. Como alternativa debería medirse el poder calorífico en todos los puntos de descarga directamente, lo que estaría unido a considerables costes para la instalación y el funcionamiento de una infraestructura de aparatos medidores. A este respecto ha de considerarse que los sistemas de distribución de gas reales son por regla general claramente más
65 complejos y esencialmente tienen más puntos de descarga que en el ejemplo representado en la figura 1.

Para redes de transmisión o redes de transporte, en los últimos años han cobrado importancia cada vez más los denominados “sistemas de reconstrucción de poderes caloríficos”, con los que se calcula el poder calorífico para fines de facturación en todos los puntos de descarga de la red a base de un “cálculo de simulación” y son estado de la técnica; requerimiento de PTB 7.64: aparatos medidores para gas, aparatos medidores de poder calorífico, determinación de poderes caloríficos de facturación y otros datos de composición del gas por medio de la reconstrucción de estado. PTB, diciembre de 1999 y normas de validación de PTB, volumen 28: aparatos medidores para gas, aparatos medidores de poder calorífico, determinación de poderes caloríficos de facturación y otros datos de composición de gas por medio de reconstrucción de estado. PTB, enero de 1998.

El uso del sistema de reconstrucción de poder calorífico se describe además en Herr, Eckart *et al.*: Rechnergestützte Zuordnung von an den Einspeisepunkten eines Ferngasnetzes vorgenommenen Brennwertmessungen zu den an Übergabestationen entnommenen Gasmengen. Gwf-gas/erdgas 124 (1983), página 157-164 así como en Altfeld, K.; Bödeker, J.; Frieling, H.; Schley, P.; Uhrig, M.: Modelling of Gas Flow in Pipelines for Tracking Gas Quality. Proceedings of the International Gas Research Conference, París, 2008.

Por regla general, la red regional y de distribución, a diferencia de las redes de transmisión, no disponen de una infraestructura de medición completa. En particular no se miden por regla general las cantidades de recepción en los puntos de descarga hacia la red local (véase la figura 1). Por lo tanto no ha podido realizarse hasta ahora para redes regionales o de distribución ningún seguimiento computacional del poder calorífico con una exactitud suficientemente alta, de modo que un procedimiento de este tipo estaría reconocido por las autoridades competentes para fines de facturación.

Ciertos procedimientos estadísticos para la estimación de cantidades de consumo, dicho de manera más exacta de las cantidades de energía consumida, a base de desarrollos de perfiles de carga se conocen por la bibliografía y se usan para pronosticar la distribución de gas que se espera de determinados grupos de consumidores. También pueden usarse tales procedimientos para considerar por parte de los clientes finales el desplazamiento temporal entre el periodo de facturación y el periodo de lectura del contador. En particular, esto puede ser importante cuando el cliente ha cambiado el proveedor de gas y el contador exacto no se encuentra en el momento del cambio.

Por orden de la BGW (*Bundesverband der deutschen Gas- y Wasserwirtschaft*, Asociación Federal de la Industria Alemana de Gas y Agua) y la VKU (*Verband kommunaler Unternehmen e. V.*, Asociación de Empresas Municipales e. V.), la Universidad Técnica de Múnich ha desarrollado perfiles de carga convencionales con temperatura dirigida para el suministro de gas (Hellweg, M.: *Entwicklung und Anwendung parametrisierter Standard-Lastprofile*. Dissertation TU München, 2003). De forma resumida se publicaron los resultados de esta tesis doctoral por la BGW en “Praxisinformation P 2007/13 Gastransport/betriebswirtschaft, 1 de enero de 2007.

Mediante la función sigmoidea se representa el consumo relativo $h(\vartheta)$ dependiendo de la temperatura promedio diaria ponderada

$$h(\vartheta) = \frac{A}{1 + \left(\frac{B}{\vartheta - 40^\circ \text{C}} \right)^c} + D \quad (1)$$

Los parámetros A, B, C y D se determinaron para distintos tipos de perfil de carga (por ejemplo casa unifamiliar, casa de vecindad, corporaciones territoriales, comercio al por menor). Además, con el conocimiento de un intervalo de lectura previa (el denominado consumo periódico Q) para un cliente se determina un denominado valor del cliente KW (en kWh) que reproduce el consumo específico normalizado con respecto a una temperatura de referencia promedio del cliente. Con el conocimiento de la temperatura pronosticada que puede proporcionarse por ejemplo por el instituto meteorológico puede determinarse finalmente el consumo de energía por hora que se espera (en kWh) de un cliente o como valor total de un grupo de clientes tal como sigue

$$Q_h = KW \cdot h(\vartheta) \cdot F(d) \cdot SF(h, \vartheta) \quad (2)$$

siendo F(d) el factor día de la semana y SF(h, ϑ) el factor hora.

Basándose en un procedimiento estadístico de este tipo puede estimarse la cantidad de consumo sólo de manera aproximada.

En el contexto descrito anteriormente, el objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento con el que pueda determinarse de manera sencilla y exacta el poder calorífico de gas de combustión en puntos de descarga de sistemas de distribución de gas con al menos dos puntos de alimentación, sin que para ello deba administrarse un gran gasto para aparatos medidores adicionales.

Este objetivo se soluciona mediante un procedimiento del tipo mencionado al principio, caracterizado por que

a) se miden los poderes caloríficos ($H_{S,E}$) y cantidades (V_E) en los puntos de alimentación del sistema de distribución de gas,

b) se estiman las cantidades (V_A) en los puntos de descarga del sistema de distribución de gas a base de perfiles de carga a partir de la cantidad de energía Q_h y del poder calorífico $H_{S,A}$ de acuerdo con la ecuación

$$V_{A,i} = \frac{Q_{h,i}}{H_{SA,i}} \quad (6)$$

y se suman de acuerdo con la ecuación

$$V_A = \sum_i V_{A,i} \quad (5)$$

obteniéndose como resultado la cantidad de energía Q_h a partir de la ecuación

$$Q_h = KW \cdot h(\vartheta) \cdot F(d) \cdot SF(h, \vartheta) \quad (2)$$

y siendo KW el valor del cliente (en kWh), $h(\vartheta)$ el consumo relativo de acuerdo con la función sigmoidea, $F(d)$ el factor día de la semana y $SF(h, \vartheta)$ el factor hora,

c) se introducen los valores determinados en las etapas de procedimiento a) y b) junto con datos topológicos del sistema de distribución de gas a una unidad de valoración y se determinan computacionalmente los poderes caloríficos ($H_{S,A}$) en al menos un punto de descarga.

Con el procedimiento de acuerdo con la invención puede determinarse de manera muy exacta el poder calorífico en puntos de descarga de redes regionales o de distribución. Los valores determinados son tan exactos que pueden usarse para la facturación de gas de clientes finales.

Las fórmulas (2) y (6) pueden sustituirse por otras fórmulas adecuadas que conduzcan a resultados iguales.

A continuación se describe la determinación de las cantidades de recepción de puntos de descarga o nudos de la red individuales:

En general puede establecerse para una red de distribución o una sección de red el siguiente balance de volumen:

$$V_E = V_A + \Delta V_{red} \quad (3)$$

con
$$V_E = \sum_i V_{E,i} \quad (4)$$

y
$$V_A = \sum_i V_{A,i} \quad (5)$$

Con volumen se quiere decir en el presente documento el volumen de gas en el estado normal ($t_n = 0^\circ\text{C}$, $p_n = 1,01325 \text{ bar}$), designándose a continuación también volumen normalizado o de manera simplificada también cantidad. Toda la cantidad alimentada en la red V_E resulta de la suma de todas las cantidades alimentadas en la red $V_{E,i}$. Se parte de que todas las cantidades alimentadas se miden directamente.

Toda la cantidad descargada de la red V_A resulta de la suma de todas las cantidades descargadas $V_{A,i}$. En los puntos de descarga por regla general no se miden directamente las cantidades. En este caso, la cantidad total en un punto de descarga resulta de la suma de todas las cantidades de los consumidores finales que se suministran a través de estos nudos de la red. Para determinar las cantidades de los consumidores finales, pueden consultarse (tal como se ha descrito anteriormente) los perfiles de carga mencionados anteriormente de la Universidad Técnica de Múnich. El consumo de energía por hora determinado según la ecuación (2) puede convertirse con la ayuda del poder calorífico H_s con respecto al volumen en un volumen normalizado.

$$V_{A,i} = \frac{Q_{h,i}}{H_{SA,i}} \quad (6)$$

Dado que los poderes caloríficos exactos en los puntos de descarga inicialmente aún no se conocen, se acepta en la primera etapa para toda la red un poder calorífico promedio. Éste puede determinarse por ejemplo como valor promedio ponderado a partir de los poderes caloríficos alimentados y las cantidades de descarga.

Además debe considerarse para el establecimiento del balance de acuerdo con la ecuación (3) aún el gas almacenado en gasoductos (es decir la modificación de todo el volumen de gas que se encuentra en la red). De manera aproximada puede determinarse el volumen de gas en la red en condiciones normales tal como sigue

$$V_{red} = \frac{P}{P_n} \cdot \frac{T_n}{T} \cdot V_{Geo} \quad (7)$$

La modificación del volumen de gas ΔV_{red} puede determinarse con conocimiento de la presión de red promedio al inicio $p(t_i)$ y al final $p(t_n)$ del periodo considerado (por ejemplo en el intervalo de una hora). La presión de red promedio puede determinarse mediante mediciones de la presión en puntos representativos en la red. La temperatura puede aceptarse a este respecto como constante (por ejemplo 8°C).

$$\Delta V_{red} = V_{red}(t_i) - V_{red}(t_{(i-1)}) = (p_i - p_{(i-1)}) \cdot \frac{T_n}{p_n} \cdot \frac{V_{Geo}}{T} \quad (8)$$

Un perfeccionamiento preferente está caracterizado por que

a) se determina la presión de red promedio (p_m) mediante medición de la presión en puntos representativos en el sistema de distribución de gas y se calcula la modificación temporal de la cantidad de gas (ΔV_{red}) que se encuentra en el sistema de distribución de gas de acuerdo con la ecuación (8) y

b) en la etapa de procedimiento 1. b) se determinan las cantidades (V_A) en los puntos de descarga según el procedimiento de corrección descrito mediante la ecuación (12).

Se trata de un procedimiento de corrección para las cantidades en los puntos de descarga, que se describe a continuación:

Con la aplicación de la ecuación (3) se demuestra por regla general que el balance no da buen resultado exactamente. El motivo de esto son esencialmente las imprecisiones en la determinación de las cantidades de consumo por medio de los perfiles de carga. La influencia de las incertidumbres de medición en las cantidades de alimentación así como la influencia del gas almacenado en gasoductos son comparativamente bajas. Para la mejora de la precisión se aplica por tanto el siguiente procedimiento de corrección.

Mediante modificación de la ecuación (3) puede determinarse la cantidad total real que se descarga de la red.

$$V_A^* = V_E - \Delta V_{red} \quad (9)$$

La diferencia entre la cantidad de descarga real y la cantidad de descarga estimada se considera en el siguiente término de corrección

$$\Delta V_{cor} = V_A^* - V_A \quad (10)$$

Para determinar ahora las cantidades en los puntos de descarga individuales con la mayor exactitud posible, toda la cantidad que va a corregirse ΔV_{cor} se reparte de manera proporcional a las cantidades estimadas $V_{A,i}$ entre los puntos de descarga. Esto se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$V_{A,i}^* = \left(1 + \frac{\Delta V_{cor}}{V_{A,SLP}} \right) \cdot V_{A,i} \quad (11)$$

Mediante el uso de las ecuaciones (9) y (10) en la ecuación (11) resulta la cantidad corregida en los puntos de descarga en:

$$V_{A,i}^* = \left(1 + \frac{V_E - V_A - \Delta V_{re} d}{V_A} \right) \cdot V_{A,i} \quad (12)$$

Un perfeccionamiento ventajoso está caracterizado por que

- a) en todos los nudos de la red se determinan las proporciones de cantidad de los gases de combustión alimentados a base de un balance de materia así como los respectivos tiempos de recorrido y
- b) se realiza una asignación del poder calorífico ($H_{S,A}$) calculado en el punto de descarga a los poderes caloríficos ($H_{S,E}$) en los puntos de alimentación.

Esto es importante sobre todo con respecto a la transparencia y la posibilidad de comprobación del procedimiento descrito. Si se cuestionan por ejemplo los poderes caloríficos facturados de un cliente, entonces puede entenderse por medio del procedimiento descrito anteriormente cómo se compone el poder calorífico en el punto de descarga de los poderes caloríficos individuales de los gases de combustión en los puntos de alimentación. A este respecto puede suponerse que resulta el poder calorífico de una mezcla de los poderes caloríficos de los gases de combustión en los puntos de alimentación de manera proporcional a la proporción de cantidad. La corrección de los poderes caloríficos de los gases de combustión en los puntos de alimentación se garantiza mediante medición con aparatos medidores del poder calorífico calibrados (por regla general cromatógrafos de gases de proceso) y puede comprobarse en todo momento por los organismos competentes.

En primer lugar mediante el procedimiento de corrección descrito por medio de las ecuaciones (7) a (12) pueden determinarse las cantidades en los puntos de descarga con la calidad que es necesaria para realizar un seguimiento del poder calorífico exacto (tal como se describe a continuación).

Para la determinación de la distribución temporal y local del poder calorífico en la red se usa una denominada asignación del poder calorífico. Para la asignación del poder calorífico, se representa el poder calorífico predominante en el momento T en un nudo de la red K_i (los nudos de descarga se enumeran según esto igualmente como nudos de la red y se tratan por consiguiente de igual manera) con respecto a un determinado momento

$t\hat{H}_{S,K_i}(t)$ mediante una suma ponderada de los poderes caloríficos $\bar{H}_{S,K_i}(\hat{\tau})$ del gas alimentado en los puntos de alimentación E_i en momentos $\hat{\tau} < t$ igualmente divergentes, es decir

$$\hat{H}_{S,K_i}(t) = \sum_{i=1}^{N_E} \sum_{\hat{\tau}=1}^{\tau} x_i(\hat{\tau}) \cdot \bar{H}_{S,E_i}(\hat{\tau}), 0 \leq x_i(\hat{\tau}) \leq 1. \quad N1$$

A este respecto se parte de que en los puntos de alimentación E_i se encuentran los poderes caloríficos $\bar{H}_{S,E_i}(\hat{\tau})$ promediados durante un periodo $\Delta\tau$ (por ejemplo $\Delta\tau = 1$ h) en los momentos discretos $\hat{\tau} = 1, 2, \dots$ (este archivo es habitual en la protocolización de los poderes caloríficos en cromatógrafos de gases de proceso (PGC)).

Por tanto se busca el poder calorífico del poder calorífico $\hat{H}_{S,K_i}(t)$ que se presenta en el nudo de la red K en el momento t usando la ecuación N1.

Los pesos necesarios para la determinación del poder calorífico (de manera correspondiente a las respectivas proporciones de los gases alimentados) $x_i(\hat{\tau})$ se determinan a este respecto con ayuda de un procedimiento novedoso: para ello se realiza un seguimiento de un paquete de gas $p_K^0(t)$ afluido fuera del sistema de distribución de gas en el momento t en el nudo de la red K (por motivos de mejor legibilidad se prescinde a continuación del índice i) temporalmente hacia atrás a través del sistema de distribución de gas, hasta que haya abandonado el sistema de distribución de gas completamente por los puntos de alimentación.

Para el seguimiento hacia atrás pueden usarse las velocidades de flujo dentro de los conductos, los caudales u otros parámetros que describen la dinámica del gas en la red (mediante medición o bien mediante cálculo). Los parámetros de entrada del cálculo de simulación se mencionan a continuación

Parámetros de entrada:

- poderes caloríficos en los puntos de alimentación (medidos) H_{S,E_i}

- cantidades en los puntos de alimentación (medidas) $V_{E,i}$
- cantidades en todos los puntos de descarga (corregidas)
- presiones de conducto p
- topología de la red: datos topológicos de la red, entre otros longitudes del conducto, diámetros del conducto, rugosidad del tubo

5 Como resultado de la simulación se determinan por ejemplo las velocidades de flujo y a partir de las mismas, mediante la aplicación del procedimiento mencionado anteriormente los poderes caloríficos en todos los nudos de la red como valores promedios por hora.

10 Dado que en la aplicación de la ecuación (6) se calculó inicialmente con un poder calorífico promedio, pueden realizarse de nuevo ahora las ecuaciones (6) a (12) usando los poderes caloríficos determinados en la etapa ii). Con ello puede mejorarse la exactitud de las cantidades descargadas y finalmente la exactitud de los poderes caloríficos de las cantidades descargadas. Por regla general es suficiente una etapa de iteración adicional para conseguir la exactitud necesaria. En caso necesario pueden realizarse otras etapas de iteración para obtener un aumento adicional de la exactitud.

En la determinación de los poderes caloríficos para los respectivos puntos de descarga se diferencian cuatro casos:

- 20 a) puntos de descarga a los que puede asignarse de manera unívoca el poder calorífico de un punto de alimentación. Este caso se da para la mayoría de puntos de descarga (por regla general en más del 90%)
- b) puntos de descarga en los que puede producirse oscilaciones temporales entre dos poderes caloríficos de alimentación (zonas de oscilación)
- 25 c) puntos de descarga en los que se compone el poder calorífico de mezclas de dos (o más) poderes caloríficos de alimentación (zonas de mezcla)
- d) puntos de descarga, cuyas redes de distribución secundarias están interconectadas recíprocamente, es decir están unidas en uno o varios puntos.

30 Con respecto a a) en este caso como poderes caloríficos para el punto de descarga, es decir para fines de facturación pueden tomarse como base directamente los poderes caloríficos de alimentación (valores por hora). Correspondientemente se considera un desplazamiento temporal (diferencia del tiempo de recorrido).

35 Con respecto a b) las zonas de oscilación se identifican mediante el cálculo de simulación (inversión de la dirección de flujo). Adicionalmente se establece con la consideración de una incertidumbre del cálculo de simulación un área en la que puede producirse una zona de oscilación. Cada punto de descarga que se encuentra en este área se ajusta con el más bajo de los dos poderes caloríficos de alimentación ("la mejor facturación" – en caso de duda a favor del cliente).

40 Con respecto a c) si resulta la cantidad de recepción en un punto de descarga de la mezcla de dos flujos de gas con distintos poderes caloríficos de alimentación, entonces puede calcular el poder calorífico de mezcla a partir de la proporción de mezcla.

45 Con respecto a d) en el caso de redes interconectadas se toma como base el poder calorífico más bajo que se determinó en el correspondiente punto de descarga.

50 En la determinación de los poderes caloríficos en los puntos de descarga o de los valores de facturación se realiza para cada uno de los valores por hora individuales la clasificación en los casos a) a d) y correspondientemente se indica en el informe de resultados. A partir de los valores por hora se determina entonces el valor mensual como valor promedio ponderado en cantidad.

Otro perfeccionamiento ventajoso está caracterizado por que a) se realiza un equilibrio de balance según la ecuación (15), de modo que coincidan las cantidades de energía descargadas y alimentadas.

55 Para que el balance de energía del proveedor esté equilibrado, se realiza un equilibrio de balance de la cantidad de energía alimentada y descargada. La corrección se realiza por medio de los poderes caloríficos en los puntos de descarga. A este respecto, sin embargo, la corrección de los poderes caloríficos no debe ascender a más del 2%.

La cantidad de energía que va a corregirse resulta de

60

$$\Delta E_{cor} = \sum_i V_{E,i} \cdot H_{sE,i} - \sum_i V_{A,i} \cdot H_{sA,i} - \sum_i \Delta V_{red,i} \cdot H_{sM,i} \quad (13)$$

Los poderes caloríficos corregidos resultan de

$$H_{s,Ai}^* = \left(1 + \frac{\Delta E_{cor}}{\sum_i V_{A,i} \cdot H_{sA,i}} \right) \cdot H_{sA,i} \quad (14)$$

o mediante la introducción de la ecuación (10) en la ecuación (11) resulta

$$H_{s,Ai}^* = \left(1 + \frac{\sum_i V_{E,i} \cdot H_{sE,i} - \sum_i V_{A,i} \cdot H_{sA,i} - \sum_i \Delta V_{red,i} \cdot H_{s,m,i}}{\sum_i V_{A,i} \cdot H_{sA,i}} \right) \cdot H_{sA,i} \quad (15)$$

Otro perfeccionamiento ventajoso de la invención consiste en

- 10 a) en la etapa de procedimiento 1.b) se miden las cantidades de consumidores individuales con respecto a los distintos tipos de perfil de carga por medio de contadores de gas con teletransmisión de datos electrónica y por consiguiente se determinan de nuevo regularmente los coeficientes A, B, C, D de la ecuación (1).

15 La invención se explica en más detalle a continuación por medio de un ejemplo de realización preferente de formas de realización del procedimiento de acuerdo con la invención en relación con el dibujo.

El dibujo muestra en

20 la figura 1 un sistema de distribución de gas según el estado de la técnica en una representación esquemática;

la figura 2 en un diagrama la comparación de las cantidades de descarga determinadas mediante perfiles de carga convencionales (corregidas / no corregidas) con valores medidos, determinándose los valores corregidos según la ecuación (8).

25 La figura 3 un diagrama de bloques esquemático para representar el procedimiento de acuerdo con la invención.

30 Por medio de la figura 2 se ilustra el procedimiento según la reivindicación 2. En el ejemplo de un nudo de descarga se comparan en este caso las cantidades determinadas por medio de perfiles de carga (no corregidas / corregidas) con valores de medición. La comparación muestra que el procedimiento de corrección descrito conduce a una mejora considerable.

35 En caso de consumidores finales mayores, por ejemplo explotaciones industriales o empresas comerciales, se miden las cantidades parcialmente también con contadores de gas con teletransmisión de datos electrónica. Si está a disposición esta información, entonces puede clasificarse la cantidad V_A en cantidades que se miden por medio de contadores y cantidades que se estiman mediante perfiles de carga. Mediante la consideración de esta información puede mejorarse adicionalmente la exactitud del procedimiento de corrección descrito.

40 La figura 3 muestra los flujos de datos del procedimiento. Se representan los parámetros que van a calcularse y las ecuaciones usadas. Los parámetros de entrada y salida de las respectivas etapas de procedimiento se representan mediante flechas.

Símbolos de fórmula

E	energía en kWh
45 H_s	poder calorífico en kWh/m ³
p	presión en bar
T	temperatura absoluta en K
θ	temperatura relativa en °C
V	volumen en m ³
50 t	momento actualmente considerado, normalizado
τ	momento discrecional, normalizado
A	coeficiente sigmoideo en kWh
B	coeficiente sigmoideo en °C
C	coeficiente sigmoideo, sin unidad
55 D	coeficiente sigmoideo en kWh

Índices

A	Descarga
E	alimentación
5 K	nudo de la red considerado (incluyendo conjuntamente también nudos de descarga)
i	índice de nudos de la red
n	condiciones normales ($T_n = 273,15$ K, $p_n = 1,01325$ bar)
m	valor promedio

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación del poder calorífico de gas de combustión, en particular de gas natural, en sistemas de distribución de gas, en particular en redes regionales o de distribución con al menos dos puntos de alimentación, una multiplicidad de nudos de la red y varios puntos de descarga,

caracterizado por que

a) se miden los poderes caloríficos ($H_{S,E}$) y cantidades (V_E) en los puntos de alimentación del sistema de distribución de gas,

b) se estiman las cantidades (V_A) en los puntos de descarga del sistema de distribución de gas a base de perfiles de carga a partir de la cantidad de energía Q_h y del poder calorífico $H_{S,A}$ de acuerdo con la ecuación

$$V_{A,i} = \frac{Q_{h,i}}{H_{sA,i}} \quad (6)$$

y se suman de acuerdo con la ecuación

$$V_A = \sum_i V_{A,i} \quad (5)$$

obteniéndose como resultado la cantidad de energía Q_h de la ecuación

$$Q_h = KW \cdot h(\vartheta) \cdot F(d) \cdot SF(h, \vartheta) \quad (2)$$

y siendo KW el valor del cliente (en kWh), $h(\vartheta)$ el consumo relativo de acuerdo con la función sigmoidea, $F(d)$ el factor día de la semana y $SF(h, \vartheta)$ el factor hora,

c) se introducen los valores determinados en las etapas de procedimiento a) y b) junto con datos topológicos del sistema de distribución de gas a una unidad de valoración y se determinan computacionalmente los poderes caloríficos ($H_{S,A}$) en al menos un punto de descarga.

2. Procedimiento según la reivindicación 1,

caracterizado por que

a) se determinan en todos los nudos de la red las proporciones de cantidad de los gases de combustión alimentados a base de un balance de materia así como los correspondientes tiempos de recorrido y

b) se realiza una asignación del poder calorífico calculado en el punto de descarga ($H_{S,A}$) a los poderes caloríficos ($H_{S,E}$) en los puntos de alimentación.

3. Procedimiento según la reivindicación 2,

caracterizado por que

en la etapa de procedimiento 2 b) el poder calorífico que se presenta en el momento t en los nudos de red se determina a base de las proporciones $X_i(\hat{\tau})$ de los poderes caloríficos $\bar{H}_{S,E}(\hat{\tau})$ que se presentan en los

momentos $\hat{\tau} < t$ en los puntos de alimentación, realizándose un seguimiento de un paquete de gas afluído fuera del sistema de distribución de gas temporalmente hacia atrás a través del sistema de distribución de gas hasta que éste haya abandonado el sistema de distribución de gas completamente a través de los puntos de alimentación E_i .

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3,

caracterizado por que

a) se determina la presión de red promedio (p_m) mediante medición de la presión en puntos representativos en el sistema de distribución de gas y se calcula la modificación temporal de la cantidad de gas (ΔV_{red}) que se encuentra en el sistema de distribución de gas de acuerdo con la ecuación (8) y

b) en la etapa de procedimiento 1. b) se determinan las cantidades (V_A) en los puntos de descarga según el procedimiento de corrección descrito mediante la ecuación (12).

5. Procedimiento según la reivindicación 4,

caracterizado por que

a) se realiza un equilibrio de balance según la ecuación (15), de modo que coincidan las cantidades de energía descargadas y alimentadas.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5,

caracterizado por que

a) en la etapa de procedimiento 1. b) se miden las cantidades de consumidores individuales con respecto a los

distintos tipos de perfil de carga por medio de contadores de gas con teletransmisión de datos electrónica y por consiguiente se determinan de nuevo regularmente los coeficientes A, B, C, D de la ecuación (1).

Fig. 1

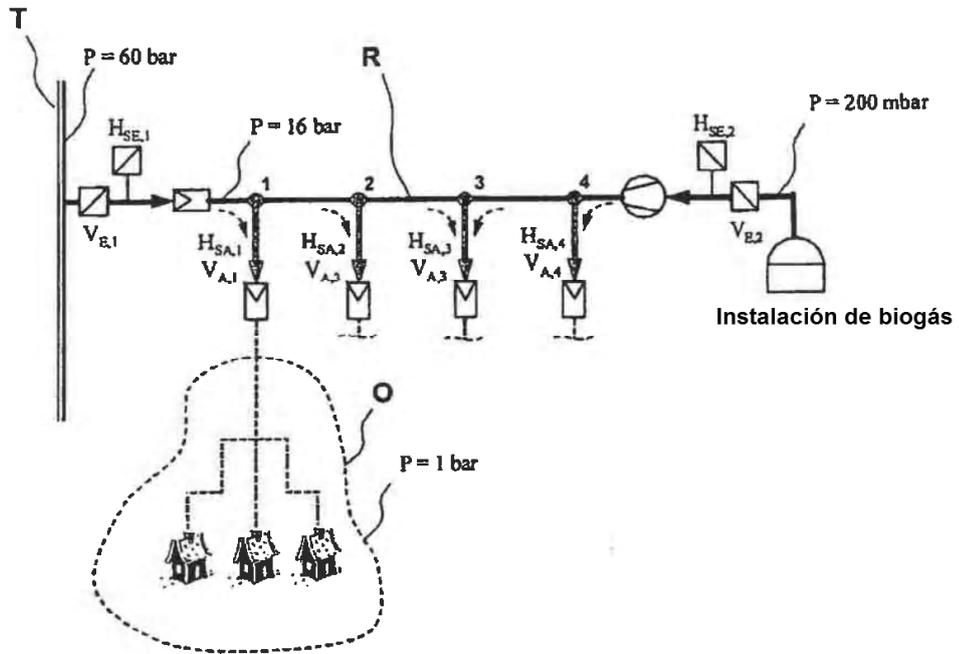


Fig 2

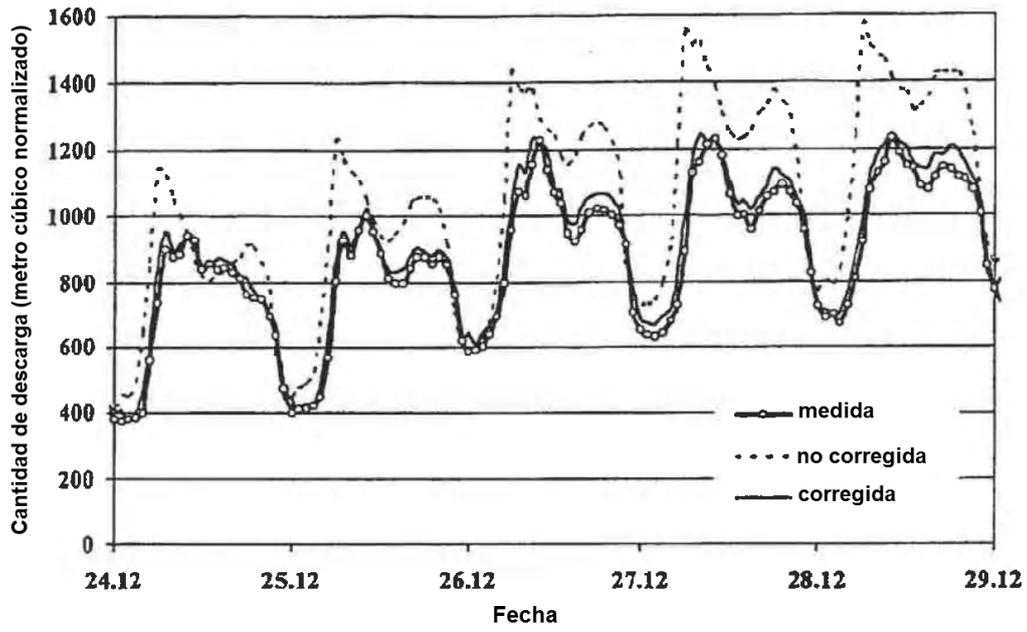


Fig. 3

