

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 181**

51 Int. Cl.:

G01F 23/00 (2006.01)

G01F 23/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2017** **E 17305193 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019** **EP 3367075**

54 Título: **Sonda de combustible de condensador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.07.2020

73 Titular/es:

ZODIAC AEROTECHNICS (100.0%)
61, rue Pierre Curie
78370 Plaisir, FR

72 Inventor/es:

SOUQUES, STÉPHANE y
LAVAZAIS, THOMAS

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 773 181 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

Sonda de combustible de condensador

5 **Sector de la técnica**

La invención se refiere a una sonda de combustible de condensador, en concreto para aeronaves, y a un proceso para fabricar dicha sonda de combustible de condensador.

10 **Estado de la técnica**

Las sondas de combustible para aeronaves normalmente se componen de dos tubos concéntricos eléctricamente conductores que forman un condensador. El valor del condensador varía entonces en función de la altura del combustible existente entre los tubos, de modo que medir el valor del condensador permite inferir un valor para el nivel de combustible. La ecuación para calcular el nivel de combustible H es $H=(C-C_e)/(\alpha \cdot (K-1))$, donde C es el valor del condensador medido, C_e es el valor del condensador correspondiente a la ausencia de combustible entre los tubos del condensador, el índice e indica que el condensador está vacío, es decir, sin combustible, α es una constante específica que depende solo de la geometría y las características de fabricación de la sonda, y K es la constante dieléctrica del combustible. La constante dieléctrica K del combustible se define como $K=\epsilon/\epsilon_0$, donde ϵ y ϵ_0 son los valores de permitividad dieléctrica del combustible y del vacío, respectivamente.

Sin embargo, dicha sonda de combustible de condensador tiene los siguientes inconvenientes cuando se implementa en el tanque de combustible de una aeronave:

25 - el combustible dentro del tanque puede experimentar gradientes de temperatura considerables, lo que hace que el valor local de la constante dieléctrica del combustible varíe a través del tanque, en concreto a lo largo de la sonda de combustible de condensador. Esto da como resultado un error para el nivel de combustible H que se calcula a partir del valor medido del condensador, y dicho error puede ser considerable; y

30 - el combustible utilizado para llenar el tanque de combustible de una aeronave en un aeropuerto puede ser diferente en tipo de combustible al de una cantidad de combustible que permaneció dentro del tanque antes de repostar. En concreto, el combustible de llenado y el combustible restante pueden tener diferentes valores de densidad y diferentes valores de constante dieléctrica. Debido a la gravedad, el combustible de llenado y el combustible restante no se mezclan sino que se quedan uno sobre el otro, de modo que el valor de la constante dieléctrica del combustible varía a lo largo de la sonda de combustible de condensador después de que se haya completado el llenado. Esto también da como resultado un error para el nivel de combustible que se calcula. Este último error se vuelve aún más considerable si se usan combustibles de fuentes especiales, como ésteres hidroprocesados y ácidos grasos o combustible obtenido del carbón utilizando el catalizador Fischer-Tropsch, en lugar de combustible obtenido de la refinación de petróleo crudo.

40 Las consecuencias de dichos errores en el nivel de combustible calculado pueden ser cambios en la información de cantidad de combustible que se muestra en los instrumentos de la cabina y que pueden confundir al piloto. Otras consecuencias pueden ser una falsa alarma activada por las funciones de control de la cantidad de combustible, el derrame de combustible al repostar, la transferencia de combustible erróneo entre tanques separados a bordo de la aeronave, etc.

En general, los errores en el nivel de combustible calculado limitan la precisión que se puede garantizar para una aplicación determinada. Típicamente, el estándar ARINC 611-1 requiere una imprecisión máxima del 1% de escala completa. El estado de la técnica muestra que es difícil cumplir este requisito con los sistemas existentes actualmente, y que se requiere una complejidad considerable de hardware.

55 Para mejorar la determinación del nivel de combustible de las sondas de combustible de condensador, se ha propuesto utilizar sondas que están sumergidas en el combustible para determinar el valor real de la constante dieléctrica del combustible, y entonces combinar el valor así obtenido para la constante dieléctrica del combustible con un valor de condensador medido desde una sonda de combustible de condensador que está parcialmente sumergida. Pero esto aún no es satisfactorio aunque mejora la precisión de la determinación del nivel de combustible, porque el condensador utilizado para determinar el valor de la constante dieléctrica del combustible y el que se utiliza para el cálculo del nivel de combustible se relacionan con ubicaciones separadas entre sí. Y pueden existir gradientes de temperatura horizontales dentro del tanque de combustible de la aeronave, en concreto debido a la radiación solar que incide en el ala de la aeronave en la que se encuentra el tanque de combustible. Además, dichas implementaciones requieren algoritmos complejos para determinar si cada sonda de combustible que se utiliza para obtener la constante dieléctrica del combustible está sumergida o no, y presenta una fiabilidad limitada.

65 Según otro intento de mejorar la precisión de la determinación del nivel de combustible basada en sondas de condensador, se ha propuesto dedicar un pequeño segmento de condensador que se encuentra en la parte inferior

de la sonda, y que tiene una longitud conocida, para determinar el valor de la constante dieléctrica del combustible. Pero esto no es eficiente para tener en cuenta un gradiente vertical que posiblemente exista y que cause una variación en el valor de la constante dieléctrica del combustible a lo largo de la sonda de combustible de condensador.

5 Después, el documento US 3,283,577 propone una sonda de combustible de condensador segmentada que está adaptada para permitir la determinación del valor de la constante dieléctrica del combustible a diferentes alturas a lo largo de la sonda. Para este fin, las unidades de medición se proporcionan por separado de los segmentos del condensador. Esto permite tener en cuenta valores de la constante dieléctrica que son más precisos al calcular el nivel de combustible. Pero dicho sistema es complejo, e incluye numerosos componentes que contribuyen a aumentar el peso y el coste general. El documento JP 2010 210269 describe también una sonda de combustible de condensador segmentada similar.

15 A partir de esta situación, un objeto de la presente invención consiste en proporcionar una nueva sonda de combustible de condensador que permita una determinación más precisa del nivel de combustible. En concreto, la invención tiene como objetivo tener en cuenta las variaciones en el valor de la constante dieléctrica del combustible que pueden existir a lo largo de la sonda, al determinar el nivel de combustible.

20 Un objeto adicional es limitar el número de componentes que es necesario agregar, en comparación con los sistemas existentes.

Objeto de la invención

25 Para cumplir con estos objetos u otros, un primer aspecto de la presente invención propone una sonda de combustible de condensador que está destinada a medir un nivel de combustible a lo largo de un eje de la sonda cuando un valor de la constante dieléctrica del combustible está comprendido entre un límite K_{\min} mínimo y un límite K_{\max} máximo, estos límites mínimos y máximos que se prescriben para la sonda de combustible de condensador.

30 La sonda de combustible de condensador comprende una serie de N segmentos de condensador separados que se superponen entre sí a lo largo del eje de la sonda, siendo N un número entero superior a 5. Cada segmento del condensador se extiende desde un valor de altura inferior a un valor de altura superior a lo largo del eje de la sonda, y el valor de altura superior de uno cualquiera de los segmentos de condensador corresponde al valor de altura inferior del siguiente segmento del condensador cuando se mueve desde el segmento del condensador más bajo al más alto.

35 Según una primera característica de la invención, la sonda de combustible de condensador está además diseñada para que uno cualquiera de los tres segmentos sucesivos de los segmentos del condensador esté aislados eléctricamente entre sí. Después, cada segmento del condensador se asigna a uno de al menos tres conjuntos repitiendo una única y misma secuencia ordenada de los conjuntos mientras se mueve desde el segmento más bajo del condensador al más alto según un orden de superposición a lo largo del eje de la sonda. Todos los segmentos de condensadores dentro de cada conjunto están conectados eléctricamente según una disposición de conexión en paralelo por separado de los otros conjuntos.

45 Una segunda característica de la invención se aplica cuando se numeran progresivamente todos los segmentos del condensador con un índice n entero desde el segmento del condensador más bajo hasta el más alto a lo largo del eje de la sonda, y h_n indica el valor de altura superior del $n^{\text{ésimo}}$ segmento del condensador. Se cumple la siguiente condición:

$$h_{n-1} < h_n \cdot (K_{\min} - 1) / (K_{\max} - 1),$$

50 para cualquier valor n de 2 a N.

Dicha sonda de combustible de condensador puede adaptarse para funcionar dentro de un tanque de combustible de una aeronave.

55 En realizaciones preferidas de la invención, al menos una de las siguientes características adicionales puede implementarse de manera ventajosa, independientemente una de otra o en combinación de varias de ellas:

- 60 - el número N de segmentos del condensador puede ser superior a 8, preferiblemente igual a 9 y/o inferior a 16;
- el número de conjuntos en los que los segmentos del condensador están conectados en paralelo dentro de cada conjunto por separado de los otros conjuntos, puede ser 3;
- 65 - el límite K_{\min} mínimo para la constante dieléctrica del combustible puede estar comprendido entre 1,90 y 2,06;

- el límite K_{max} máximo para la constante dieléctrica del combustible puede estar comprendido entre 2,19 y 2,35;

- los valores de longitud respectivos de todos los segmentos del condensador pueden aumentar con los valores n progresivamente a lo largo de la sonda de combustible de condensador; y

5 - los valores de altura superior de los segmentos del condensador pueden ser iguales a $h_1 \cdot r^{(n-1)}$, donde h_1 es el valor de altura superior del segmento del condensador más bajo correspondiente a $n=1$, y r es una velocidad de progresión geométrica superior a $(K_{max}-1)/(K_{min}-1)$ y preferiblemente menor de 2.

10 En concreto, el rango de $K_{min}=1,98$ a $K_{max}=2,27$ contiene todos los valores posibles para la constante K dieléctrica del combustible cuando la temperatura del combustible está entre -55°C y $+70^\circ\text{C}$ y el combustible es uno de entre los tipos JET principales, incluyendo JETA/A1, JP4, JP5, JP7, JP8 y TS1.

15 Generalmente para la invención, la sonda de combustible de condensador puede comprender además al menos una unidad de medición de condensador y una disposición de conexión adecuada para conectar eléctricamente la unidad de medición de condensador a uno cualquiera de los conjuntos de segmentos del condensador. De esta manera, la unidad de medición de condensador puede proporcionar un valor de condensador medido para uno cualquiera de los conjuntos de segmentos del condensador.

20 Un segundo aspecto de la invención proporciona un proceso para fabricar una sonda de combustible de condensador que se dedica a medir un nivel de combustible a lo largo de un eje de la sonda, proceso que comprende las siguientes etapas:

/0/ establecer una longitud total H_{max} de la sonda de combustible de condensador;

25 /1/ Dar por hecho que un valor de la constante dieléctrica del combustible está comprendido entre un límite K_{min} mínimo y un límite K_{max} máximo, que se prescriben para la sonda de combustible de condensador;

30 /2/ determinar los valores de altura superior respectivos para una serie de N segmentos del condensador, siendo N un número entero superior a 5;

35 en donde todos los segmentos del condensador están numerados progresivamente con un índice n entero desde el segmento del condensador más bajo hasta el segmento del condensador más alto a lo largo del eje de la sonda, y h_n que indica el valor de altura superior del $n^{\text{ésimo}}$ segmento del condensador, se cumple la siguiente condición:

$$h_{n-1} < h_n - (K_{min} - 1)/(K_{max} - 1),$$

para cualquier valor n de 2 a N ;

40 /3/ producir la sonda de combustible de condensador de modo que los N segmentos del condensador se superpongan entre sí a lo largo del eje de la sonda;

45 /4/ distribuir los N segmentos del condensador entre al menos tres conjuntos repitiendo una única y misma secuencia ordenada de los conjuntos mientras se mueve desde uno de los segmentos de condensador más bajo a uno más alto a lo largo del eje de la sonda, y conectando eléctricamente todos los segmentos del condensador dentro de cada conjunto según una disposición de conexión en paralelo por separado de los otros conjuntos; y

50 /5/ opcionalmente, fijar la sonda de combustible de condensador dentro del tanque de combustible de una aeronave.

55 Las etapas /2/ a /4/ se realizan de modo que la sonda de combustible de condensador que está así diseñada y fabricada cumple con el primer aspecto de la invención, posiblemente incluyendo las características opcionales de las realizaciones preferidas, con el límite K_{min} mínimo y el límite K_{max} máximo para el valor de la constante dieléctrica del combustible según lo prescrito en la etapa /1/.

60 Posiblemente, el diseño de la sonda de combustible de condensador puede tener en cuenta otras incertidumbres además de las relacionadas con el conocimiento del rango de la constante dieléctrica del combustible. En concreto, los valores de altura superior de los segmentos del condensador pueden determinarse en la etapa /2/ de modo que el primer valor del condensador indique que el nivel de combustible cruza el $n^{\text{ésimo}}$ segmento del condensador para al menos un valor de la constante dieléctrica del combustible comprendido entre el límite K_{min} mínimo y el límite K_{max} máximo, asegura que el segmento del condensador $(n-2)^{\text{ésimo}}$ está completamente sumergido en el combustible, independientemente del valor de la constante dieléctrica entre el límite K_{min} mínimo y el límite K_{max} máximo, para n de 3 a N , y también cualquier valor de error seleccionado de errores de fabricación relacionados con las longitudes

de los segmentos del condensador, errores de posicionamiento relacionados con una etapa de montaje de la sonda de combustible de condensador y errores de medición relacionados con los valores del condensador medidos con respecto a los valores reales del condensador, cada uno de estos valores de error que está comprendido entre los límites mínimos y máximos adicionales respectivos que se prescriben para la sonda de combustible de condensador.

5 Finalmente, un tercer aspecto de la invención propone un equipo de tanque de combustible para aeronaves, que comprende un tanque de combustible y al menos una sonda de combustible de condensador que es conforme al primer aspecto de la invención, y se fija dentro del tanque de combustible.

10 Estas y otras características de la invención se describirán ahora con referencia a las figuras adjuntas, que se refieren a realizaciones preferidas pero no limitantes de la invención.

Descripción de las figuras

15 La figura 1 es una vista en perspectiva de una sonda de combustible de condensador según la invención;

La figura 2 ilustra un tanque de combustible de aeronave conforme a la invención;

20 La figura 3 es una tabla que muestra valores posibles para dos sondas de combustible de condensador conforme a la figura 1; y

Las figuras 4 y 5 son diagramas que muestran errores existentes en los valores de nivel de combustible que se calculan usando una sonda de combustible de condensador según la figura 3, para dos distribuciones de constante dieléctrica de combustible diferentes.

25 Para mayor claridad, los tamaños de los elementos que aparecen en las figuras 1 y 2 no se corresponden con las dimensiones o las relaciones de dimensión reales. Además, los mismos números de referencia o signos que se indican en las diferentes de estas figuras indican elementos idénticos de elementos con función idéntica.

30 Descripción detallada de la invención

Según la figura 1, una sonda 100 de combustible de condensador conforme a la invención comprende 9 segmentos de condensador, como ejemplo. Haciendo referencia a las notaciones utilizadas en la parte general de la descripción de la invención: $N=9$. Los segmentos del condensador se apilan a lo largo del eje X-X de la sonda, y están etiquetados con números de referencia del 1 al 9, comenzando por el más bajo en un extremo de la sonda 100 considerado como el extremo más bajo. Estos números de referencia para los segmentos del condensador corresponden al índice n implicado en la parte general de esta descripción. Todos los segmentos 1-9 del condensador pueden ser cilíndricos alrededor del eje X-X de la sonda, con una única y misma área de base perpendicular al eje X-X. Cualquiera de dos próximos de los segmentos 1-9 del condensador están preferiblemente lo más cerca posible el uno del otro, mientras que están aislados eléctricamente uno del otro. El valor de altura superior del segmento n del condensador medido en paralelo al eje X-X, desde el borde inferior del segmento 1 del condensador, se indica como h_n , variando n de 1 a N . Se da por supuesto que el valor de altura inferior del segmento del condensador $(n+1)^{\text{ésimo}}$ casi es igual al valor de altura superior h_n .

45 El cilindro con el número de referencia 10 es un electrodo continuo interno común a todos los segmentos 1-9 del condensador. Cada uno de los segmentos 1-9 del condensador, que tiene un valor n de índice, forma un condensador respectivo junto con el electrodo 10 común, produciendo así un valor C_n del condensador que depende del combustible llenando parcial o totalmente el espacio entre este segmento n del condensador y el electrodo 10 común. En configuraciones alternativas posibles para la sonda 100, el electrodo 10 común continuo puede estar dispuesto externamente alrededor de la serie de los segmentos 1-9 del condensador.

50 Los segmentos 1, 4, y 7 del condensador forman un primer conjunto etiquetado como A. Están conectados eléctricamente en paralelo, y una primera unidad MU_A de medición de condensador está dedicada a medir el valor C_A del condensador del conjunto A. Este valor del condensador es $C_A=C_1+C_4+C_7$.

55 Los segmentos 2, 5, y 8 del condensador forman un segundo conjunto etiquetado como B. También están conectados eléctricamente en paralelo, y una segunda unidad MU_B de medición de condensador está dedicada a medir el valor C_B del condensador del conjunto B: $C_B=C_2+C_5+C_8$.

60 Los segmentos 3, 6 y 9 del condensador forman un tercer conjunto etiquetado como C. También están conectados eléctricamente en paralelo, y una tercera unidad MU_C de medición de condensador está dedicada a medir el valor del condensador C_C del conjunto C: $C_C=C_3+C_6+C_9$.

65 La letra mayúscula que se indica en la figura 1 en cada segmento 1-9 del condensador se refiere al conjunto que contiene este segmento del condensador.

- Las realizaciones para cada unidad de medida de condensador son bien conocidas en la técnica y están ampliamente difundidas, por lo que es de utilidad describirlas aquí. Posiblemente, las tres unidades MU_A, MU_B y MU_C de medida separadas pueden reemplazarse por una sola. Entonces se combina con una disposición de conexión eléctrica variable que se puede controlar para conectar de manera alternativa la unidad de medición del condensador única a cada uno de los conjuntos A, B y C, para medir sucesivamente los valores C_A, C_B y C_C del condensador.
- El valor total del condensador para toda la sonda 100 de combustible de condensador es $C=C_A+C_B+C_C$. Corresponde a todos los segmentos 1-9 del condensador que están conectados virtualmente en paralelo. En ausencia de combustible, es decir, estando solo presente el aire entre cada uno de los segmentos 1-9 del condensador y el electrodo 10 común, $C_A=C_{eA}$, $C_B=C_{eB}$, $C_C=C_{eC}$ y $C=C_e=C_{eA}+C_{eB}+C_{eC}$. El índice e en estas notaciones indica que el segmento del condensador correspondiente está vacío, es decir, sin combustible.
- H indica la altura de un nivel de combustible existente entre el borde superior del segmento 9 del condensador y el borde inferior del segmento 1 del condensador. H, por tanto, se mide a lo largo del eje X-X de la sonda, desde el borde inferior del segmento del condensador inferior, este último correspondiente a n=1. Por lo tanto, H=0 se refiere al nivel de combustible que se encuentra en el borde inferior del segmento 1 del condensador y H=h₉ se refiere al nivel de combustible que se encuentra en el borde superior del segmento 9 del condensador.
- La medición del valor C del condensador, llamado primer valor del condensador en la parte general de esta descripción, lleva a la siguiente estimación bruta del nivel de combustible: $H=(C-C_e)/(\alpha \cdot (K-1))$, donde α ya se ha definido y K es un valor aproximado para la constante dieléctrica del combustible, que puede ser cualquier valor comprendido entre un límite K_{min} mínimo predeterminado y un límite K_{max} máximo predeterminado. Este valor H está ubicado dentro de uno de los segmentos 1-9 del condensador, es decir, está comprendido entre los valores de altura superior de dos segmentos sucesivos de los segmentos del condensador. En el ejemplo representado en la figura 1, el nivel H de combustible se encuentra en el segmento 8 del condensador, correspondiente a que H está comprendido entre h₇ y h₈.
- El principio de diseño de la sonda de combustible de la invención consiste en garantizar que el segmento n-2 del condensador esté completamente sumergido cuando el nivel H de combustible se encuentra en el segmento n del condensador, para n mayor de 3. Para el ejemplo representado en la figura 1, el segmento 6 del condensador debe estar completamente sumergido.
- Para un único y mismo valor del primer condensador C que se obtiene como resultado de la medición, el nivel H_{max} máximo de combustible corresponde a la constante dieléctrica del combustible que se supone es K_{min}, y el nivel H_{min} mínimo de combustible corresponde a la constante dieléctrica del combustible que se supone es K_{max}. Esto se expresa como: $C=C_e+\alpha \cdot (K_{min}-1) \cdot H_{max}=C_e+\alpha \cdot (K_{max}-1) \cdot H_{min}$.
- Entonces, la invención establece que cuando H_{max}=h_n, entonces H_{min}>h_{n-1}, que se expresa como $h_{n-1}<h_n \cdot (K_{min}-1)/(K_{max}-1)$.
- La longitud total de la sonda 100 se fija al principio. Corresponde al valor h₉ de altura superior. Entonces, la desigualdad precedente proporciona un valor máximo para el valor h₈ de altura superior del segmento 8 del condensador a partir del valor h₉, y lo mismo se aplica para obtener un valor máximo para el valor h₇ de altura superior del segmento 7 del condensador a partir del valor h₈, etc., hasta un valor máximo para el valor h₁ de altura superior del segmento 1 del condensador desde el valor h₂.
- En concreto, los valores h₁-h₉ de altura superior que se determinan de esta manera pueden formar una progresión geométrica con velocidad r e índice n, como $h_n=h_1 \cdot r^{(n-1)}$, siendo la velocidad r mayor que el valor de la relación $(K_{max}-1)/(K_{min}-1)$. En dichas realizaciones o tipo de progresión geométrica, las longitudes individuales (h_n-h_{n-1}) de los segmentos del condensador aumentan con el valor n.
- Por ejemplo, K_{min} puede ser 2,03 y K_{max} puede ser 2,23. Esto corresponde al combustible JET-A1 para valores de temperatura en el rango de -30°C a 50°C como se informa en el estándar ARINC 611-1. Entonces, la relación $(K_{max}-1)/(K_{min}-1)$ es igual a 1,194. Por lo tanto, los valores h_n sucesivos deben cumplir la condición $h_n/h_{n-1}>1,194$. La tabla en la figura 3 muestra los valores de h_n para dos ejemplos de realización de la invención, ambos correspondientes a estos valores para K_{min} y K_{max}, N=9, una longitud h₉ total de la sonda 100 igual a 561mm (milímetros). α puede ser igual a 0,185pF/mm (picofaradios por milímetro), lo que lleva a C=106,9pF (picofaradios) cuando K=K_{min}.
- Después de que se hayan determinado los valores de altura superior respectivos de todos los segmentos del condensador tal como se acaba de explicar, se puede producir la sonda 100. Por ejemplo, se pueden proporcionar dos cilindros huecos de material eléctricamente aislante y cubrirlos con pintura eléctricamente conductora en la superficie externa para el cilindro con el diámetro más pequeño, y en la superficie interna para el cilindro con el diámetro más grande. El cilindro con el diámetro más pequeño puede estar destinado a formar el electrodo 10

común, y el cilindro con el diámetro más grande puede estar destinado a formar todos los segmentos 1-9 del condensador. Entonces, los segmentos 1-9 del condensador pueden estar delimitados por espacios entre segmentos que carecen de pintura eléctricamente conductora. Los espacios están ubicados a lo largo del eje X-X de la sonda para separar los segmentos del condensador mientras se producen los valores de altura superior del segmento del condensador deseados. Las conexiones eléctricas a los segmentos 1-9 del condensador se ordenan según los conjuntos A, B y C como se representa en la figura 1.

La sonda 100 de combustible de condensador así obtenida se instalará de manera rígida dentro de un tanque de combustible tal como un tanque 200 de combustible de aeronave como se representa en la figura 2. Realizaciones de soportes rígidos para mantener la sonda 100 en una ubicación y orientación fija en el tanque 200 se conocen en la técnica, por lo que no es necesario volver a describirlos aquí. Posiblemente, se pueden fijar varias sondas según la invención dentro del tanque 200, en ubicaciones respectivas separadas entre sí y con orientaciones respectivas que pueden variar de una sonda a otra. Los signos de referencia 100' y 100" indican dichas sondas de combustible adicionales que pueden tener orientaciones y longitudes diferentes de las de la sonda 100.

Ahora se describe la forma de usar dicha sonda 100 para obtener una determinación mejorada del nivel H de combustible.

En una primera etapa, los valores C_A , C_B , y C_C del condensador se miden simultáneamente o casi simultáneamente usando las unidades MU_A , MU_B y MU_C de medida mientras que el nivel real de combustible está situado entre la parte inferior y la parte superior de la sonda 100. Entonces, el valor del condensador total se calcula utilizando la fórmula: $C=C_A+C_B+C_C$.

En una segunda etapa, se calcula un valor de altura mínima posible para determinar el nivel H de combustible a partir del valor C total del condensador, utilizando la otra fórmula siguiente: $H_{min} = (C-C_e)/(\alpha \cdot (K_{max}-1))$. Este valor H_{min} puede estar ubicado dentro del mismo segmento del condensador que el nivel H real de combustible, o puede estar situado en el segmento próximo del condensador justo debajo del nivel H real de combustible.

En una tercera etapa, se identifica uno de los segmentos del condensador que se superpone al valor H_{min} mínimo de altura calculado en la segunda etapa, y se denomina primer segmento del condensador seleccionado. El segmento del condensador que está situado justo debajo del primer segmento del condensador seleccionado se identifica a su vez y se denomina segundo segmento del condensador seleccionado. Suponiendo que el nivel H real de combustible se encuentra dentro del $n^{ésimo}$ segmento del condensador, entonces el primer segmento del condensador seleccionado es el mismo $n^{ésimo}$ segmento de condensador, lo que lleva al segundo segmento de condensador seleccionado a ser el segmento del condensador $(n-1)^{ésimo}$, o el primer segmento del condensador seleccionado es el segmento del condensador $(n-1)^{ésimo}$, lo que lleva al segundo segmento del condensador seleccionado a ser el segmento del condensador $(n-2)^{ésimo}$. En la tabla de la figura 3, la cuarta columna titulada "Conjunto de capacitancia" indica que uno de los conjuntos A-C que contiene el primer segmento del condensador seleccionado, cuando este último es el indicado en la primera columna en la misma fila de la tabla. Entonces, la quinta columna titulada "Conjunto de compensador" indica el conjunto que contiene el segundo segmento del condensador seleccionado.

Por ejemplo, cuando el nivel H real de combustible está dentro del octavo segmento ($n=8$) del condensador como se representa en la figura 1, el valor C medido para el condensador total puede llevar a $H_{min} = 370\text{mm}$. Para ambas sondas de combustible de condensador de la figura 3, este valor H_{min} se sitúa en el séptimo segmento ($n=7$) del condensador. Entonces, el primer segmento de condensador seleccionado es el séptimo, que corresponde a que el conjunto de capacitancia sea A, y el segundo segmento del condensador seleccionado es el sexto, que corresponde a que el conjunto de compensador sea C.

En una cuarta etapa, el valor del condensador medido para el conjunto de compensador se usa para calcular un valor para la constante K dieléctrica del combustible, que es efectiva como un valor medio entre la parte inferior de la sonda 100 y el nivel H de combustible. Este valor calculado para la constante K dieléctrica se indica como K_{fino} . Se puede calcular con precisión ya que el diseño de la sonda de la invención asegura que el segundo segmento del condensador seleccionado esté completamente sumergido en el combustible, y también cualquier otro segmento del condensador que pertenezca al conjunto de compensador que se encuentra debajo del segundo segmento del condensador seleccionado, si existe, mientras que cualquier segmento del condensador que también pertenezca al conjunto de compensador pero esté situado encima del segundo segmento del condensador seleccionado, si existe también, está completamente fuera del combustible. Por lo tanto, la longitud sumergida del conjunto de compensador se conoce con certeza. Esta longitud total de los segmentos del condensador del conjunto de compensador que están sumergidos en el combustible aumenta con el valor N de índice del primer segmento del condensador seleccionado, lo que demuestra que un gradiente vertical posiblemente existente para la constante K dieléctrica de combustible se tiene en cuenta en una extensión mejorada. Nuevamente para el ejemplo de $H_{min}=370\text{mm}$, el tercer ($n=3$) y el sexto ($n=6$) segmentos del condensador forman la parte sumergida del conjunto C. Entonces, el valor K_{fino} de la constante dieléctrica se puede calcular usando la siguiente fórmula:

$$K_{\text{fino}} = 1 + (C_C - C_{eC})/[\alpha \cdot (h_3 - h_2 + h_6 - h_5)]$$

A partir de las explicaciones anteriores, el experto en la técnica podrá inferir la fórmula correcta que se utilizará para calcular el valor K_{fino} de la constante dieléctrica, para cada línea de la tabla de la figura 3.

5

Finalmente, en una quinta etapa, el nivel de combustible se puede determinar usando la fórmula:

$$H = (C - C_e)/(\alpha \cdot (K_{\text{fino}} - 1)),$$

10

donde $C=C_A+C_B+C_C$ nuevamente, como se calculó en la primera etapa.

El diagrama de la figura 4 muestra el error existente entre el nivel de combustible determinado de esta manera, para el primer ejemplo de realización de la invención que se muestra en la figura 3, y el nivel de combustible real. Los valores reales del nivel de combustible se indican mediante el eje horizontal, en milímetros, y los valores de error se indican mediante el eje vertical en la parte izquierda del diagrama, también en milímetros. La curva de error relacionada con la implementación de la invención está dibujada en línea continua, para el caso concreto de la constante K dieléctrica de combustible que disminuye linealmente desde 2,20 en la parte inferior de la sonda 100 hasta aproximadamente 2,00 en la parte superior de la sonda 100. Dicha variación para la constante K dieléctrica corresponde a la línea discontinua que en referencia nuevamente al eje horizontal para la altura dentro del tanque pero al eje vertical en la parte derecha del diagrama para los valores K . El error máximo para el nivel de combustible determinado mediante la implementación de la invención es de aproximadamente 10mm en valor absoluto. A modo de comparación, el diagrama también muestra el error obtenido al usar una sonda como se conoce de la técnica anterior, que se compone de un segmento inferior del condensador de 40mm dedicado al cálculo de la constante dieléctrica, y un único segmento superior continuo que se dedica solo a la determinación del nivel de combustible. Con dicha sonda de la técnica anterior, el error aumenta con el nivel de combustible hasta 43mm en valor absoluto cuando el nivel de combustible está en la parte superior de la sonda.

15

20

25

El diagrama de la figura 5 corresponde al de la figura 4 para una situación en la que la constante K dieléctrica del combustible tiene un primer valor de aproximadamente 2,13 por debajo del valor de altura de 110mm, y un segundo valor de aproximadamente 2,06 por encima del valor de altura de 110mm. Dicha situación puede ocurrir después del repostaje cuando el tipo de combustible que se utiliza para el repostaje es más liviano que el del combustible que quedaba en el tanque antes del repostaje. El error al implementar nuevamente la sonda del primer ejemplo de realización de la invención de la figura 3 es siempre menor de 2,5 mm en valor absoluto, mientras que se eleva hasta 27mm en valor absoluto cuando se usa la misma sonda de la técnica anterior que en la figura 4.

30

35

Posiblemente, la sonda 100 de combustible de condensador puede diseñarse adicionalmente para tener en cuenta otros posibles errores, además de los que resultan de la falta de conocimiento sobre el valor exacto o la distribución del valor de la constante K dieléctrica del combustible. Dichos errores adicionales pueden ser errores de fabricación que se relacionan con las longitudes de los segmentos 1-9 del condensador y/o errores de posicionamiento que se relacionan con una etapa de montaje de la sonda 100 de combustible de condensador, y que podrían afectar la constante α y/o errores de medición que se relacionan con la medición de los valores del condensador. Para este fin, se necesita que se prescriban los límites mínimos y máximos respectivos para cada uno de los errores que deben tenerse en cuenta. Entonces, el nivel H_{min} mínimo posible de combustible y el nivel H_{max} máximo posible de combustible pueden calcularse para un único y mismo valor del condensador C total para abarcar cualquier cambio de altura de combustible posiblemente debido a cada error cuando este último varía entre los límites prescritos para este error y cualquier combinación de estos valores de error. El diseño de la sonda se puede continuar de manera similar a la descrita anteriormente, seleccionando $h_{n-1} < H_{\text{min}}$ cuando $H_{\text{max}} = h_n$, para n de 2 a 9. Al determinar el nivel de combustible utilizando una sonda diseñada de esta manera, la altura H_{min} mínima para el nivel H de combustible se calculará utilizando los límites mínimo o máximo para todos los errores considerados. A partir de este valor, el resto del método de determinación del nivel de combustible no cambia.

40

45

50

Ha de entenderse que la invención no se limita a la descripción detallada proporcionada anteriormente, y que los aspectos secundarios de las realizaciones descritas se pueden adaptar. En concreto, todos los valores numéricos que se han citado pueden modificarse.

55

Como se describe, los segmentos del condensador pueden producirse usando un tubo de electrodo externo que está segmentado y un tubo de electrodo interno que es continuo desde el borde superior de la sonda hasta el borde inferior de la sonda. Pero también es posible usar un tubo de electrodo externo que es continuo desde el borde superior de la sonda hasta el borde inferior de la sonda y un tubo de electrodo interno que está segmentado. También es posible segmentar ambos tubos de electrodos externos e internos.

60

REIVINDICACIONES

1. Sonda (100) de combustible de condensador para medir un nivel (H) de combustible a lo largo de un eje (X) de sonda cuando un valor (K) de la constante dieléctrica del combustible está comprendido entre un límite K_{min} mínimo y un límite K_{max} máximo, dichos límites mínimo y máximo que son prescritos para la sonda de combustible de condensador, la sonda (100) de combustible de condensador que comprende:

- un tubo de electrodo continuo o segmentado a lo largo del eje (X) de la sonda, y
- una serie de N segmentos (1-9) del condensador separados que están superpuestos entre sí a lo largo del eje (X) de la sonda y dispuestos interna o externamente al tubo del electrodo, siendo N un número entero superior a 5, y cada segmento del condensador que se extiende desde un valor de altura inferior a un valor de altura superior a lo largo del eje de la sonda, y el valor de altura superior de uno cualquiera de los segmentos del condensador que corresponde al valor de altura inferior del siguiente segmento del condensador cuando se mueve desde el segmento del condensador más bajo al más alto de dichos segmentos del condensador,

en donde la sonda (100) de combustible de condensador está diseñada además de modo que uno cualquiera de los tres segmentos sucesivos de los segmentos (1-9) del condensador están aislados eléctricamente entre sí, caracterizada por que cada segmento del condensador se asigna a uno de al menos tres conjuntos (A-C) repitiendo una única y misma secuencia ordenada de los conjuntos mientras se mueve del segmento del condensador más bajo al segmento del condensador más alto según un orden de superposición a lo largo del eje (X) de la sonda, todos los segmentos del condensador dentro de cada conjunto que están conectados eléctricamente según una disposición de conexión en paralelo por separado de los otros conjuntos, cuando todos los segmentos (1-9) del condensador se numeran progresivamente con un índice n entero desde el segmento del condensador más bajo hasta el segmento del condensador más alto a lo largo del eje (X) de la sonda, y h_n que indica el valor de altura superior del $n^{\text{ésimo}}$ segmento del condensador, se cumple la siguiente condición:

$$h_{n-1} < h_n \cdot (K_{min}-1)/(K_{max}-1),$$

para cualquier valor n de 2 a N.

2. Sonda (100) de combustible de condensador según la reivindicación 1, en donde N es mayor de 8, más preferiblemente igual a 9 o menor de 16.

3. Sonda (100) de combustible de condensador según la reivindicación 1 o 2, en donde un número de los conjuntos (A-C) en los que los segmentos (1-9) del condensador están conectados en paralelo dentro de cada conjunto por separado de los otros conjuntos, es 3.

4. Sonda (100) de combustible de condensador según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el límite K_{min} mínimo para la constante (K) dieléctrica del combustible está comprendido entre 1,90 y 2,06.

5. Sonda (100) de combustible de condensador según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el límite K_{max} máximo para la constante dieléctrica de combustible (K) está comprendido entre 2,19 y 2,35.

6. Sonda (100) de combustible de condensador según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los valores de longitud respectivos de todos los segmentos (1-9) del condensador van aumentando con los valores n progresivamente a lo largo de la sonda de combustible de condensador.

7. Sonda (100) de combustible de condensador según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los valores (h_1-h_9) de altura superior de los segmentos (1-9) del condensador son iguales a $h_1 \cdot r^{(n-1)}$, donde h_1 es el valor de altura superior del segmento (1) del condensador más bajo correspondiente a $n=1$, y r es una velocidad de progresión geométrica mayor de $(K_{max}-1)/(K_{min}-1)$ y preferiblemente menor de 2.

8. Sonda (100) de combustible de condensador según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos una unidad (MU_A , MU_B , MU_C) de medición de condensador y una disposición de conexión adecuada para conectar eléctricamente la unidad de medición de condensador a uno cualquiera de los conjuntos (A-C) de segmentos (1-9) del condensador, de modo que dicha unidad de medición de condensador proporciona un valor (C_A-C_C) del condensador medido para uno cualquiera de dichos conjuntos de segmentos del condensador.

9. Sonda (100) de combustible de condensador según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, adaptada para funcionar dentro de un tanque de combustible de una aeronave.

10. Proceso para fabricar una sonda (100) de combustible de condensador que se dedica a medir un nivel (H) de

combustible a lo largo de un eje (X) de la sonda, que comprende las siguientes etapas:

/0/ ajustar una longitud H_{max} total de la sonda (100) de combustible de condensador;

5 /1/ suponer que un valor (K) de la constante dieléctrica del combustible está comprendido entre un límite K_{min} mínimo y un límite K_{max} máximo, que se prescriben a la sonda (100) de combustible de condensador;

10 /2/ determinar los valores (h_1-h_9) de altura superior respectivos para una serie de N segmentos (1-9) del condensador, siendo N un número entero mayor a 5; en donde todos los segmentos (1-9) del condensador están numerados progresivamente con un índice n entero desde el segmento del condensador más bajo hasta el segmento del condensador más alto a lo largo del eje (X) de la sonda, y h_n que indica el valor de altura superior del $n^{ésimo}$ segmento del condensador, se cumple la siguiente condición:

$$h_{n-1} < h_n \cdot (K_{min}-1)/(K_{max}-1),$$

15 para cualquier valor n de 2 a N

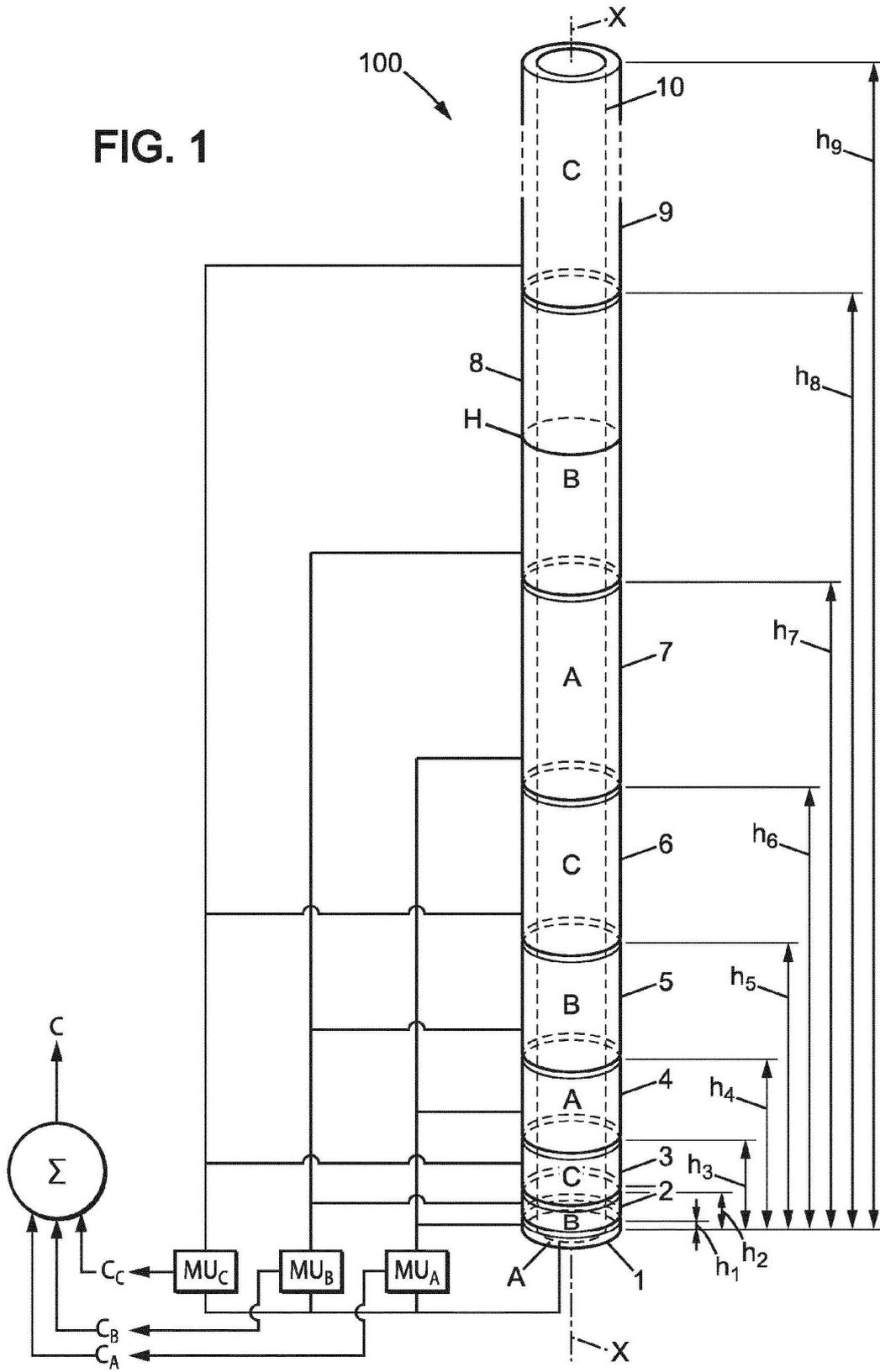
20 /3/ producir la sonda (100) de combustible de condensador de modo que los N segmentos (1-9) del condensador se superpongan entre sí a lo largo del eje (X) de la sonda; y

25 /4/ distribuir los N segmentos (1-9) del condensador entre al menos tres conjuntos (A-C) repitiendo una única y misma secuencia ordenada de los conjuntos mientras se mueve desde uno de los segmentos del condensador más bajos a uno de los segmentos del condensador más altos a lo largo el eje (X) de la sonda, y conectar eléctricamente todos los segmentos del condensador dentro de cada conjunto según una disposición de conexión en paralelo por separado de los otros conjuntos,

30 en donde las etapas /2/ a /4/ se realizan de modo que la sonda (100) de combustible de condensador sea conforme a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, con el límite K_{min} mínimo y el límite K_{max} máximo para el valor (K) de la constante dieléctrica del combustible según lo prescrito en la etapa /1/.

11. Equipo de tanque de combustible para aeronaves, que comprende un tanque (200) de combustible y al menos una sonda (100, 100', 100") de combustible de condensador conforme a la reivindicación 9, dicha sonda de combustible de condensador que está fijada dentro de dicho tanque de combustible.

FIG. 1



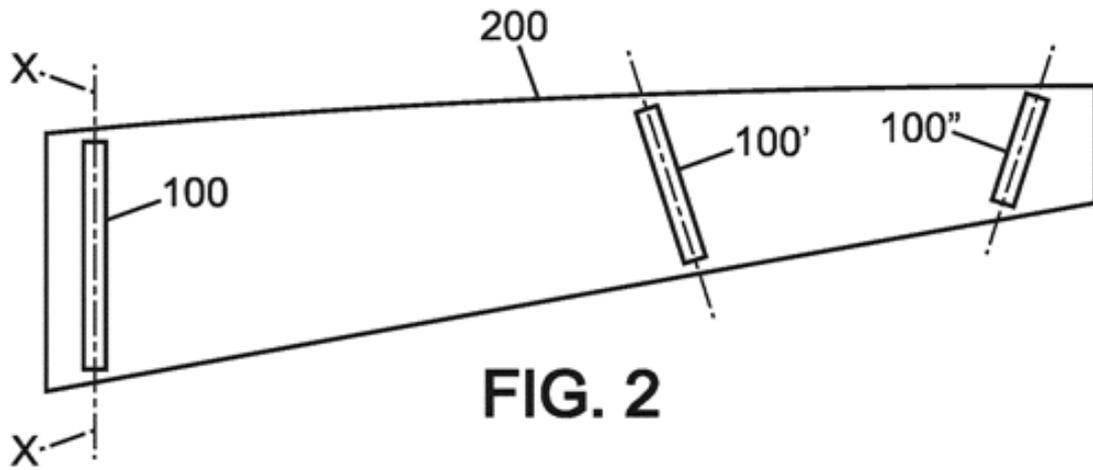


FIG. 2

Número de segmento n	Valor altura superior h_n (mm)		Conjunto de capacitancia	Conjunto de compensador
	1 ^{er} ejemplo	2 ^o ejemplo		
1	38	40	A	-
2	81	80	B	A
3	129	120	C	B
4	183	174	A	C
5	243	228	B	A
6	310	282	C	B
7	385	375	A	C
8	468	468	B	A
9	561	561	C	B

FIG. 3

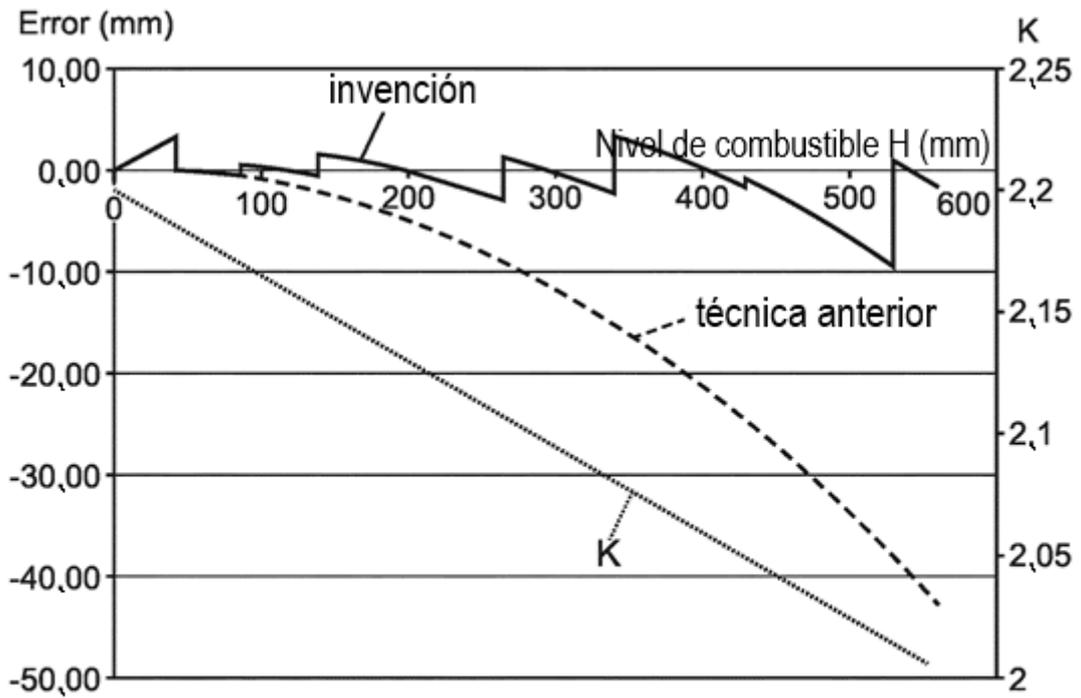


FIG. 4

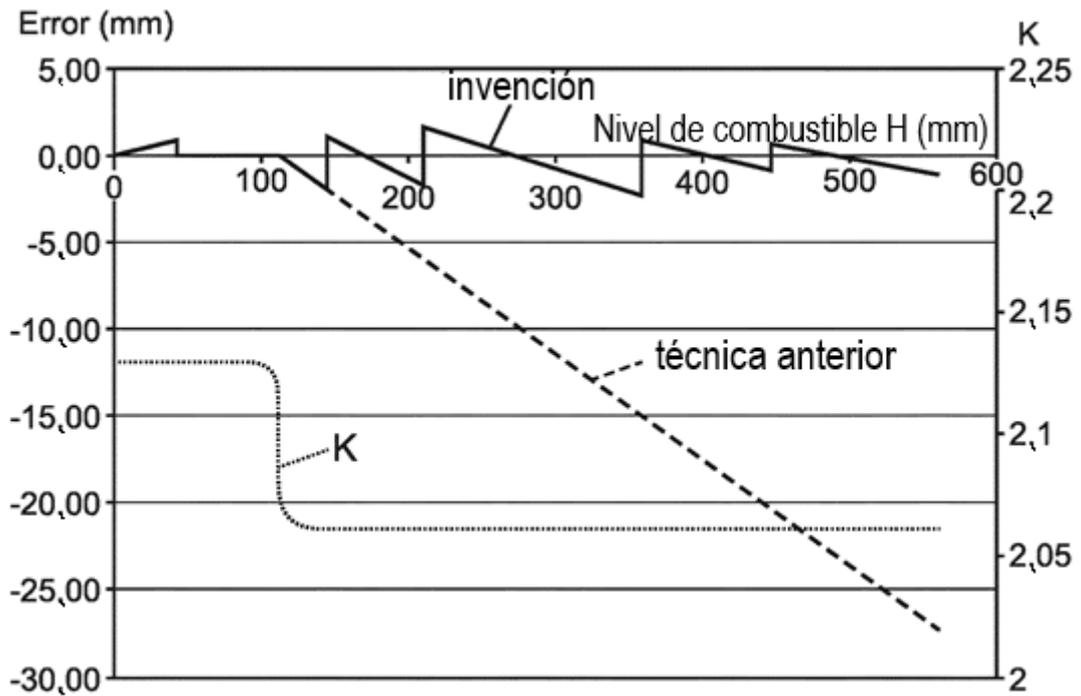


FIG. 5