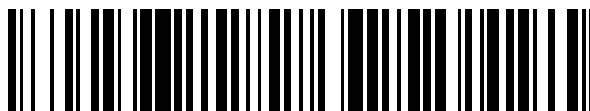


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 654**

51 Int. Cl.:

**F23M 20/00**

(2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2016** **E 16197252 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019** **EP 3173698**

54 Título: **Amortiguador de oscilaciones adaptativo**

30 Prioridad:

**16.11.2015 DE 102015222587**

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

**13.06.2019**

73 Titular/es:

**VAILLANT GMBH (100.0%)  
Berghauser Strasse 40  
42859 Remscheid, DE**

72 Inventor/es:

**RICHARD FISCHBUCH, RICHARD y  
THUM, LARS**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 716 654 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

Amortiguador de oscilaciones adaptativo

La invención concierne a un amortiguador de oscilaciones adaptativo.

5 Cuando se quema gas combustible en un sistema de combustión con premezcla completa, se pueden presentar en determinados puntos de funcionamiento unas oscilaciones de combustión autoinducidas no deseadas. Éstas están casi siempre ligadas a ruidos desagradables para el operador y, en determinadas circunstancias, pueden conducir a que resulte dañada la instalación.

10 El fenómeno se encuentra descrito en el documento DE 102004013584 A1 y en el Informe de Progresos VDI No. 364 de la serie 6 para Tecnología Energética. Disparadores de las oscilaciones autoinducidas (SES) son las interacciones entre la liberación de potencia temporal de la llama y la acústica de la cámara de combustión. Condición para el surgimiento del fenómeno descrito es la liberación de potencia temporal de la llama en el momento de una amplitud de presión sonora positiva (criterio de Rayleigh). Se conocen medidas de supresión por el documento DE 19730254 C2.

15 Según el estado de la técnica, el problema se resuelve generalmente mediante el recurso de configurar la geometría de las partes que conducen el aire y la mezcla de gas combustible-aire de modo que el sistema se desintonice acústicamente y, por tanto, no se presenten en lo posible oscilaciones autoinducidas. Se utilizan para ello, por ejemplo, unos componentes adicionales en las vías de aire o de gas de escape que tienen la función de desintonizar el sistema e impedir o amortiguar así oscilaciones autoinducidas. Sirven para ello, por ejemplo, unos tubos de aspiración, que aumentan la pérdida de presión aguas arriba de la llama, o un resonador de Helmholtz. 20 Dependiendo de las magnitudes geométricas características del resonador de Helmholtz, éste tiene una determinada frecuencia propia a la que actúa. Se amortiguan o se impiden enteramente las oscilaciones del sistema de combustión.

Otra posibilidad consiste en variar el exceso de aire o la carga calorífica en un combinado electrónico de gas combustible-aire al producirse oscilaciones.

25 Se conocen por el documento DE 102005052881 A1 un equipo de amortiguación sonora y un procedimiento para un aparato de calentamiento con un resonador de Helmholtz según el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 4. Un transductor de sonido registra la frecuencia de la vibración; un material bimetálico dependiente de la temperatura materializa la variación de volumen del recinto del resonador.

30 El problema de la invención reside en un dispositivo y un procedimiento de funcionamiento del mismo con los cuales puedan suprimirse oscilaciones autoinducidas en sistemas de combustión con premezcla completa.

Según la invención, esto se resuelve con un resonador de Helmholtz individualmente adaptable según la reivindicación 1 y un procedimiento según la reivindicación 4. Se obtienen ejecuciones ventajosas con las características de las reivindicaciones subordinadas.

35 La invención se utiliza preferiblemente en sistemas electrónicos de gas combustible-aire en los que se emplea un sensor de caudal másico que mide la diferencia de presión entre la vía de aire y la vía de gas combustible. Con ayuda del sensor de caudal másico no solo se pueden detectar oscilaciones autoinducidas, sino que, con una tasa de barrido suficientemente alta, se pueden determinar éstas también respecto de la frecuencia de la oscilación. Por medio de una transformada de Fourier se transfiere la señal de sensor medida al dominio de la frecuencia.

40 Además, es objeto de la invención un resonador de Helmholtz adaptable en su frecuencia activa. La frecuencia a la que actúa el resonador de Helmholtz viene definida por su dimensionamiento geométrico. Magnitudes de influencia son, por un lado, el volumen amortiguador en el cuerpo propiamente dicho y también, por otro lado, el volumen oscilante en el canal de conexión.

45 Así, por ejemplo, en un cilindro cerrado que esté unido a través de un canal de conexión correspondientemente diseñado con el sistema de combustión en el punto activo correspondiente a obtener previamente o que esté integrado en el sistema de combustión en esta posición, se puede ajustar la variación de la longitud lateral del resonador de Helmholtz debido a que se puede variar la posición del fondo del cilindro a lo largo del eje de simetría por medio de una electromecánica adecuada (por ejemplo un servomotor). A partir de la frecuencia obtenida de la oscilación producida se calcula y se varía la longitud lateral necesaria del cilindro de modo que se ajuste esta longitud lateral.

50 La invención protege un sistema de regulación que obtiene con ayuda de un sensor la frecuencia de una oscilación autoinducida y ajusta un resonador de Helmholtz adaptable de tal manera que se suprima la oscilación. El sistema necesita para ello una válvula de regulación de gas, un soplane regulable y un quemador.

Se explicará ahora la invención con ayuda de las figuras. Muestran en éstas:

La figura 1, un resonador de Helmholtz,

La figura 2, una primera forma de realización de un sistema de combustión con un resonador de Helmholtz según la invención y

La figura 3, una segunda forma de realización de sistema de combustión con un resonador de Helmholtz según la invención.

- 5 La figura 1 muestra un resonador de Helmholtz cilíndrico 2 con dos volúmenes cilíndricos. El primer volumen cilíndrico 17 del resonador de Helmholtz dispone de una longitud  $l_1$  y un radio  $r_1$ . El primer volumen cilíndrico 17 del resonador de Helmholtz está abierto en ambos lados y desemboca por uno de los lados en el segundo volumen cilíndrico 18 del resonador de Helmholtz, que dispone de una longitud  $l_2$  y un radio  $r_2$ .

La frecuencia propia  $f_0$  de este resonador de Helmholtz se puede determinar de la manera siguiente:

10 
$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A_1}{V_2(l_1 + 2 \cdot \Delta l_1)}}$$

En esta fórmula  $c$  es la velocidad del sonido,  $A_1$  es la abertura del corte transversal de la entrada del resonador de Helmholtz (aquí:  $A_1 = r_1^2 \cdot \pi$ ),  $V_2$  es el volumen del segundo volumen 18 del resonador de Helmholtz (aquí:  $V_2 = r_2^2 \cdot \pi$

$\cdot l_2$ ) y  $2 \cdot \Delta l_1$  es la corrección de la boca (aquí:  $\Delta l_1 \approx \frac{\pi}{4} \cdot r_1$ ).

- 15 La figura 2 muestra una instalación técnica de combustión según la invención con un quemador 11 y un soplante 10 en una conducción de gas nuevo 14. El soplante 10 aspira aire de combustión y lo alimenta al quemador 11. Aguas arriba del soplante 10 desemboca en un Venturi 3 de la conducción de gas nuevo 14 una conducción de gas combustible 15 en la que está dispuesta una válvula de regulación 9 del gas combustible delante de la boca. Un sensor de caudal másico 1 está dispuesto entre la conducción de gas combustible 15 y la conducción de gas nuevo 14 y sirve para adaptar la mezcla de gas combustible-aire. Aguas arriba del Venturi 3 un resonador de Helmholtz cilíndrico 2 conocido por la figura 1 está unido con la conducción de gas nuevo 14. La conexión del resonador de Helmholtz 2 tiene que hacerse en un punto activo/posición activa que se debe obtener previamente. El resonador de Helmholtz 2 dispone de un cilindro resonador desplazable 4 en el segundo volumen cilíndrico 18 de dicho resonador de Helmholtz, con lo que se puede graduar continuamente su volumen. Para desplazar el resonador cilíndrico 4 se utiliza un motor de pasos lineal 5 que, a través de un árbol de accionamiento 6 en forma de una barra roscada y una rosca interior 7 del cilindro resonador 4, puede desplazar a este último. Para impedir que gire el cilindro resonador 4 se ha previsto un seguro antigiro. Un medidor de recorrido 8 por ultrasonidos o por láser sirve para captar la longitud actual del segundo volumen cilíndrico 18 del resonador de Helmholtz. El cilindro resonador 4 forma un cierre hermético al gas con respecto a las paredes laterales del segundo volumen cilíndrico 18 del resonador de Helmholtz. La junta necesaria para ello puede estar construida, por ejemplo, como una junta labial o una junta anular. Un regulador 16 está unido con el soplante 10, la válvula de regulación 9 del gas combustible, el sensor de caudal másico 1, el motor de pasos lineal 5 y el medidor de recorrido 8 por ultrasonidos o por láser.

- Si se producen oscilaciones de combustión autoinducidas durante el funcionamiento de la instalación, esto conduce a un reacoplamiento con el flujo de gas de combustión y el flujo de gas combustible, con lo que el sensor de caudal volumétrico 1 capta las oscilaciones. Dado que en la práctica la señal del sensor de caudal másico 1 lleva siempre superpuestas diversas frecuencias, se tienen que sobrepasar valores umbral de la intensidad de las oscilaciones por la necesidad de ejecutar medidas de supresión.

- Se registran primeramente  $N$  valores de la señal de sensor con una tasa de barrido  $f$ . La tasa de barrido tiene que ser aquí el doble de alta que la frecuencia máxima esperada. Para poder utilizar un análisis por transformadas rápidas de Fourier, el número  $N$  de los valores tiene que corresponder a una potencia al cuadrado.

- 40 El algoritmo para una transformada rápida de Fourier (FFT) se basa en la transformada discreta de Fourier. Para  $N$  valores de barrido se calculan  $N/2$  líneas de frecuencia o líneas espectrales  $F(i\omega_k)$ :

$$F(i\omega_k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f(t_n) \cdot e^{-i2\pi kn / N}$$

con  $k = 0, 1, \dots, N-1$ .

- 45 La frecuencia con la más alta desviación se fija como frecuencia de la oscilación autoinducida y se procesa adicionalmente. A continuación, se registra a partir de esta frecuencia obtenida de la oscilación de combustión la altura necesaria del cilindro resonador. Para la frecuencia propia  $f_0$  del resonador de Helmholtz se cumple (con referencia a la figura 1, véase más arriba):

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A_1}{V_2(l_1 + 2 \cdot \Delta l_1)}}$$

Resulta para  $l_2$ :

$$l_2 = \frac{c^2 A_1}{f_0^2 \cdot 4\pi^3 r_2^2 (l_1 + 2 \cdot \Delta l_1)}$$

- 5 El regulador 16 activa el motor de pasos lineal 5 de tal manera que el cilindro resonador 4 sea desplazado hacia la posición diana hasta que el segundo volumen cilíndrico 18 del resonador de Helmholtz disponga de esta longitud calculada  $l_2$ . El medidor de recorrido 8 por ultrasonidos o por láser sirve aquí al regulador 16 para fines de control. Como alternativa, partiendo de una posición de tope se puede recorrer también un número previamente calculado de pasos. Éste resulta del recorrido necesario, el paso de la rosca y el número de pasos por revolución del motor.
- 10 En otra realización se puede emplear un emisor de giro incremental para determinar la posición del motor de pasos y, por tanto, la altura del cilindro. Se pueden compensar así pérdidas de pasos.
- 15 La figura 3 muestra una forma de realización alternativa. El resonador de Helmholtz 2 está dispuesto aquí entre el soplante 10 y el quemador 11. Un motor 12, que está unido con el regulador 16, mueve el cilindro resonador 4 por medio de una barra roscada 13 dentro del segundo volumen cilíndrico 18 del resonador de Helmholtz. La barra roscada 13 está unida con el cilindro resonador 4 de manera rígida o a través de un cojinete suelto. Se puede prescindir aquí de una determinación de la longitud del segundo volumen cilíndrico 18 del resonador de Helmholtz, ya que, al presentarse las oscilaciones de combustión, lo cual se reconoce ahora igual que antes por medio del sensor de caudal másico 1, se puede efectuar una traslación desde una posición extrema del cilindro resonador 4 en dirección a la otra posición extrema hasta que se supriman las oscilaciones de combustión autoinducidas y, por tanto, se alcance la longitud lateral correcta.
- 20 Si se vuelven a presentar oscilaciones más tarde, se vuelve a avanzar primeramente hacia la posición de partida para realizar de nuevo seguidamente una traslación hasta que se alcance la altura correcta del cilindro.
- Es posible también una combinación de los dos procedimientos descritos: Se registra la posición necesaria como antes se ha descrito a partir de la señal del sensor de caudal másico. Se aproxima entonces la posición calculada hasta una distancia definida para seguir avanzando después lentamente hasta que se supriman las oscilaciones.
- 25 Si se conoce ya una frecuencia crítica antes de la puesta en marcha de la instalación, se puede archivar ésta en la memoria y, antes de la puesta en marcha del quemador, se puede ajustar ya el tamaño correspondiente del resonador de Helmholtz para impedir que aparezcan las oscilaciones. En el caso más sencillo, después de la desconexión de la instalación de combustión el ajuste del resonador de Helmholtz permanece en la posición últimamente ajustada y está disponible en forma inalterada para la siguiente puesta en marcha.
- 30 Un sistema puede presentar sendas oscilaciones autoinducidas a dos frecuencias diferentes. En el ejemplo de este caso, existe, por ejemplo, una tendencia a oscilar a 40 Hz y a 160 Hz. Según el estado de la técnica, se podría resolver el problema utilizando dos resonadores de Helmholtz que tengan sus propiedades geométricas sintonizadas a una frecuencia respectiva de entre las dos frecuencias. Según la invención, se puede adaptar el resonador de Helmholtz de modo que esté en condiciones de cubrir ambas frecuencias. Si existe más de una frecuencia en el
- 35 dominio de funcionamiento del quemador, el sistema de regulación puede ajustar siempre el resonador a la frecuencia que se haya medido justamente o ya antes en el punto de funcionamiento justamente alcanzado. La frecuencia y los puntos de funcionamiento se archivan en una memoria. Al cambiar de un punto de funcionamiento a otro se lee en la memoria si existe para el nuevo punto de funcionamiento una frecuencia crítica distinta de la frecuencia a la que precisamente se ha ajustado el resonador. Si ocurre esto, la geometría del resonador se adapta
- 40 ya durante la modulación como antes se ha descrito.

**Lista de símbolos de referencia**

|    |    |                                                       |
|----|----|-------------------------------------------------------|
|    | 1  | Sensor de caudal másico                               |
|    | 2  | Resonador de Helmholtz                                |
| 5  | 3  | Venturi                                               |
|    | 4  | Cilindro resonador                                    |
|    | 5  | Motor de pasos lineal                                 |
|    | 6  | Árbol de accionamiento                                |
|    | 7  | Rosca interior                                        |
| 10 | 8  | Medidor de recorrido por ultrasonidos o por láser     |
|    | 9  | Válvula de regulación de gas                          |
|    | 10 | Soplante                                              |
|    | 11 | Quemador                                              |
|    | 12 | Motor                                                 |
| 15 | 13 | Barra roscada                                         |
|    | 14 | Conducción de gas nuevo                               |
|    | 15 | Conducción de gas combustible                         |
|    | 16 | Regulador                                             |
|    | 17 | Primer volumen cilíndrico del resonador de Helmholtz  |
| 20 | 18 | Segundo volumen cilíndrico del resonador de Helmholtz |

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de combustión con un quemador (11), un soplante (10) para transportar aire de combustión y, opcionalmente, gas combustible hasta este quemador (11), una conducción de gas nuevo (14) en la que está dispuesto el soplante (14), y una conducción de gas combustible (15) en la que está dispuesta una válvula de regulación de gas (9), en el que la conducción de gas combustible (15) desemboca en la conducción de gas nuevo (14) o directamente en el quemador (11) y un resonador de Helmholtz (2) está unido con la conducción de gas nuevo (14), y en el que resonador de Helmholtz (2) dispone de un accionamiento (4, 5, 6, 7) para graduar el volumen del resonador de Helmholtz (2), **caracterizado** por que en la conducción de gas combustible (15) y/o en la conducción de gas nuevo (14) o entre la conducción de gas combustible (15) y la conducción de gas nuevo (14) está dispuesto un sensor de caudal volumétrico o másico (1), estando unido el sensor de caudal volumétrico o másico (1) con un regulador (16) y estando unido el regulador (16) con un accionamiento (5, 6, 7) para graduar el volumen del resonador de Helmholtz (2).
2. Sistema de combustión según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el resonador de Helmholtz (2) dispone de medios para captar al menos una magnitud característica de dicho resonador de Helmholtz (2).
3. Sistema de combustión según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el soplante (10) dispone de un elemento de captación del número de revoluciones.
4. Procedimiento de funcionamiento de un sistema de combustión con un quemador (11), un soplante (10) para transportar aire de combustión y, opcionalmente, gas combustible hasta este quemador (11), una conducción de gas nuevo (14) en la que está dispuesto el soplante (14), y una conducción de gas combustible (15) en la que está dispuesta una válvula de regulación de gas (9), en el que la conducción de gas combustible (15) desemboca en la conducción de gas nuevo (14) o directamente en el quemador (11), un sensor de caudal volumétrico o másico (1) está dispuesto en la conducción de gas combustible (15) y/o en la conducción de gas nuevo (14) y/o el soplante (10) dispone de un elemento de captación del número de revoluciones, y un resonador de Helmholtz (2) está unido con la conducción de gas nuevo (14), y en el que resonador de Helmholtz (2) dispone de un accionamiento (4, 5, 6, 7) para graduar el volumen del resonador de Helmholtz (2), **caracterizado** por que se reconocen oscilaciones de combustión autoinducidas y opcionalmente su frecuencia por medio del sensor de caudal volumétrico o másico (1) y a continuación se ajusta el volumen del resonador de Helmholtz (2) en función de la frecuencia obtenida, y/o se traslada el accionamiento (4, 5, 6, 7) para graduar el volumen del resonador de Helmholtz (2) hasta que se supriman las oscilaciones de combustión autoinducidas.
5. Procedimiento de funcionamiento de un sistema de combustión según la reivindicación 4, **caracterizado** por que se obtiene la frecuencia por medio de una transformada de Fourier.
6. Procedimiento de funcionamiento de un sistema de combustión según la reivindicación 4, **caracterizado** por que, al presentarse oscilaciones de combustión autoinducidas, se traslada continuamente el accionamiento (4, 5, 6, 7) para graduar el volumen del resonador de Helmholtz (2) desde una posición extrema en dirección a otra posición extrema.
7. Procedimiento de funcionamiento de un sistema de combustión según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado** por que el accionamiento (4, 5, 6, 7) para graduar el volumen del resonador de Helmholtz (2) ajusta primeramente de forma aproximada el volumen calculado y a continuación se traslada el accionamiento (4, 5, 6, 7) para graduar el volumen del resonador de Helmholtz (2) hasta que se supriman las oscilaciones de combustión autoinducidas.
8. Procedimiento de funcionamiento de un sistema de combustión según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, **caracterizado** por que se archivan en una memoria resultados de procedimientos de ajuste anteriores y, antes del funcionamiento del sistema de combustión, se ajusta de manera correspondiente el volumen del resonador de Helmholtz (2).

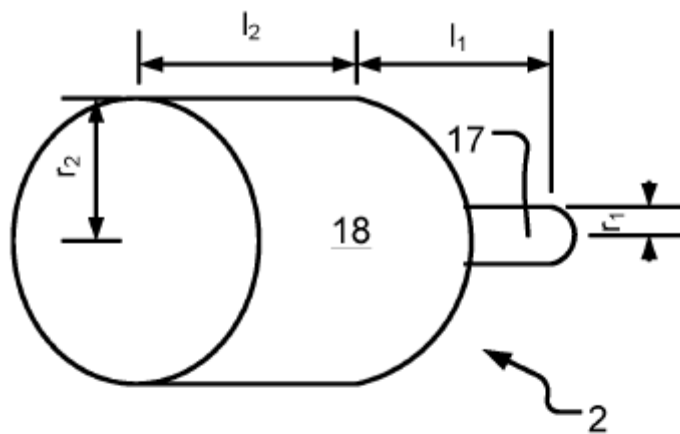


Fig. 1

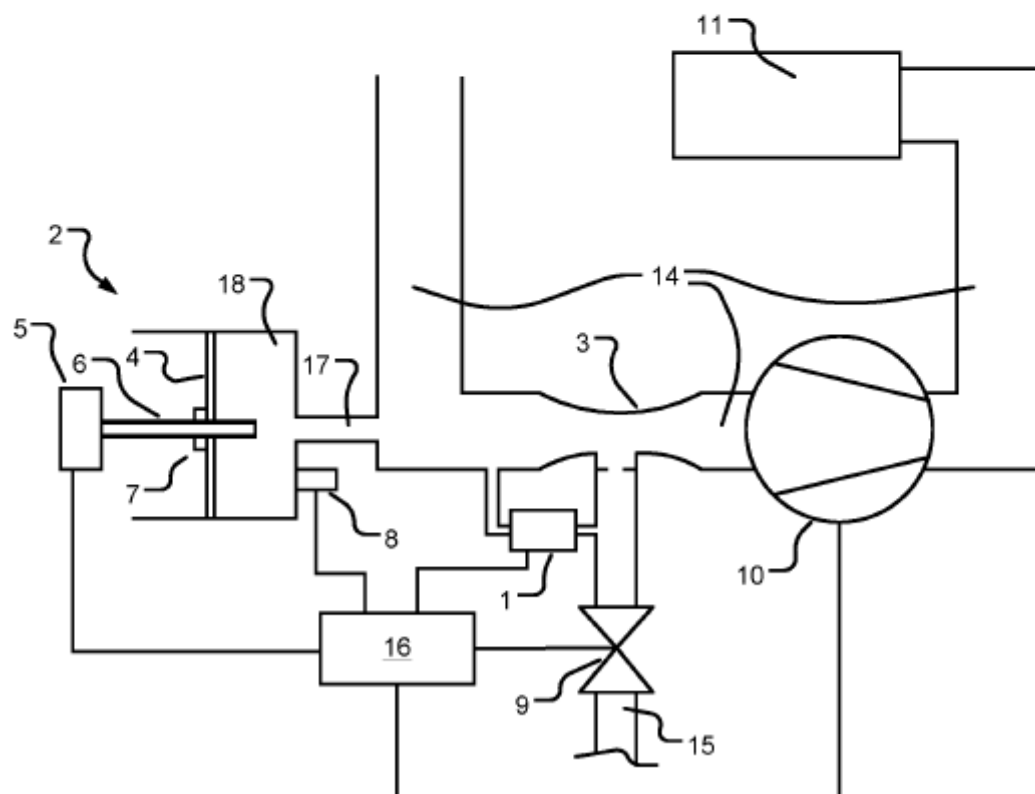


Fig. 2

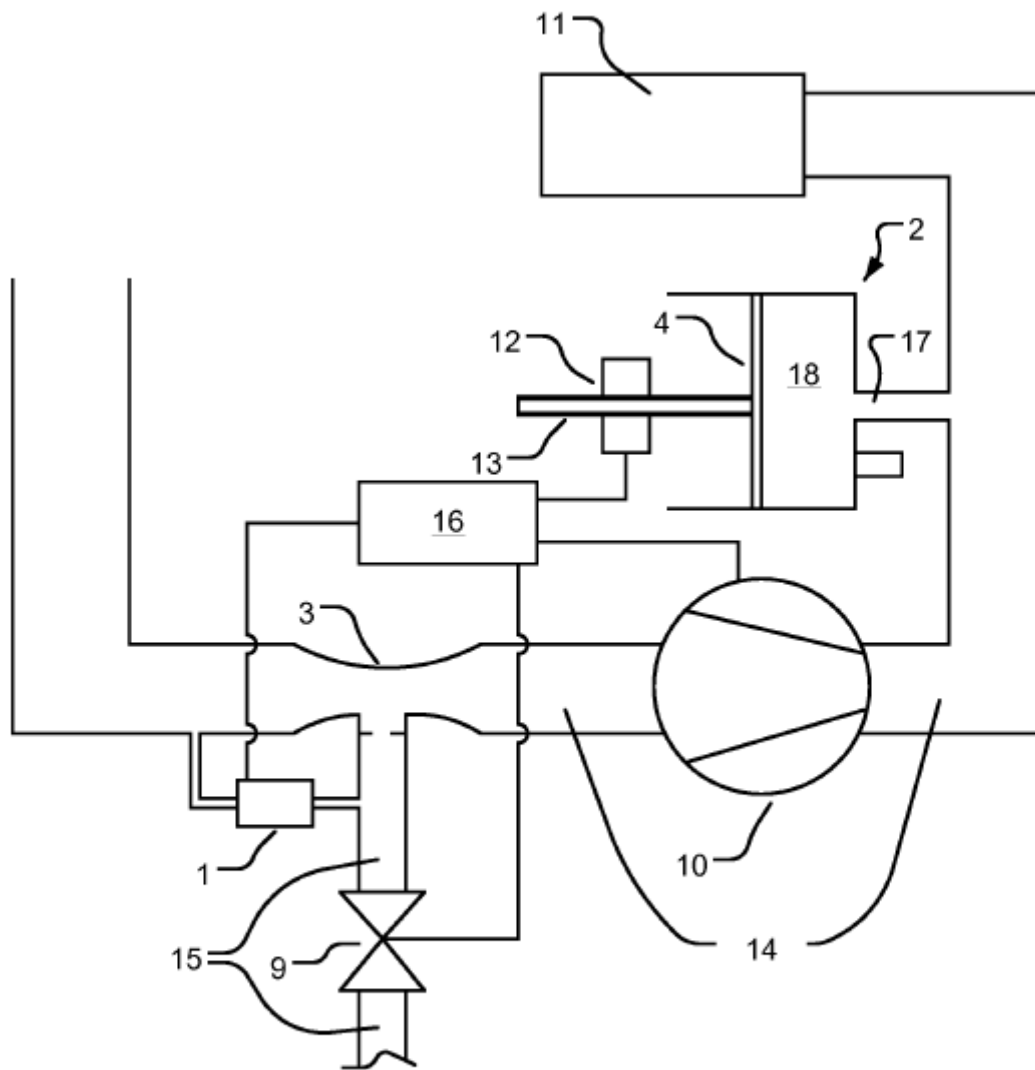


Fig. 3