



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 558**

51 Int. Cl.:  
**F04D 27/00** (2006.01)  
**F02C 9/42** (2006.01)  
**F02C 9/52** (2006.01)  
**F02C 6/02** (2006.01)  
**F02C 6/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03022641 .9**  
96 Fecha de presentación : **06.10.2003**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1413762**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.04.2004**

54 Título: **Método para equilibrar el suministro de aire sangrado de una pluralidad de motores de turbina de gas.**

30 Prioridad: **23.10.2002 GB 0224625**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.04.2011**

73 Titular/es: **HONEYWELL UK LIMITED**  
**Arlington Business Park**  
**Bracknell, Berkshire RG12 1EB, GB**  
**HONEYWELL AEROSPACE B.V.**

72 Inventor/es: **Saunders, Arthur Frank y**  
**Carne, Mark Russell**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 357 558 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

Método para equilibrar el suministro de aire sangrado de una pluralidad de motores de turbina de gas

Descripción de la invención

5 Esta invención se refiere a un método para equilibrar el suministro de aire sangrado de una pluralidad de motores de turbina de gas.

Se sabe que el aire a presión procedente de un motor de turbina de gas de, por ejemplo, una aeronave, se utiliza en los sistemas auxiliares de la aeronave como, por ejemplo, el sistema de aire acondicionado o el sistema antihielo. Se conocen métodos relacionados descritos, por ejemplo, en los documentos EP0507725 A1 o WO02/46040A1, en los que se presentan todas las características del preámbulo de la reivindicación 1.

10 Tradicionalmente, los motores de turbina de gas eran tolerantes con el aire sangrado que se estaba extrayendo y, por tanto, podía sangrarse del motor una cantidad de aire a presión más que suficiente para el sistema o los sistemas auxiliares, desechándose el exceso de aire a presión. Sin embargo, los motores de alto rendimiento más modernos son menos tolerantes con el aire a presión extraído de ellos y, si de dichos motores se sangra aire a presión en exceso, es muy probable que ello resulte perjudicial para el rendimiento del motor, y por tanto, se requerirá un mayor mantenimiento del motor. Además, deshacerse del exceso de aire sangrado también tiene un efecto económico.

Según esto, lo mejor es que la cantidad de aire sangrado a presión de los motores coincida lo más exactamente posible con la demanda.

20 En una aeronave con una pluralidad de motores, es aconsejable que el aire sangrado de cada uno de los motores coincida con unos caudales iguales para evitar que algunos motores suministren todo el aire sangrado mientras que otro u otros motores contribuyan poco a ello ya que, de lo contrario, habría una tendencia a que la cantidad de aire suministrado desde los motores diverja. Dicha diferencia de caudales puede darse si el rendimiento de los motores difiere o si existen diferencias en las características de las válvulas reguladoras individuales o si las longitudes de los conductos para el aire sangrado difieren.

25 En algunos casos, uno o más motores pueden estrangularse, lo que haría que la presión de sangrado disponible de ese o esos motores fuera menor.

30 Según la invención, presentamos un método para equilibrar el suministro de aire sangrado de una pluralidad de motores de turbina de gas para lo cual se utilizan unos conductos de sangrado de aire que van desde cada uno de los motores hasta un conducto de distribución común que distribuye el aire sangrado a, por lo menos, un sistema auxiliar, incluyendo cada uno de los conductos de sangrado de aire una válvula de control que puede ser controlada por un controlador para variar el caudal del aire sangrado del motor asociado y cuyo método consiste en que el controlador reciba una señal de demanda indicativa de la demanda de aire sangrado por parte del sistema auxiliar, detectar la presión del aire en el conducto de distribución y comparar la señal de demanda con la presión del aire detectada para derivar una señal de comando, detectar individualmente los caudales de aire en cada uno de los conductos de sangrado de aire de los motores con los detectores de caudales de aire correspondientes que proporcionan señales de los caudales de aire al controlador, comparar los caudales en cada uno de los conductos de sangrado de aire para derivar señales individuales de igualación del flujo para cada uno de los motores, comparar cada una de las señales de igualación del flujo con la señal de comando para derivar una señal de accionamiento para cada una de las válvulas de control y aplicar las señales de accionamiento a las válvulas de control correspondientes.

De este modo, a través del método de la invención, el controlador puede controlar las válvulas de control de forma individual para poder equilibrar los caudales de aire sangrados de motores individuales independientemente de los distintos rendimientos y tolerancias de fabricación de los motores.

45 Según un método preferente, al comparar los caudales de aire sangrado en cada uno de los conductos de sangrado de aire para derivar señales de igualación del flujo individuales para cada uno de los motores, el menor de los caudales de aire en un momento dado se utiliza como referencia con la que se pueden comparar el o los caudales de aire para el o los otros motores de modo que el caudal de aire del o de los otros motores sea igual al caudal de aire de la referencia.

50 El caudal de aire sangrado más bajo en ese momento dado que va a utilizarse como referencia se determina preferentemente de forma dinámica para que así el aire sangrado disponible coincida mejor con la demanda y el exceso de aire sangrado de los motores sea mínimo.

Cuando hay tres o más motores, el método puede consistir también en detectar si el caudal de aire sangrado de uno de los motores es inferior a un valor umbral, enviar una señal de accionamiento a la válvula de control correspondiente para hacer que la válvula de control se abra por completo y equilibrar las cantidades de suministro

de aire sangrado del resto de los motores. Así, por ejemplo, si uno o más de los motores se estrangula, se obtiene una aportación máxima al suministro de aire sangrado desde ese motor o motores, equilibrándose los suministros del resto de los motores.

5 El sistema auxiliar puede ser un sistema de aire acondicionado y/o un sistema antihielo. Los detectores de la presión del aire pueden ser, por ejemplo, detectores de tipo sólo Venturi o de hilo caliente.

A continuación se describen distintas realizaciones de la invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

10 La FIGURA 1 es un diagrama ilustrativo en el que se muestra un sistema de control para equilibrar el suministro de aire sangrado desde una pluralidad de motores de turbina de gas en el que puede aplicarse el método de la invención;

En la FIGURA 2a se muestra gráficamente la relación entre la corriente de accionamiento de la válvula y el caudal de aire para cada uno de los motores;

La FIGURA 2b es un gráfico similar al de la figura 2a pero en este caso la demanda de aire sangrado es mayor.

15 En referencia a la figura 1, se muestra un sistema de control 10 para equilibrar el suministro de aire sangrado de una pluralidad de, en este ejemplo, tres motores de turbina de gas 11, 12, 13 de una aeronave, aunque se verá que la invención no tiene por qué ser aplicada a los motores de aeronaves sino a cualquier otro sistema de múltiples motores de turbina de gas en el que se necesite un suministro de aire sangrado a presión para un sistema auxiliar.

20 El aire sangrado se presuriza y sangra para su uso en un sistema auxiliar, en este ejemplo un sistema antihielo 14 o un sistema de aire acondicionado 15, quedando el aire sangrado disponible para el sistema antihielo 14 y el sistema de aire acondicionado 15 desde un conducto de distribución común 17.

25 El aire sangrado de cada uno de los motores 11, 12, 13 para a lo largo de un conducto de sangrado de aire correspondiente 11a, 12a, 13a hasta el conducto de distribución común 17, a través de una válvula correspondiente V1, V2 o V3, que en este ejemplo pueden ser válvulas rotatorias capaces de medir el flujo de aire, tales como válvulas de mariposa o válvulas lineales, según convenga. Las válvulas V1, V2 y V3 pueden ser accionadas eléctrica o neumáticamente pero, sea cual sea el caso, pueden ser controladas por un controlador del sistema 20 para controlar el caudal de aire sangrado desde los conductos de sangrado de aire correspondientes 11a, 12a, 13a hasta el conducto de distribución común 17.

30 El sistema 10 incluye un detector de presión 22 para detectar la presión del aire en el conducto de distribución común 17. El detector 22 es preferentemente un transductor que genera una señal eléctrica indicativa de la presión del aire en el conducto de distribución 17. La señal es procesada por un procesador de señales 22a antes de ser enviada a lo largo del conducto 22b hasta un comparador 23 que también recibe una señal de demanda a lo largo de un conducto 24 indicativa de la demanda de aire sangrado por parte del sistema antihielo 14 y del sistema de aire acondicionado 15. El comparador 23 genera así una señal de comando a lo largo del conducto 25 indicativa de la  
35 diferencia entre la demanda de aire sangrado y el aire sangrado disponible en el conducto de distribución común 17.

40 A continuación, la señal de comando generada a lo largo del conducto 25 se utiliza para generar señales de accionamiento para cada una de las válvulas de control V1, V2, V3 presentes en los conductos 11b, 12b y 13b, como se explica más adelante, de modo que cada una de las válvulas de control V1, V2, V3 sea activada para que, en la medida de lo posible, se equilibren los caudales de aire sangrado suministrados desde cada uno de los tres motores 11, 12, 13 y, de este modo, la presión en el conducto de distribución común 17 sea igual a la demanda indicada por la señal del conducto 24.

El caudal de aire en cada uno de los conductos de sangrado de aire 11a, 12a, 13a es detectado por un detector de caudal S1, S2, S3 apropiado, en donde cada uno de ellos envía una señal al controlador 20 indicativa del caudal de aire en el conducto de sangrado de aire 11a, 12a, 13a correspondiente.

45 Cada una de las señales enviadas por los detectores del caudal de aire S1, S2, S3 es procesada individualmente por un procesador de señales correspondiente 30, 31, 32 y filtrada para convertir la información sobre el caudal contenida en la señal correspondiente en una medida del caudal del aire sangrado en los conductos de sangrado de aire 11a, 12a, 13a correspondientes en los conductos indicados en 30a, 31a y 32a correspondientes.

50 Los caudales de aire así determinados para cada una de los conductos de sangrado de aire 11a, 12a, 13a se comparan entonces en un comparador selector de caudal más bajo/mínimo 35 para determinar cuál de los caudales de aire detectados por los detectores S1, S2 y S3 en los conductos de sangrado de aire 11a, 12a, 13a es el menor en ese momento. A continuación se utiliza el caudal más bajo/mínimo como referencia a partir de la cual se comparan las señales de caudal en los conductos 30a, 31a y 32a para derivar señales individuales de igualación del flujo para los flujos de aire sangrado de cada una de las señales de error de caudal 30b, 31b, 32b. El caudal

mínimo/más bajo se determina dinámicamente durante el uso para que el equilibrio sea óptimo, si bien también puede determinarse a intervalos si se desea.

Una de las señales de error de flujo 30b, 31b, 32b será, por supuesto, cero cuando se compare la referencia con ella misma. Los limitadores 30c, 31c y 32c limitan las señales de error del caudal con fines de control.

5 Los comparadores 30e, 31e y 32e sustraen cada una de las señales de error de caudal limitadas 30d, 31d, 32d de la  
 10 señal de comando del conducto 35 (aunque una de éstas, la referencia determinada por el comparador selector del más bajo/mínimo será cero) para generar señales de igualación del flujo que entonces son enviadas a un circuito de accionamiento correspondientes en los conductos 11b, 12b, 13b para las válvulas correspondientes VI, V2, V3, que se abren/cierran en respuesta al equilibrio de las aportaciones de flujo de aire sangrado desde los tres motores 11, 12, 13 y para satisfacer la demanda indicada en el conducto 24.

15 El circuito de accionamiento de las válvulas 11d, 12d y 13d puede incluir un integrador y un amplificador y puede causar el aumento o la disminución de las señales de igualación del flujo cuando la entrada al circuito de accionamiento no es cero. De este modo, el sistema está sin valor de régimen con la presión detectada por el detector de presión 22 del conducto de distribución común 17 que se está ajustando para igualar la demanda indicada en el conducto 24 en el estado estacionario.

20 Normalmente, la ganancia integral en el circuito de accionamiento de las válvulas 11d, 12d y 13d está asociada a una ganancia proporcional y a una ganancia derivada en un controlador PID tradicional conocido por aquellos versados en el arte de la teoría de control. Son necesarias una estabilización y una optimización de la respuesta pero éstas no forman parte de la presente invención. Pueden utilizarse modelos de controladores 20 alternativos en función de los requisitos dinámicos. Las funciones del controlador se pueden dividir en varios controladores, uno para cada motor y/o sistema de escape.

25 El comparador 23 compara continuamente la presión del aire resultante en el conducto de distribución 17 con la señal de demanda del conducto 24 y las señales de accionamiento en los conductos 11b, 12b, 13b para las válvulas VI, V2 y V3 se ajustan hasta que la disponibilidad de aire sangrado en el conducto de distribución 17 coincide con la demanda. Por supuesto, la demanda puede cambiar, tal y como se indica en los gráficos de las figuras 2a y 2b, en cuyo caso la señal de comando en el conducto 25 cambiará y, como resultado, el circuito de accionamiento de las válvulas 11d, 12d, 13d abrirá/cerrará las válvulas VI, V2 y V3 conforme corresponda para igualar la demanda.

30 En referencia a la figura 2a, se muestran las relaciones entre el flujo de aire y la corriente de accionamiento (normalizada) para las tres válvulas VI, V2 y V3. Dado que el rendimiento y las tolerancias de fabricación de los motores 11, 12, 13 del sistema 10 son diferentes, la relación es diferente para cada válvula VI, V2 y V3. En la figura 2a, por ejemplo, sólo se requiere una cantidad limitada de aire, por ejemplo, el sistema de aire acondicionado 15 está funcionando. Conforme aumenta la demanda, por ejemplo porque el sistema antihielo 14 se pone en funcionamiento, se producirá un aumento en una magnitud de la señal de comando del conducto 25 requiriendo un aumento de la corriente de accionamiento indicada en  $x^1$ . No obstante, si las corrientes de accionamiento de las tres válvulas VI, V2 y V3 se aumentan por igual, los caudales de aire VI, V2 y V3 para las tres válvulas serán diferentes tal y como se indica en las líneas f1, f2 y f3 de la figura. No obstante, tras un período muy corto de tiempo, al poner en práctica el método de la invención, los caudales de aire proporcionados por las tres válvulas VI, V2 y V3 se pueden equilibrar, tal y como se indica en la Figura 2b, ajustando la corriente de accionamiento a cada una de las tres válvulas VI, V2 y V3.

35 40 En el ejemplo mostrado y descrito en referencia a la figura 1, el detector de presión 22 presente en el conducto de distribución común 17 y los detectores del caudal S1, S2 y S3 presentes en los conductos de aire sangrado 11a, 12a, 13a pueden ser de tipo Venturi, hilo caliente o de cualquier otro tipo que convenga, pero preferentemente deben de ser transductores capaces de generar y enviar señales eléctricas al controlador 20 indicativas del caudal de presión detectado.

45 El diagrama electrónico particular mostrado en la figura 1 no es más que un ejemplo de un diagrama que puede ser utilizado para que la señal de comando en el conducto 25 pueda ser aplicada a cada una de las válvulas VI, V2 y V3, pero que pueda ser corregida para equilibrar los caudales de aire sangrado aportados por cada uno de los motores 11, 12, 13.

50 Si se desea, sobre todo en el caso, aunque no sólo, de un sistema de cuatro o más motores, puede que resulte conveniente durante su uso estrangular uno o más de los motores durante, por ejemplo, el aterrizaje de la aeronave o mientras vuela a velocidad de crucero. De este modo puede reducirse considerablemente la aportación de flujo de aire de sangrado al sistema 10. Para evitar la reducción de las aportaciones del resto de los motores para igualar el bajo flujo de aire del motor estrangulado, que prácticamente con toda probabilidad resultaría en una cantidad de aire insuficiente disponible para el sistema antihielo 14 o el sistema de aire acondicionado 15, preferentemente el controlador 20, en respuesta al descenso del aporte de flujo de aire de cualquiera de los motores 11, 12, 13 por debajo de un umbral predeterminado, abre la válvula de control correspondiente VI, V2, V3, para lograr una

aportación de flujo de aire máxima desde el motor estrangulado, y el controlador 20 equilibra las aportaciones al flujo de aire sangrado del resto de los motores no estrangulados 11, 12,13.

También es posible que, junto con la presión, se utilice la temperatura del aire sangrado para calcular el flujo másico de aire sangrado con objeto de equilibrar el flujo.

- 5 Las características presentadas en la descripción anterior, o en las reivindicaciones siguientes, o en los dibujos que las acompañan, expresadas en sus formas específicas o en términos de un medio para la realización de la función presentada, o un método o proceso para obtener el resultado presentado, según corresponda, pueden, por separado, o por combinación de cualquiera de dichas características, ser utilizadas para la ejecución de la invención de diversas formas de la misma.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para equilibrar el suministro de aire sangrado de una pluralidad de motores de turbina de gas (11, 12, 13) para lo cual se utilizan unos conductos de sangrado de aire (11a, 12a, 13a) que van desde cada uno de los motores hasta un conducto de distribución común (17) que distribuye el aire sangrado a al menos un sistema auxiliar (14, 15), en donde cada conducto de sangrado de aire (11a, 12a, 13a) incluye una válvula de control (VI, V2, V3) que puede ser controlada por un controlador (20) para variar el caudal del sangrado de aire desde el motor asociado (11, 12, 13) y cuyo método consiste en proporcionar al controlador (20) una señal de demanda (24) indicativa de la demanda de aire sangrado por parte del sistema auxiliar (14, 15), detectar la presión del aire en el conducto de distribución (17) y comparar la señal de demanda (24) con la presión del aire detectada para derivar una señal de comando (25), detectar individualmente los caudales de aire en cada uno de los conductos de sangrado de aire (11a, 12, 13a) de los motores (11, 12, 13) con los detectores de los caudales de aire (S1, S2, S3) correspondientes que proporcionan señales de los caudales de aire al controlador (20), que se caracteriza porque el método también consiste en comparar los caudales en cada uno de los conductos de sangrado de aire (11a, 11b, 11c) para derivar señales individuales de coincidencia del flujo (30b, 31b, 32b) para cada uno de los motores (11, 12, 13), comparar cada una de las señales de coincidencia de flujo (30b, 31b, 32b) con la señal de comando (25) para derivar una señal de accionamiento (11b, 12b, 13b) para cada una de las válvulas de control (VI, V2, V3) y aplicar las señales de accionamiento a las válvulas de control (VI, V2, V3) correspondientes.
- 20 2. Un método conforme a la reivindicación 1 en donde al comparar el caudal de aire en cada uno de los conductos de sangrado de aire (11a, 12a, 13a) para derivar señales de igualación del flujo individuales para cada uno de los motores (11, 12, 13), el menor de los caudales de aire en un momento dado se utiliza como referencia con la que se pueden comparar el o los caudales de aire para el o los otros motores (11, 12, 13) de modo que el caudal de aire del o de los otros motores (11, 12, 13) sea igual al caudal de aire de la referencia.
- 25 3. Un método según la reivindicación 2 en donde el caudal de aire menor en ese momento se determina dinámicamente.
4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde hay tres o más motores (11, 12, 13), y cuyo método consiste en detectar que el caudal de aire sangrado de uno de los motores es inferior a un valor umbral, proporcionar una señal de control a la válvula de control (VI, V2, V3) correspondiente para que la válvula de control se abra totalmente y equilibrar los suministros de aire sangrado desde el resto de los motores (11,12,13).
- 30 5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde el sistema auxiliar es un sistema de aire acondicionado (15) y/o un sistema antihielo (14).
6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde los o al menos uno de los detectores del caudal de aire (S1, S2, S3) es un detector tipo Venturi o hilo caliente.

06. Okt. 2003

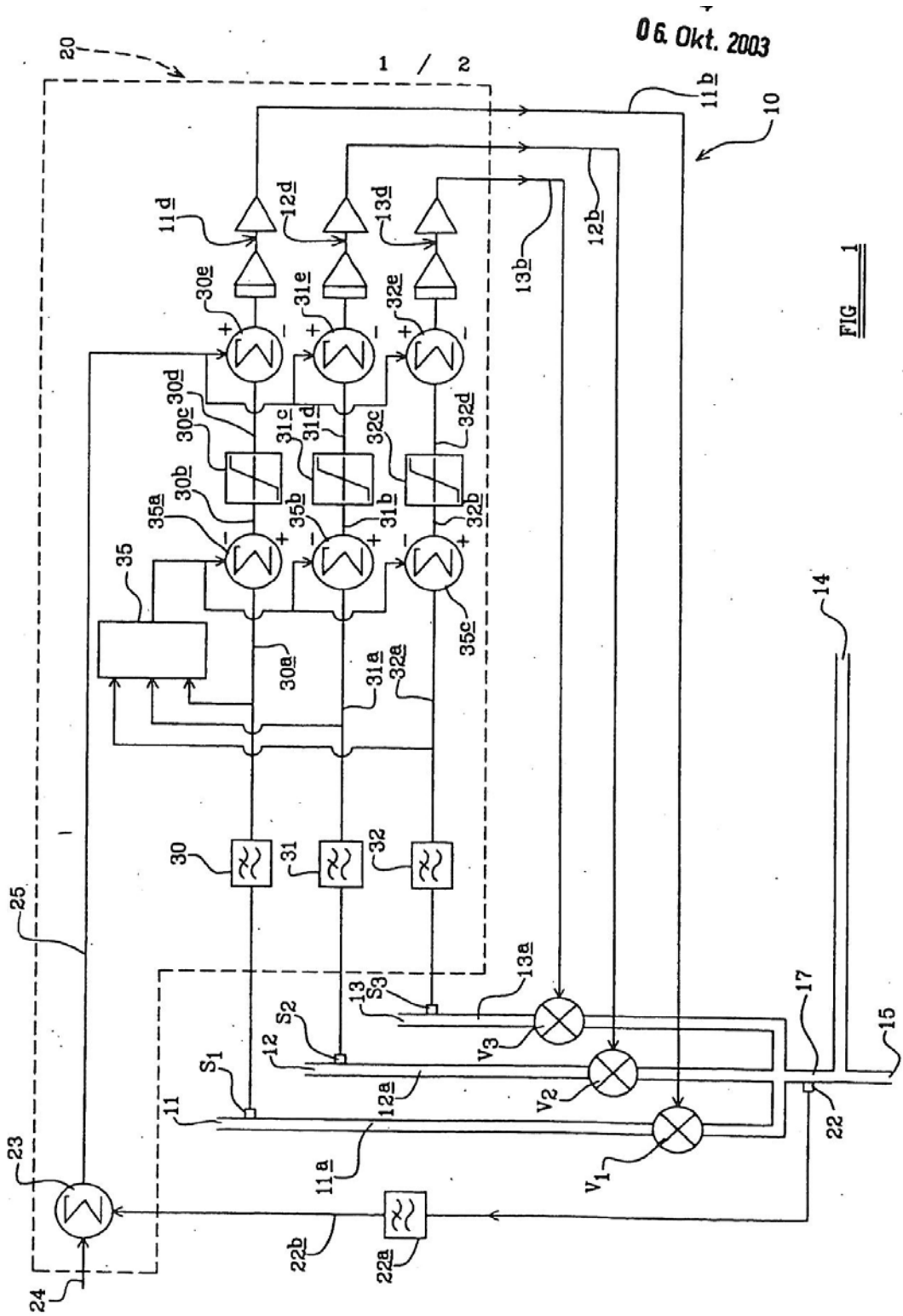
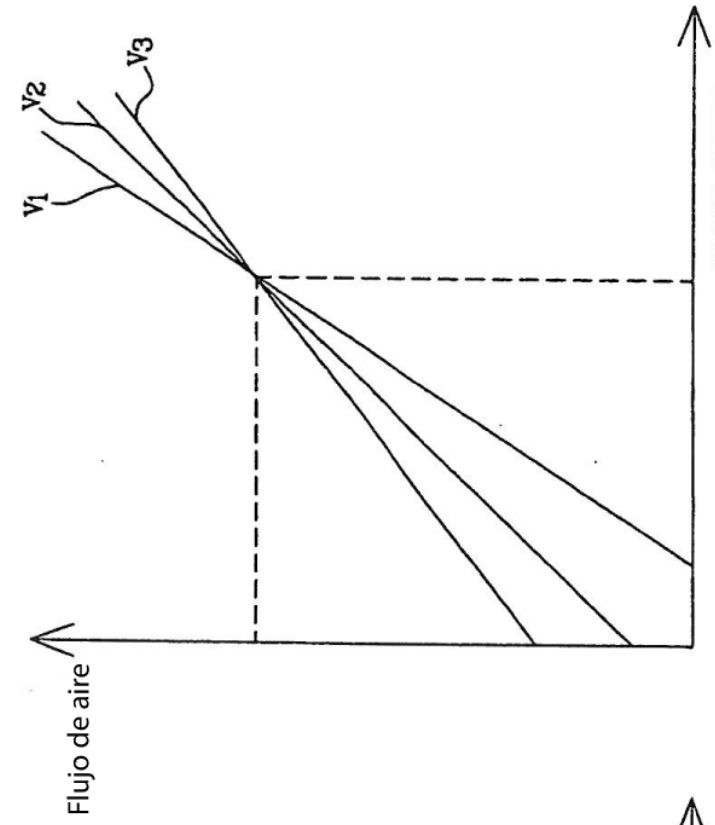
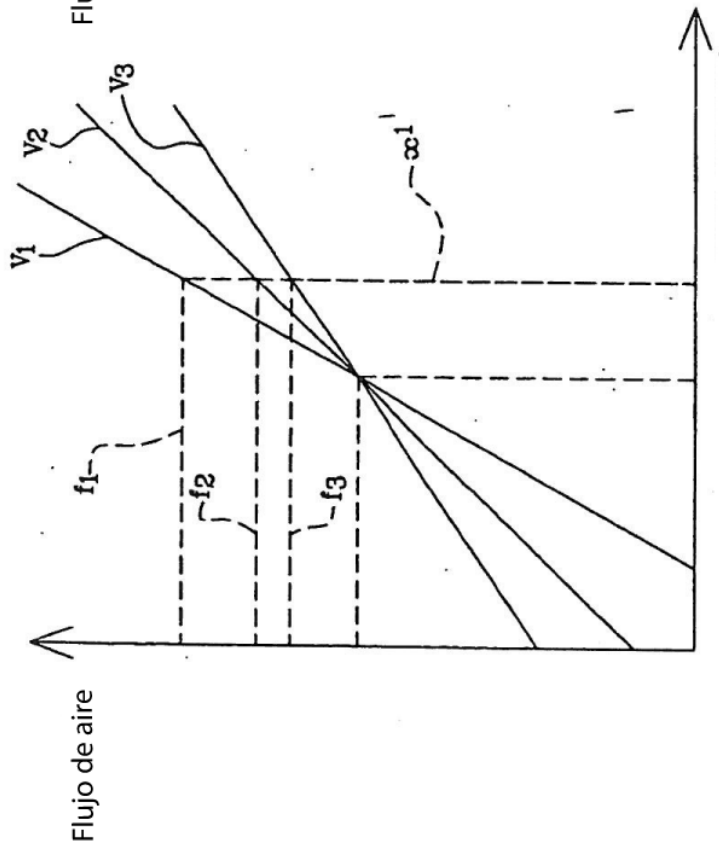


FIG. 1



Corriente de accionamiento (normalizada)

FIG 2b



Corriente de accionamiento (normalizada)

FIG 2a