

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 575**

51 Int. Cl.:

**B64D 41/00** (2006.01)

**F02C 7/04** (2006.01)

**F01D 19/00** (2006.01)

**F02C 7/268** (2006.01)

**B64D 33/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.04.2014 PCT/US2014/036087**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.11.2014 WO14182519**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2014 E 14794190 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019 EP 3016862**

54 Título: **Control de una puerta de admisión para la puesta en marcha de un motor de turbina de gas**

30 Prioridad:

**10.05.2013 US 201361821885 P**

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

**26.03.2019**

73 Titular/es:

**UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION  
(100.0%)**

**10 Farm Springs Road  
Farmington, CT 06032, US**

72 Inventor/es:

**WOLFF, ERIC L.;  
SHERRILL, BRENT L.;  
AJAMI, ANDRE M.;  
WINSTON, KENNETH W.;  
PASCU, VICTOR;  
VESSA, PHILLIP y  
DACUNHA, NELSON**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 705 575 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**

Control de una puerta de admisión para la puesta en marcha de un motor de turbina de gas

**Antecedentes**

5 La presente invención se refiere a puertas de admisión para motores de turbina de gas y, en particular, a un sistema y un método para controlar una puerta de admisión durante la puesta en marcha de una unidad de potencia auxiliar (APU) en base a las condiciones de vuelo de la aeronave.

Los motores de turbina de gas, y más específicamente las APU, representan una clase de motores usados para generar energía cinética y neumática. Se emplean en una variedad de aplicaciones, desde generadores de potencia terrestres hasta aplicaciones aeronáuticas.

10 El arranque de una APU requiere que el motor sea accionado a una cierta velocidad, de manera que la mezcla de combustible y aire proporcionada a la cámara de combustión sea propicia para el encendido (es decir, el arranque con éxito del motor). Estas condiciones llegan a ser mucho más difíciles de lograr cuando está a gran altitud. Por ejemplo, si una aeronave está volando a 40.000 pies (12.192 m), habrá muy poco aire fluyendo a través del motor, y el aire que está fluyendo a través del motor estará viajando a velocidades bastante altas. Esto hace muy difícil arrancar una APU, o cualquier motor de turbina de gas a grandes altitudes.

15 La puerta de admisión de la APU se sitúa en el revestimiento externo de la aeronave (por ejemplo, cerca del cono de cola de la aeronave) y se abre para proporcionar flujo de aire al motor para la puesta en marcha y la operación autosostenida. Tradicionalmente, la puesta en marcha de la APU se hace con la puerta de la APU completamente abierta. Si la APU se arranca en vuelo, tener la puerta de admisión completamente abierta puede hacer que el aire se mueva a través de la APU a alta velocidad. De este modo, pueden ocurrir problemas tales como rotación libre o un perfil de presión delta demasiado alto a través de la APU cuando se arranca la APU en vuelo. Es deseable proporcionar un equilibrio correcto de velocidad de aire y volumen a la APU durante la puesta en marcha en vuelo.

20 El documento WO 00/55485 A2, que se considera que es la técnica anterior más cercana, describe un sistema de control de la puerta de admisión del motor de turbina de gas como se expone en el preámbulo de la reivindicación 1.

**25 Compendio**

Desde un primer aspecto, la invención proporciona un sistema de control de puerta de admisión de motor de turbina de gas como se expone en la reivindicación 1.

La invención también proporciona un método de control de una puerta de admisión de un motor de turbina de gas, como se expone en la reivindicación 8.

30 Las características de las realizaciones de la invención se exponen en las reivindicaciones dependientes.

**Breve descripción de los dibujos**

La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema para controlar una puerta de admisión según una realización.

35 La FIG. 2 es un diagrama de flujo que ilustra un flujo de proceso para arrancar un motor de turbina de gas en vuelo según una realización.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo que ilustra un método para controlar una puerta de admisión según una realización.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo que ilustra un flujo de proceso de control de una puerta de admisión de un motor de turbina de gas según una realización alternativa.

**40 Descripción detallada**

La presente invención se refiere a un sistema y un método para controlar una puerta de admisión para un motor de turbina de gas, y en particular a un sistema y un método para controlar una puerta de admisión para una unidad de alimentación auxiliar (APU) durante la puesta en marcha. El sistema incluye una APU con una puerta de admisión, un controlador de APU, un controlador de puerta de admisión y un actuador de puerta de admisión. El controlador de 45 puerta y el actuador operan para abrir la puerta de admisión a una posición intermedia entre completamente cerrada y completamente abierta antes de poner en marcha la APU. La posición intermedia se determina en base a una serie de factores de arranque de APU incluyendo una o más condiciones de vuelo enviadas al controlador de APU desde la aeronave, condiciones de APU y otros factores tales como el tiempo, la temperatura del aire, la altitud, la velocidad del aire, el volumen de flujo de aire que entra en el conducto de admisión, la presión del aire y el contenido de oxígeno que entra en la puerta de admisión, etc. En una realización, estos factores de arranque de APU se 50 pueden medir de manera externa a la APU e incluyen, por ejemplo, la temperatura, las condiciones del viento, el

número de mach y la altitud. Después de que haya arrancado el motor, la puerta de admisión se puede abrir desde la posición intermedia a una posición óptima y permanecer allí durante la operación de la APU.

La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema 10 para controlar una puerta de admisión para una APU. El sistema 10 incluye la APU 12, el controlador de APU 14, el controlador de puerta 16, el actuador de puerta 18, la puerta de admisión 20, el sistema de control de aeronave 22, las líneas de comando 24a y 24b, las líneas de realimentación 26a y 26b, y los sensores de aeronave 28. En una realización, las líneas de comando 24a y 24b, y las líneas de realimentación 26a y 26b pueden ser una única línea, o pueden ser señales transmitidas inalámbricamente. En una realización, el controlador de APU 14 y el controlador de puerta 16 son microcontroladores o procesadores de ordenador y se pueden implementar usando, por ejemplo, una agrupación de puertas programables en campo (FPGA). Aunque se ilustra como un sistema para controlar una puerta de admisión de una APU, en una realización el sistema 10 se puede implementar para controlar una puerta de admisión de cualquier motor de turbina de gas. El controlador de puerta 16 se puede integrar en el actuador de puerta 18 como un único componente. Los sensores de aeronave 28 detectan condiciones de vuelo tales como, por ejemplo, velocidad, condiciones del viento, altitud y temperatura, y proporcionan estas condiciones como entrada al sistema de control de aeronave 22. En una realización, las condiciones de vuelo u otros parámetros se envían a través del bus de datos de la aeronave desde, por ejemplo, un controlador de motor de aeronave. Estas condiciones de vuelo se pueden comunicar al controlador de APU 14 desde el sistema de control de aeronave 22 usando un enlace de comunicación que utiliza cualquier protocolo de comunicación de aeronave conocido en la técnica, o se pueden comunicar directamente desde los sensores 28. El sistema de control de aeronave 22 es cualquier sistema de control de aeronave conocido en la técnica, y se implementa de manera externa a la APU 12.

La puerta de admisión 20 se abre y se mantiene en una posición intermedia antes de la puesta en marcha de la APU 12 para limitar el flujo de aire al motor. Cuando se inicia una APU en vuelo, por ejemplo, el aire que entra en el motor a través de la puerta de admisión 20 puede variar de manera bastante drástica en base a condiciones tales como la velocidad o la altitud de la aeronave. Esto hace que el arranque de una APU en vuelo sea un proceso impredecible. Abriendo y manteniendo la puerta de admisión 20 en una posición intermedia durante la puesta en marcha, el flujo de aire a la APU 12 se controla para facilitar mejor el encendido del motor en base a las condiciones de vuelo.

La posición intermedia de la puerta de admisión 20 puede ser fija para una aplicación dada, o se puede determinar en vuelo en base a las condiciones de vuelo proporcionadas por el sistema de control de aeronave 22. En una realización, estas condiciones se miden por el controlador de sistema de aeronave 22 y no se miden por la APU 12 en sí misma. En una realización alternativa, la APU 12 puede medir las condiciones en sí mismas, o las condiciones se pueden medir mediante una combinación de la APU 12 y el controlador de sistema de aeronave 22. El controlador de APU 14 usa las condiciones de vuelo y/u otros factores de arranque de la APU para determinar la posición intermedia correcta para la puerta de admisión 20 usando, por ejemplo, una tabla de búsqueda o un algoritmo en tiempo real basado en los parámetros de la aeronave. Esta posición intermedia puede ser cualquier posición entre cerrada y completamente abierta, tal como 15°. Los parámetros de vuelo incluyen la velocidad de la aeronave, la altitud de la aeronave, las condiciones del viento y la temperatura exterior. Factores de arranque de la APU adicionales pueden incluir la temperatura de escape de la APU 12, la velocidad de rotación de la APU 12 o una combinación de factores de arranque de la APU.

En una realización, la puerta de admisión 20 se opera por el controlador de puerta 16 en base a los comandos recibidos del controlador de APU 14. Estos comandos incluyen, entre otros, un comando "abrir puerta" y un comando "detener puerta", o un comando de posición específica. El controlador de puerta 16 recibe estos comandos y opera el actuador de puerta 18 para moverse, o detener el movimiento de la puerta de admisión 20, o para mover la puerta de admisión 20 a una posición específica. En una realización adicional, el controlador de puerta 16 monitoriza la posición actual de la puerta de admisión 20 y proporciona realimentación de la posición de la puerta de admisión 20 al controlador de APU 14. De esta forma, el controlador de APU 14 puede monitorizar la posición de la puerta de admisión 20 mientras la puerta está en movimiento.

En una realización alternativa, el controlador de puerta 16 recibe las diversas condiciones de vuelo y/o factores de arranque de la APU adicionales directamente y calcula la posición de la puerta de admisión 20 y controla el actuador de puerta 18 directamente.

La puerta de admisión 20 se controla para abrirse a una posición intermedia para la puesta en marcha de la APU 12 con el fin de facilitar mejor el encendido. Para iniciar la puesta en marcha, se envía un comando de arranque al controlador de APU 14 desde, por ejemplo, la cabina del piloto de la aeronave. En una realización, la APU puede iniciar una secuencia de puesta en marcha automáticamente cuando se detecta una pérdida de potencia.

En una realización, antes de iniciar la puesta en marcha de la APU 12, el controlador de APU 14 enviará al controlador de puerta 16 un comando "abrir puerta". El controlador de puerta 16 reconoce el comando "abrir puerta" y comienza a mover la puerta de admisión 20 hasta una posición abierta. El controlador de puerta 16 monitoriza la posición de la puerta de admisión 20 y proporciona realimentación al controlador de APU 14 en la línea de realimentación 26a para indicar la posición actual de la puerta de admisión 20. Cuando el controlador de APU 14 recibe realimentación de que la puerta de admisión 20 ha alcanzado la posición intermedia predeterminada, el controlador de APU 14 envía al controlador de puerta 16 un comando "detener puerta". Cuando el controlador de

puerta 16 recibe el comando “detener puerta”, opera el actuador de puerta 18 para detener el movimiento y mantener la puerta de admisión 20 en su posición actual.

Una vez que la puerta de admisión 20 está en la posición intermedia, el controlador de APU 14 opera para iniciar el procedimiento de encendido de la APU 12, que incluye arranque, encendido y entrega de combustible. Durante el encendido, el controlador de APU 14 opera para acelerar la APU 12 a una velocidad de encendido usando, por ejemplo, un motor de arranque. La puerta de admisión 20 permanece en la posición intermedia hasta que se detecta el encendido de la APU 12. El controlador de APU 14 monitoriza la velocidad de la APU 12 para determinar cuándo ha ocurrido el encendido. Cuando la APU 12 alcanza una velocidad predeterminada como se observa por el controlador de APU 14, ha ocurrido un encendido y la APU 12 se acelera hasta una velocidad autosostenida.

Siguiendo al encendido, el controlador de APU 14 opera para abrir la puerta de admisión 20 desde la posición intermedia a una posición abierta óptima con el fin de proporcionar un flujo de aire operacional adecuado a la APU 12 cuando la APU está a plena velocidad de operación. El controlador de APU 14 envía un comando “abrir puerta” al controlador de puerta 16. El controlador de puerta 16 opera el actuador de puerta 18 para abrir la puerta de admisión 20 desde el estado intermedio a un estado más abierto. El controlador de puerta 16 monitoriza la posición de la puerta de admisión 20 y proporciona la posición como realimentación al controlador de APU 14 mientras que la puerta de admisión 20 está en movimiento. Cuando el controlador de APU 14 detecta que la puerta de admisión 20 está en una posición abierta óptima, el controlador de APU 14 envía un comando “detener puerta” al controlador de puerta 16. El controlador de puerta 16 opera el actuador de puerta 18 para detener y mantener la puerta de admisión 20 en la posición abierta óptima. Abrir la puerta de admisión 20 a una posición completamente abierta que sigue a la puesta en marcha de la APU 12 permite el flujo de aire correcto para la operación de la APU a plena velocidad de operación. La APU 12 puede experimentar problemas, tales como el apagado, si la puerta de admisión 20 se deja en una posición intermedia durante la operación de la APU 12.

La FIG. 2 es un diagrama de flujo que ilustra un flujo de proceso 30 para iniciar una APU según una realización. En el bloque 32, se inicializa una secuencia de arranque. En una realización, la secuencia de arranque puede ser inicializada por una señal desde la cabina del piloto enviada o bien manualmente por un piloto, o bien automáticamente en base a uno o más eventos. En una realización alternativa, la secuencia de inicialización de la APU puede arrancar automáticamente en base a la detección de una pérdida de potencia, o algún otro fallo del sistema. En el bloque 34, la puerta de admisión 20 de la APU se abre hasta una posición intermedia entre completamente cerrada y completamente abierta. En el bloque 36, se arranca la APU 12.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo que ilustra un flujo de proceso 50 de control de la puerta de admisión 20 de la APU 12 como parte de la inicialización de la APU descrita anteriormente con respecto a la FIG. 2, según una realización. En el paso 52, el controlador de APU 14 recibe un comando de arranque externo desde, por ejemplo, la cabina del piloto de la aeronave. En el paso 54, el controlador de APU 14 envía un comando “abrir puerta” al controlador de puerta 16. El método 50 permanece en el paso 56 hasta que el controlador de puerta 16 ha indicado al controlador de APU 14 que la puerta de admisión 20 ha alcanzado la posición intermedia. En el paso 58, el controlador de APU 14 envía un comando “detener puerta” al controlador de puerta 16 con el fin de detener y mantener la puerta de admisión 20 en la posición intermedia. El Método 50 entonces espera en el paso 60 hasta que la velocidad de la APU alcance un valor indicativo del encendido, tal como el 35% de la velocidad máxima de la APU. En el paso 62, el controlador de APU 14 envía un comando “abrir puerta” al controlador de puerta 16. El controlador de puerta 16 opera el actuador de puerta 18 para poner la puerta de admisión 20 en movimiento desde la posición intermedia hasta una posición más abierta. El método 50 permanece en el paso 64 hasta que el controlador de puerta 16 haya indicado al controlador de APU 14 que la puerta de admisión 20 está en una posición completamente abierta. En el paso 66, el controlador de APU 14 envía un comando de “detener puerta” al controlador de puerta 16. El controlador de puerta 16 opera el actuador de la puerta 18 para detener y mantener la puerta de admisión 20 en una posición completamente abierta durante el resto de la operación de la APU.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo que ilustra un flujo de proceso 70 de control de la puerta de admisión 20 de la APU 12 como parte de la inicialización de la APU descrita anteriormente con respecto a la FIG. 2 según una realización alternativa. En el bloque 72 se arranca una secuencia de inicialización de la APU. En el bloque 74, un controlador de APU recibe uno o más factores de arranque de la APU. En el bloque 76, la posición de la puerta de admisión se determina en base a uno o más factores de arranque de la APU. En una realización, la posición de la puerta de admisión se determina mediante un algoritmo que calcula una posición de la puerta de admisión, por ejemplo, en base a la velocidad del aire y la altitud. En una realización adicional, la posición de la puerta de admisión se determina por uno o más factores de arranque de la APU que son internos a la APU 12, tales como la velocidad de rotación del motor, la temperatura del motor, etc. En una realización adicional, la posición de la puerta de admisión se determina en base a una combinación de factores de arranque de la APU internos y externos. En otra realización más, la posición de la puerta de admisión de la APU se elige a partir de una tabla compuesta por dos o más dimensiones en base a uno más factores de arranque.

En el bloque 78, la puerta de admisión 20 de la APU se abre a una posición en base a la posición determinada. En una realización adicional, el controlador de APU 14 transmite una señal digital o analógica al controlador de puerta 16 que indica la posición exacta para abrir la puerta de admisión 20. En una realización, el controlador de puerta 16 envía una señal al actuador de puerta 18 durante un período de tiempo correspondiente a la cantidad de tiempo

requerido para abrir la puerta de admisión 20 a la posición determinada. En una realización adicional, el controlador de puerta 16 envía una o más señales digitales o analógicas discretas que hacen que el actuador de puerta de admisión 18 abra la puerta de admisión 20 hasta la posición determinada.

5 En el bloque 80, se determina si ha arrancado la APU 12. El controlador de APU 14 determina si la ha arrancado la APU 12 en base a la velocidad de rotación del motor. Si no ha arrancado la APU 12, entonces el procesamiento continúa en el bloque 76 donde la posición de la puerta de admisión 20 de la APU se determina una vez más usando uno o más de los métodos descritos anteriormente. En una realización, se determina la posición de la puerta de admisión 20 de la APU y entonces se abre o se cierra hasta la posición recientemente determinada de manera sustancialmente constante hasta que se arranca la APU 12. En una realización, se puede usar un algoritmo o una  
10 tabla diferente para calcular la posición de la puerta de admisión de la APU en base a un rango de uno o más factores de arranque de la APU. Por ejemplo, en una realización, se puede usar un primer algoritmo para calcular la posición de admisión de la puerta de la APU, mientras que la aeronave está por debajo de 8.000 pies (2.438 m) de altitud, se puede usar un segundo algoritmo entre 8.000 pies (2.438 m) y 10.000 pies (3.048 m) de altitud, y se puede usar un tercer algoritmo por encima de 10.000 pies (3.048 m). En una realización, se puede usar cualquier  
15 número de algoritmos diferentes, y uno o más de los algoritmos pueden estar seleccionando un valor de una o más tablas multidimensionales.

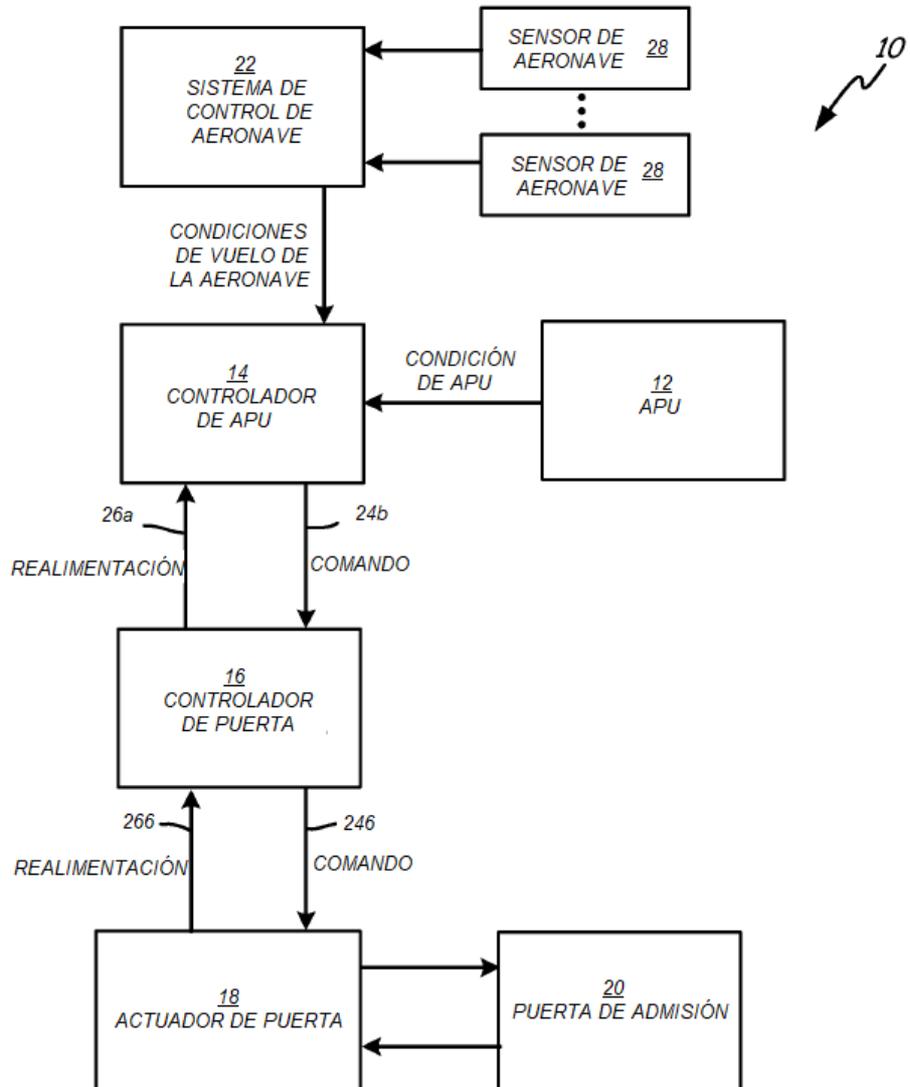
En el bloque 82, si ha arrancado la APU 12, la secuencia de arranque finaliza. En una realización, una vez que finaliza la secuencia de arranque, la puerta de admisión 20 de la APU se abre completamente. En una realización, la posición de la puerta de admisión 20 de la APU puede continuar siendo ajustada después de que se haya arrancado  
20 la APU 12, y hasta que la APU 12 esté completamente operativa. En otra realización más, se pueden usar uno o más algoritmos para ajustar continuamente la posición de la puerta de admisión 20 incluso después de que la APU 12 esté completamente operativa con el fin de maximizar la eficiencia de la APU 12.

Aunque la invención se ha descrito con referencia a una realización o realizaciones ejemplares, se entenderá por los expertos en la técnica que se pueden hacer diversos cambios y se pueden sustituir sus equivalentes por elementos  
25 de la misma sin apartarse del alcance de la invención. Además, se pueden hacer muchas modificaciones para adaptar una situación o un material particular a las enseñanzas de la invención sin apartarse del alcance esencial de la misma. Por lo tanto, se pretende que la invención no se limite a la realización o las realizaciones particulares descritas, sino que la invención incluirá todas las realizaciones que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

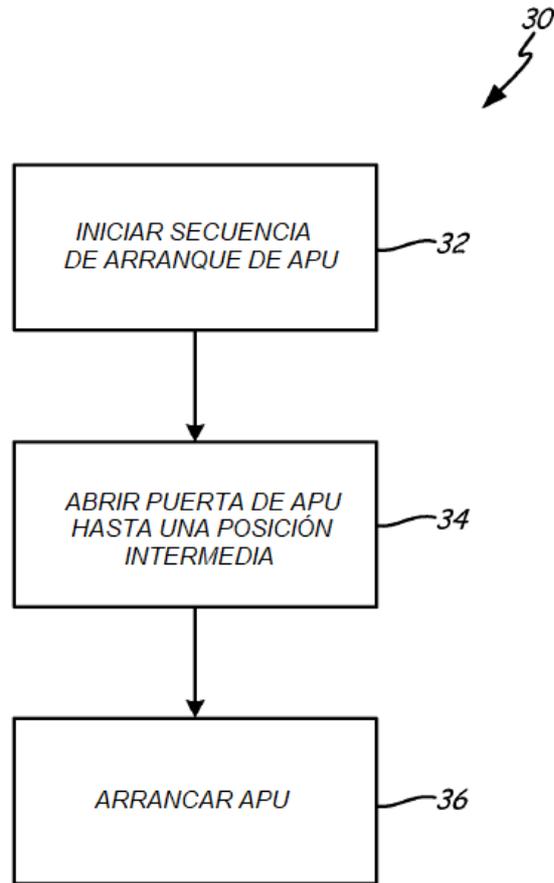
30

**REIVINDICACIONES**

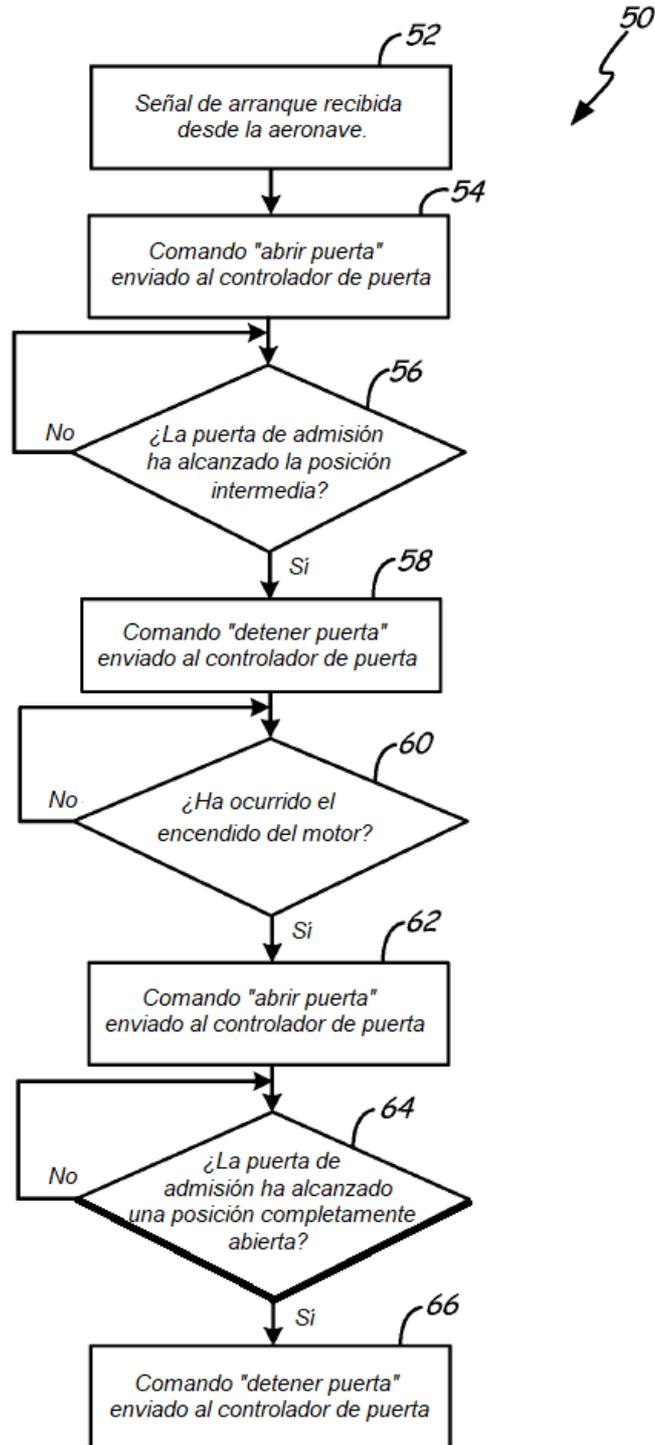
1. Un sistema de control de puerta de admisión de motor de turbina de gas (10) que comprende:
  - un actuador (18) para abrir y cerrar una puerta de admisión (20) de un motor de turbina de gas;
  - 5 un controlador de motor (14) para determinar una posición de puerta intermedia en base a uno o más factores de arranque del motor; y
  - un controlador de puerta (16) para operar el actuador (18) para abrir la puerta de admisión (20) a la posición de puerta intermedia en base a uno o más factores de arranque del motor, caracterizado por que el controlador de puerta (16) está configurado para operar el actuador (18) para abrir la puerta de admisión (20), y mantener la
  - 10 puerta de admisión (20) en una posición completamente abierta siguiendo al encendido del motor de turbina de gas, y por que ese encendido del motor de turbina de gas se detecta por el controlador de motor (16) en base a la detección de una velocidad predeterminada del motor de turbina de gas.
2. El sistema de la reivindicación 1, en donde el controlador de motor (14) está configurado para enviar un comando al controlador de puerta (16), el comando configurado para dar instrucciones al controlador de puerta (16) para abrir la puerta (20).
- 15 3. El sistema de la reivindicación 2, en donde el controlador de puerta (16) está configurado para proporcionar realimentación al controlador de motor (14) indicando una posición actual de la puerta de admisión (20).
4. El sistema de la reivindicación 3, en donde el comando es un comando de arranque configurado para dar instrucciones al controlador de puerta (16) para comenzar la apertura de la puerta (20), y el controlador de motor (14) está configurado además para enviar un comando de parada al controlador de puerta (16) en la posición actual
- 20 de la puerta de admisión que es igual a la posición de puerta intermedia.
5. El sistema de la reivindicación 2, 3 o 4, en donde el comando de apertura incluye una instrucción discreta que incluye la posición de puerta intermedia, y el controlador de puerta (16) está configurado para abrir la puerta (20) a la posición intermedia incluida en la instrucción discreta.
- 25 6. El sistema de cualquier reivindicación precedente, en donde los factores de arranque del motor incluyen una o más condiciones de vuelo de la aeronave, y que comprenden además sensores de aeronave (28) para detectar la una o más condiciones de vuelo de la aeronave y proporcionar las condiciones de vuelo de la aeronave a un sistema de control de aeronave (22), en donde el sistema de control de aeronave (22) proporciona las condiciones de vuelo de la aeronave al controlador de motor (14).
7. El sistema de cualquier reivindicación precedente, en donde el controlador de puerta (16) está configurado para
- 30 ajustar continuamente la posición de la puerta de admisión en base a un cambio de uno o más de los factores de arranque del motor.
8. Un método de control de una puerta de admisión (20) de un motor de turbina de gas, el método que comprende:
  - recibir uno o más factores de arranque del motor que siguen a la iniciación de una secuencia de arranque;
  - determinar, mediante un procesador de ordenador, una posición intermedia para la puerta de admisión (20) en
  - 35 base a uno o más factores de arranque del motor;
  - abrir la puerta de admisión (20) del motor de turbina de gas hasta la posición intermedia; y
  - arrancar el motor de turbina de gas;
  - detectar el encendido del motor de turbina de gas, por el controlador de motor (16), en base a la detección de una velocidad predeterminada del motor de turbina de gas;
  - 40 abrir la puerta de admisión (20) a una posición completamente abierta que sigue al encendido del motor de turbina de gas; y
  - mantener la puerta de admisión (20) en la posición completamente abierta que sigue al encendido del motor de turbina de gas.



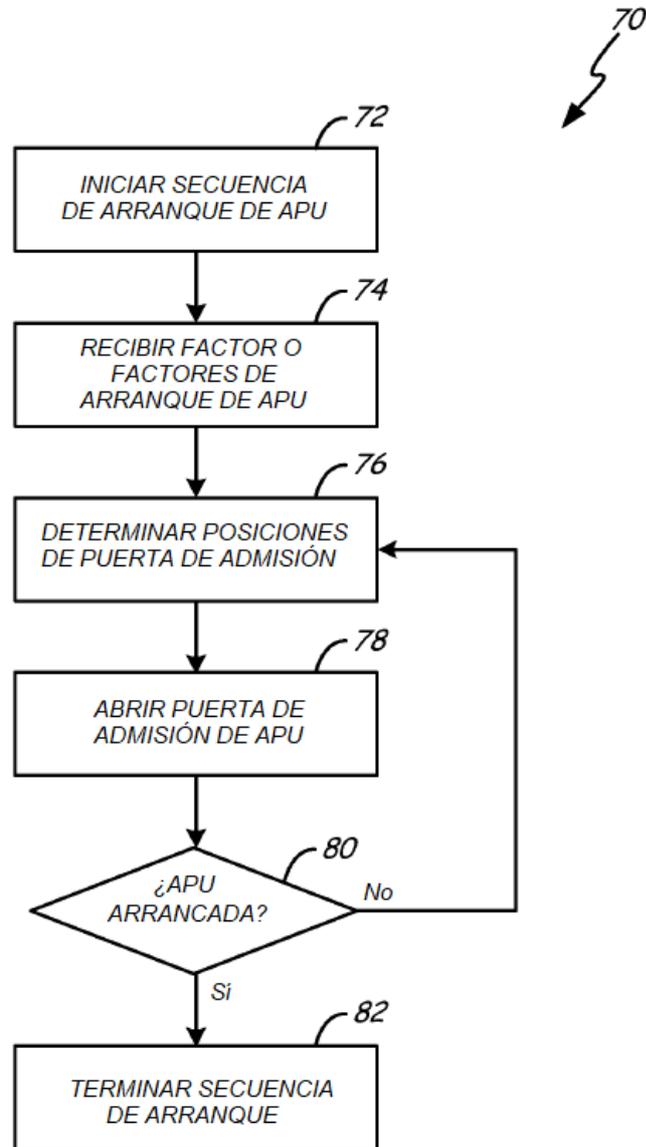
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**