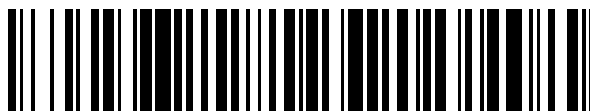


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 452**

51 Int. Cl.:

G01S 13/34 (2006.01)

G01S 13/88 (2006.01)

G01S 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2013 E 13164523 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 2653888**

54 Título: **Sistema de radioaltimetría adaptado para funcionar en una instalación de radioaltimetría dual**

30 Prioridad:

20.04.2012 FR 1201174

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

28.05.2019

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly Sur Seine, FR**

72 Inventor/es:

**LYS, SÉBASTIEN y
ANDRÉ, JEAN-JACQUES**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 714 452 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

Sistema de radioaltimetría adaptado para funcionar en una instalación de radioaltimetría dual

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un sistema de radioaltimetría apto para ser fijado a una aeronave y para proporcionar una distancia de dicha aeronave con respecto a una superficie, adaptado para funcionar en una instalación de radioaltimetría dual que consta de dos tales sistemas de radioaltimetría.
- 10 **[0002]** Unos sistemas de radioaltimetría, utilizados en el campo de la aeronáutica civil o militar, son más generalmente conocidos con el nombre de radioaltímetros.
- 15 **[0003]** Un radioaltímetro es un instrumento instalado a bordo de una aeronave y apto para proporcionar la altura de la aeronave con respecto al suelo o a una superficie sobrevolada. Un radioaltímetro se utiliza en particular durante las fases de vuelo automático o las fases de vuelo críticas, tales como la aproximación, el aterrizaje y el despegue. La medida de altura proporcionada por el radioaltímetro puede utilizarse además para diversas aplicaciones informáticas aplicadas por ordenador de a bordo como, por ejemplo, el ajuste de la posición de la aeronave con respecto a un mapa preestablecido del terreno sobrevolado.
- 20 **[0004]** En el estado de la técnica, se conocen diferentes tipos de radioaltímetros, siendo el principio general de tales instrumentos medir la altura midiendo el tiempo de propagación de señales radioeléctricas emitidas y recibidas después de la reflexión al suelo.
- 25 **[0005]** En particular, se conoce la utilización de la emisión continua de onda radioeléctrica modulada en frecuencia por una señal de modulación que consta de unas rampas, con pendiente casi lineal, según una excursión de frecuencia o pendiente δF , conocida con el nombre de modulación FMCW para «frequency-modulated continuous wave». En el campo civil, la banda de frecuencia utilizada es de 4.2 a 4.4 GHz. Después de la reflexión sobre el suelo, una onda radioeléctrica reflejada es recibida en eco después de una duración τ que va en función de la altura de la aeronave y permite por tanto calcular esta altura.
- 30 **[0006]** A fin de asegurar la seguridad y el buen funcionamiento en las fases de vuelo crítico o las fases de vuelo automático, especialmente para el transporte de pasajeros, es habitual posicionar dos radioaltímetros sobre una aeronave.
- 35 **[0007]** El hecho de posicionar dos radioaltímetros sobre una aeronave puede conducir a unas interferencias, la onda radioeléctrica emitida por un radioaltímetro que puede ser captada como onda radioeléctrica reflejada por el otro radioaltímetro. Este tipo de interferencias entre los dos sistemas de radioaltimetría conduce potencialmente a unos errores de medida de la altura de la aeronave.
- 40 **[0008]** A fin de reducir estas perturbaciones, una solución conocida del estado de la técnica consiste en posicionar los sistemas de radioaltimetría y, en particular, sus antenas de emisión/recepción, según unas recomendaciones de distancia, como se ha preconizado por ejemplo por el estándar ARINC707, que permite asegurar el desacoplamiento completo de las ondas radioeléctricas emitidas y reflejadas. No obstante, estas recomendaciones son difíciles de respetar en unas aeronaves pequeñas, tales como los drones. Además, es posible, a pesar del respeto de las recomendaciones, encontrar unas interferencias para ciertas configuraciones del terreno sobrevolado.
- 45 **[0009]** Alternativamente, se conoce en el estado de la técnica prever unos radioaltímetros que funcionan con unas señales de modulación con pendiente fija, pero cuya duración de las rampas o la frecuencia central de las rampas es modificada. Siendo estos funcionamientos diferentes predefinidos, la configuración de la señal de modulación debe ser fijada en la fabricación. Por consiguiente, un coste suplementario es inducido por la fabricación diferenciada de tales sistemas en vista de su utilización en una instalación dual.
- 50 **[0010]** El documento US4106018 describe un sistema de radioaltimetría apto para ser fijado a una aeronave, adaptado para funcionar en una instalación dual.
- 55 **[0011]** El documento US2004/130482 A1 describe un sistema de radioaltimetría dual.
- 60 **[0012]** La invención tiene como objeto remediar los inconvenientes del estado de la técnica, que permite proporcionar unos sistemas de radioaltimetría fiables en una instalación con dos sistemas tales, evitando al mismo tiempo un coste adicional de fabricación de tales sistemas.
- 65 **[0013]** A tal efecto, según un primer aspecto, la invención propone un sistema de radioaltimetría apto para estar fijado a una aeronave y para proporcionar una distancia de dicha aeronave con respecto a una superficie, adaptado para funcionar en una instalación de radioaltimetría dual que consta de dos sistemas tales de radioaltimetría, constanding dicho sistema de radioaltimetría de un generador de onda radioeléctrica modulada en

frecuencia por una señal de modulación que consta de unas rampas de variación de frecuencia según una excursión de frecuencia definida por al menos un parámetro.

[0014] El sistema de radioaltimetría consta de unos medios de obtención de un identificador que permite distinguir dicho sistema de radioaltimetría del otro sistema de radioaltimetría de dicha instalación dual y unos medios de selección de dicho al menos un parámetro que define la excursión en frecuencia de la señal de modulación en función del identificador obtenido.

[0015] Ventajosamente, el sistema de radioaltimetría según la invención es parametrizable dinámicamente, en la medida en que las rampas de variación de frecuencia son parametrizables según el identificador del sistema obtenido durante la puesta en funcionamiento. Así, tal sistema puede ser utilizado solo o en una instalación con dos sistemas de radioaltimetría, estando la seguridad de funcionamiento asegurada en este caso. No es necesario aplicar una fabricación diferenciada para cada sistema de radioaltimetría en una instalación con dos sistemas tales.

[0016] Según una realización particularmente ventajoso, la excursión de frecuencia es definida por un valor de variación de frecuencia ΔF predeterminada y por un sentido de variación positivo o negativo asociado y dicho parámetro define dicho sentido de variación. Así, cuando dos sistemas tales de radioaltimetría son utilizados en una instalación sobre una misma aeronave, uno emitirá una onda radioeléctrica modulada por una señal con rampa ascendente y el otro emitirá una onda radioeléctrica modulada por una señal con rampa descendente, lo que permite minimizar las interferencias potenciales en todos los casos de figura.

[0017] El sistema de radioaltimetría según la invención puede presentar una o varias de las características siguientes:

- 25 - el identificador es un número que tiene un valor entre dos valores posibles;
- consta además de unos medios de recepción de onda radioeléctrica, unos medios de sustracción de la onda radioeléctrica emitida y de la onda radioeléctrica recibida para formar una señal de batimiento y unos medios de filtrado de dicha señal de batimiento;
- dichos medios de filtrado son aptos para filtrar dicha señal de batimiento en una banda de frecuencia predeterminada;
- 30 - los medios de obtención del identificador constan de unos medios de lectura de un identificador introducido por un operador a través de una interfaz adaptada.

[0018] Según un segundo aspecto, la invención se refiere a una instalación de radioaltimetría que consta de dos sistemas de radioaltimetría tales como se han descrito brevemente más arriba.

[0019] Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la descripción que se da más abajo, a título indicativo y nulamente limitativo, en referencia a las figuras anexas, entre las que:

- 40 - la figura 1 ilustra esquemáticamente una aeronave equipada con una instalación con dos sistemas de radioaltimetría;
- la figura 2 ilustra gráficamente una onda radioeléctrica emitida y recibida por un sistema de radioaltimetría de tipo FMCW y la señal de batimiento teórica extraída;
- la figura 3 ilustra las ondas radioeléctricas emitidas por los dos sistemas de radioaltimetría según una aplicación de la invención;
- 45 - la figura 4 ilustra la interferencia entre los dos sistemas de radioaltimetría en la aplicación de la figura 3, y
- la figura 5 es un cuadro sinóptico de un sistema de radioaltimetría según una realización de la invención.

[0020] La invención se describirá más particularmente en el caso en que el sistema de radioaltimetría es un radioaltímetro, apto para proporcionar una medida de distancia con respecto al suelo o a una superficie sobrevolada por una aeronave, por ejemplo, un avión o un helicóptero.

[0021] La figura 1 ilustra de manera esquemática una aeronave 1 equipada con una instalación de radioaltimetría 2 que consta de dos radioaltímetros 3 y 4, apto para emitir cada uno, a través de una antena de emisión, una onda radioeléctrica o un haz de ondas radioeléctricas emitidas señaladas como O_E , siendo cada onda radioeléctrica emitida modulada en frecuencia, por ejemplo según una señal que consta de unas rampas de variación de frecuencia que se distribuyen entre un valor F_{min} y un valor F_{max} , según una excursión de frecuencia $\Delta F = abs(F_{max} - F_{min})$, donde *abs* representa el valor absoluto, como se representa esquemáticamente en el gráfico representado en la figura 2. Las ondas radioeléctricas O_E se reflejan sobre el suelo 5 y producen unas ondas reflejadas O_R .

[0022] En la figura 1 se ilustra igualmente el fenómeno de interferencia que puede producirse potencialmente: una onda radioeléctrica O'_E emitida por el radioaltímetro 3 es reflejada y recibida por el radioaltímetro 4 como onda recibida O'_R y es tratada por el radioaltímetro 4 como una onda reflejada en respuesta a otra onda radioeléctrica O''_E emitida por el radioaltímetro 4, lo que crea unos errores de medida.

[0023] En funcionamiento nominal, como se ilustra en la figura 2, un radioaltímetro de tipo FMCW emite una onda radioeléctrica modulada según una rampa de frecuencia que tiene una excursión de frecuencia ΔF . En el ejemplo de la figura 2, la rampa de frecuencia ilustrada en el gráfico tiempo-frecuencia 10 es una rampa ascendente, de pendiente positiva, de duración temporal T, típicamente en torno a 50 ms.

[0024] La rampa ascendente está seguida de un cojinete alto, de una rampa descendente, de un cojinete bajo de duración predeterminada o variable, después la misma secuencia «rampa ascendente – cojinete alto – rampa descendente – cojinete bajo» se repite (la repetición de la rampa no se ilustra en la figura 2).

[0025] Una forma de onda reflejada OR es recibida en eco, después de la reflexión sobre el suelo, con un desplazamiento temporal de τ ms. Así, en un instante temporal t, la diferencia frecuencial entre la onda emitida y la onda recibida es de F_b . Esta diferencia de frecuencia se denomina frecuencia de batimiento. La señal de batimiento S_b se ilustra en el gráfico tiempo-frecuencia 12 de la figura 2.

[0026] Teóricamente, si la superficie sobrevolada es plana, la frecuencia de batimiento es constante durante toda la duración T de emisión de la rampa ascendente. La medida de la frecuencia de batimiento permite calcular la altura H con respecto a la superficie sobrevolada, considerando las fórmulas:

$$H = \frac{c \times \tau}{2}$$

donde c es la velocidad de la luz.

[0027] Se deduce de ello una medida de la altura H a partir de la frecuencia de batimiento F_b :

$$H = \frac{c}{2} \times \frac{T}{\Delta F} \times F_b$$

[0028] Se comprende que la frecuencia de batimiento F_b extraída es errónea en el caso en que la onda recibida utilizada no sea la onda efectivamente reflejada en eco a la onda emitida, sino una onda de forma análoga emitida por el otro sistema de radioaltimetría y que conlleve una medida de altura H errónea.

[0029] Según una realización de la invención ilustrado en la figura 3, se ha propuesto diferenciar suficientemente las ondas emitidas respectivamente por cada sistema de radioaltimetría de la instalación dual 2, al mismo tiempo que se conserva el mismo rendimiento para cada uno de estos sistemas cuando se utilice solo.

[0030] Según esta realización, la onda O_E^1 emitida por el primer sistema de radioaltimetría 3 de la instalación de radioaltimetría 2 y la onda O_E^2 emitida por el segundo sistema de radioaltimetría 4 de la instalación de radioaltimetría 2 tienen unas pendientes de signos invertidos, al mismo tiempo que se presentan unas rampas de misma excursión de frecuencia ΔF entre los mismos bornes F_{\max} y F_{\min} y una misma duración de emisión de rampa de frecuencia T.

[0031] La parametrización de la configuración en rampa ascendente o rampa descendente de un generador de un sistema de radioaltimetría se realiza dinámicamente en la puesta en funcionamiento, en función de un identificador que se obtiene durante esta puesta en funcionamiento. El parámetro que es aquí el signo positivo o negativo del sentido de variación de la rampa entre las frecuencias F_{\max} y F_{\min} se selecciona en función de este identificador.

[0032] De preferencia, el identificador es un valor discreto codificado por ejemplo sobre un bit para diferenciar entre dos sistemas. Según una realización, el identificador es un identificador SDI (para «Source Destination Identifier») tal como se define en el estándar ARINC 707.

[0033] Ventajosamente, la diferenciación funcional de los sistemas de radioaltimetría se realiza únicamente durante la utilización, siendo su elaboración inicial idéntica, lo que reduce los costes de fabricación, no siendo ninguna diferenciación prevista en la fabricación.

[0034] La figura 3 ilustra en paralelo, por unos gráficos tiempo-frecuencia señalados respectivamente como 14 y 16, las ondas O_E^1 y O_E^2 respectivamente emitidas por los dos sistemas de radioaltimetría 3 y 4: una rampa

ascendente para O_E^1 corresponde a una rampa descendente para O_E^2 , un cojinete alto para O_E^1 corresponde a un cojinete bajo para O_E^2 . Incluso cuando hay un desplazamiento entre los instantes de partida de las rampas ascendente y descendente respectivas, las ondas permanecen suficientemente diferenciadas para evitar un error de medida de la altura posterior, como se ilustra en la figura 4.

5

[0035] En efecto, en la figura 4 se ilustra, en el gráfico tiempo-frecuencia 18, la mezcla de una onda O_E^1 emitida por el primer sistema de radioaltimetría 3 y de una onda O_E^2 , recibida con un desplazamiento temporal de t_1 , procedente del segundo sistema de radioaltimetría 4, que es la onda emitida por este segundo, o una onda reflejada procedente de una onda emitida por este segundo sistema.

10

[0036] La señal de batimiento S_B procedente de la mezcla de estas dos ondas se ilustra en el gráfico tiempo-frecuencia 20.

15

[0037] La frecuencia de la señal de batimiento S_B obtenida de este modo es variable, como se ilustra en el gráfico 20.

20

[0038] En funcionamiento usual, un sistema de radioaltimetría efectúa un filtrado de la señal de batimiento obtenido por mezcla homodina de las ondas emitida y recibida, conservando el filtrado la señal en una banda de frecuencia dF alrededor de F_b , siendo los valores de dF y de F_b conocidos según las especificaciones del sistema de radioaltimetría, en particular la altura máxima medible.

25

[0039] Por consiguiente, las partes de la señal de batimiento cuya frecuencia está situada fuera del rango de filtrado son filtradas, solas permaneciendo las porciones S_P , que tienen unas contribuciones mínimas con respecto a la señal de batimiento procedente efectivamente de la mezcla entre onda emitida y onda reflejada del radioaltímetro, tal como se ha representado previamente en la figura 2 y cuyo espectro útil se extiende en toda la duración T de análisis.

30

[0040] Ventajosamente, la perturbación de la medida de altura es mínima en esta realización en el que los sentidos de variación de las rampas emitidas por los dos sistemas de radioaltimetría son invertidos.

35

[0041] La figura 5 es un cuadro sinóptico de un sistema de radioaltimetría 22 según una realización de la invención.

40

[0042] El sistema de radioaltimetría 22 consta de un módulo 24 de interfaz de inicio, adaptado para dar forma a unas informaciones de inicialización proporcionadas por ejemplo por un operador.

45

[0043] Consta igualmente de un módulo 26 de obtención de un identificador, siendo el identificador introducido por unos medios 28 apropiados, por ejemplo, por una interfaz gráfica presentada a un operador durante la instalación del sistema o un botón orientable por el operador.

50

[0044] En una realización, el identificador es un valor numérico discreto codificado sobre un solo bit, lo que permite diferenciar entre dos sistemas de radioaltimetría, por ejemplo, asignando el identificador 0 a uno de los sistemas, denominado primer sistema y el identificador 1 al otro sistema, denominado segundo sistema. Este valor numérico discreto es completado en la instalación, insertado en una estructura de datos apropiada memorizada en un registro y leído durante la puesta en funcionamiento de cada sistema.

55

[0045] El identificador obtenido se utiliza para seleccionar un parámetro de la excursión de frecuencia de las rampas de la señal de modulación en un módulo 30 de generación de señal modulada que está compuesto por una repetición de secuencias de rampas/cojinetes como se ilustra en las figuras 2 y 3.

60

[0046] Por ejemplo, conforme a la realización descrita en referencia a las figuras 3 y 4, el sentido de variación de la excursión en frecuencia o signo de pendiente de la rampa se selecciona en función del identificador obtenido por el módulo 26. Por ejemplo, se asocia una rampa con pendiente ascendente al identificador 0 y una rampa con pendiente descendente al identificador 1.

65

[0047] Un módulo de conversión digital-analógica 32 convierte la señal modulada obtenida por el módulo 30 en señal analógica u onda radioeléctrica.

70

[0048] Un módulo 34, realizado por ejemplo por un oscilador VCO, transforma la onda radioeléctrica procedente del módulo 32 en onda con rampa de frecuencia, que es amplificada a continuación por el amplificador 36. La antena de emisión 38 acoplada a un emisor 40 efectúa la emisión de la onda radioeléctrica O_E modulada en frecuencia.

[0049] Lado de recepción, un receptor 42 acoplado a una antena de recepción 44 es apto para recibir la onda radioeléctrica reflejada O_R . Un amplificador 46 amplifica la onda recibida.

5 **[0050]** Un módulo 48 de generación de la señal de batimiento S_B efectúa la sustracción de la onda radioeléctrica O_E emitida y la onda radioeléctrica recibida O_R , realizada típicamente, de forma conocida, por un mezclador homodino.

10 **[0051]** La señal de batimiento S_B es amplificada a continuación por un amplificador 50, después filtrada por un módulo de filtrado 52. Como se ha explicado más arriba, el filtrado consiste en conservar solo la señal cuyo espectro está contenido en una banda de frecuencia $[f_{min}, f_{max}]$ predeterminada, donde $abs(f_{max}-f_{min})=dF$.

15 **[0052]** Una conversión analógico-digital 54 se efectúa a continuación, después la señal digital obtenida se proporciona a un módulo de transformación espectral 56, que aplica por ejemplo una transformación de Fourier (FFT), después el resultado de la transformación se proporciona al módulo 58 de extracción de la frecuencia de batimiento, seguido de la aplicación del cálculo de la altura estimada por el módulo 60. El resultado del cálculo de la altura o distancia de la aeronave con respecto al suelo y, eventualmente, de las alarmas y otras informaciones se proporcionan al operador o a una aplicación usuaria a través de una interfaz 62.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de radioaltimetría apto para ser fijado a una aeronave y para proporcionar una distancia de dicha aeronave con respecto a una superficie, adaptado para funcionar en una instalación (2) de radioaltimetría dual
5 que consta de dos tales sistemas de radioaltimetría, constando dicho sistema de radioaltimetría de un generador de onda radioeléctrica modulada en frecuencia por una señal de modulación que consta de unas rampas de variación de frecuencia según una excursión de frecuencia definida por al menos un parámetro, constando de unos medios (26) de obtención de un identificador que permite distinguir dicho sistema de radioaltimetría del otro sistema de radioaltimetría de dicha instalación dual (2),
10 y unos medios de selección (30) de dicho al menos un parámetro que define la excursión en frecuencia de la señal de modulación en función del identificador obtenido,
caracterizado porque la obtención de un identificador se efectúa durante una puesta en funcionamiento y **porque** la excursión de frecuencia es definida por un valor de variación de frecuencia ΔF predeterminada y por un sentido de variación positivo o negativo asociado a las rampas de variación de frecuencia, definiendo dicho parámetro dicho
15 sentido de variación.
2. Sistema de radioaltimetría según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el identificador es un número que tiene un valor entre dos valores posibles.
- 20 3. Sistema de radioaltimetría según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** consta además de unos medios de recepción (42, 44) de onda radioeléctrica, unos medios de sustracción (48) de la onda radioeléctrica emitida y de la onda radioeléctrica recibida para formar una señal de batimiento y unos medios de filtrado (52) de dicha señal de batimiento.
- 25 4. Sistema de radioaltimetría según la reivindicación 3, **caracterizado porque** dichos medios de filtrado son aptos para filtrar dicha señal de batimiento en una banda de frecuencia predeterminada.
5. Sistema de radioaltimetría según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los medios de obtención (26) del identificador constan de unos medios de lectura de un identificador introducido por un
30 operador a través de una interfaz (28) adaptada.
6. Instalación de radioaltimetría (2) que consta de dos sistemas de radioaltimetría según una de las reivindicaciones 1 a 5.

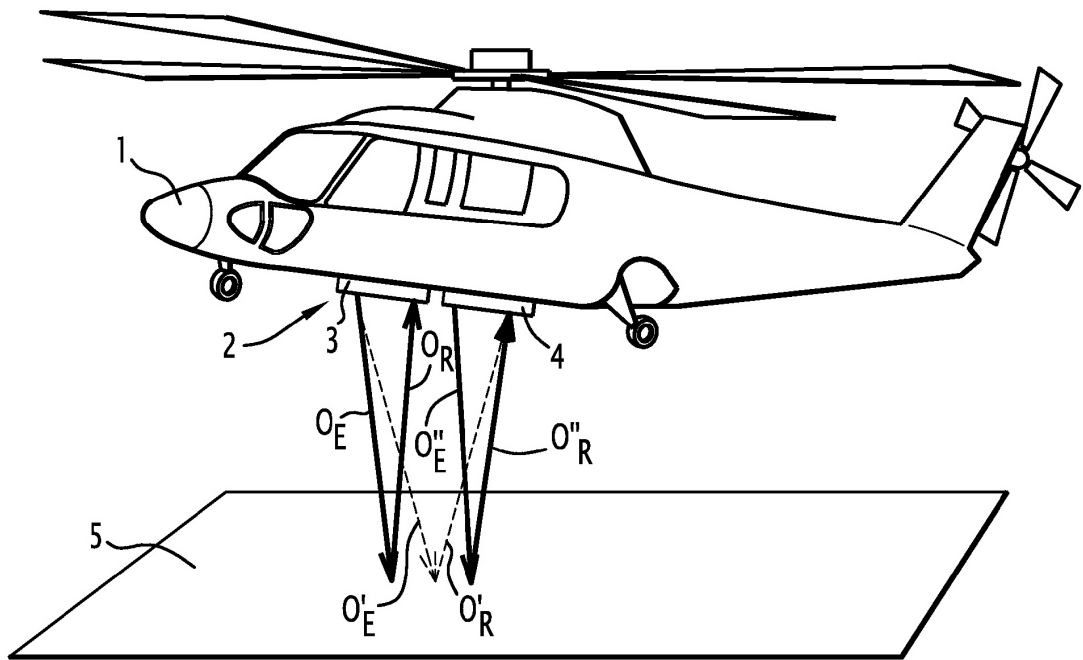


FIG. 1

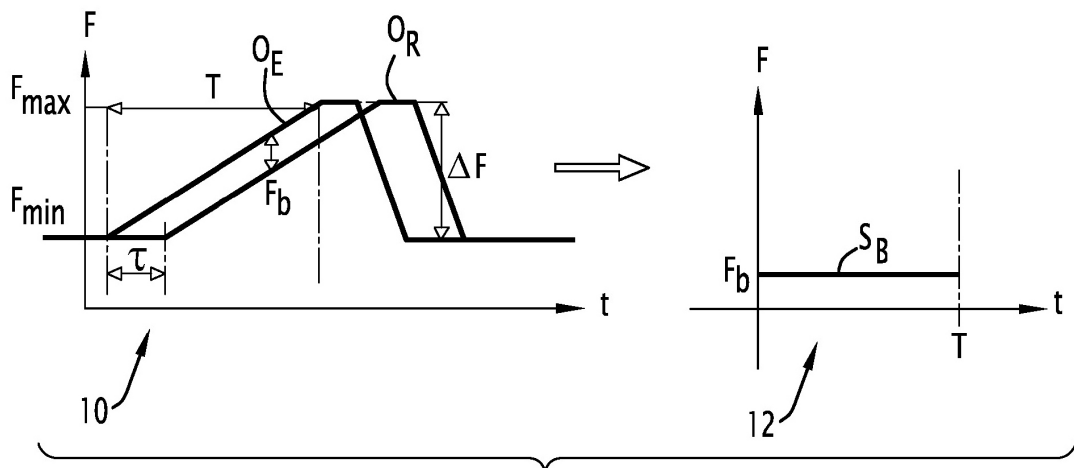


FIG. 2

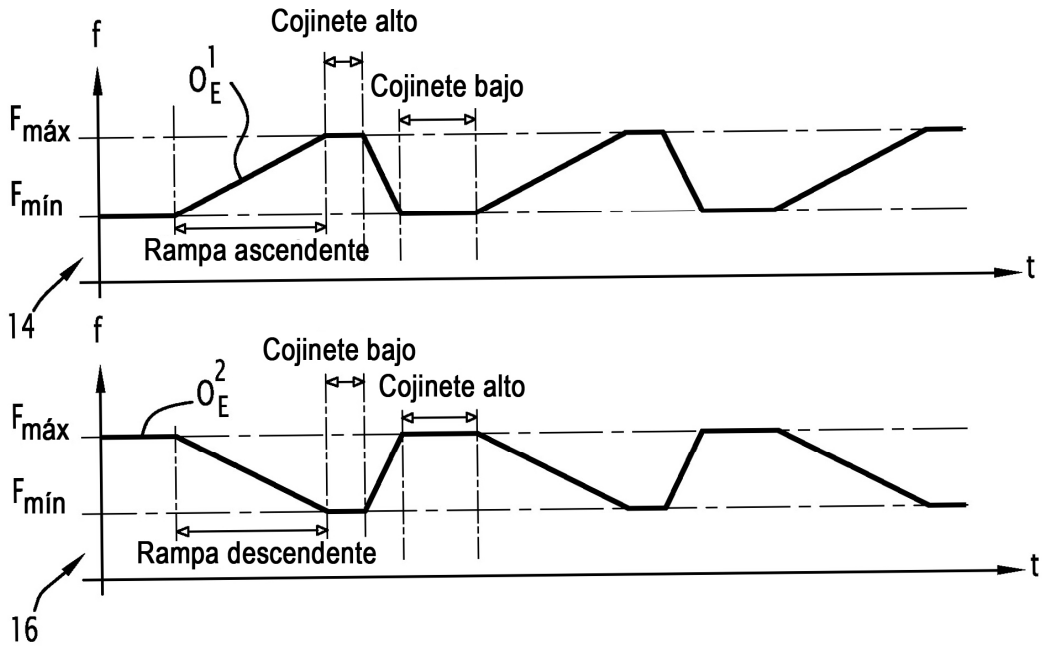


FIG.3

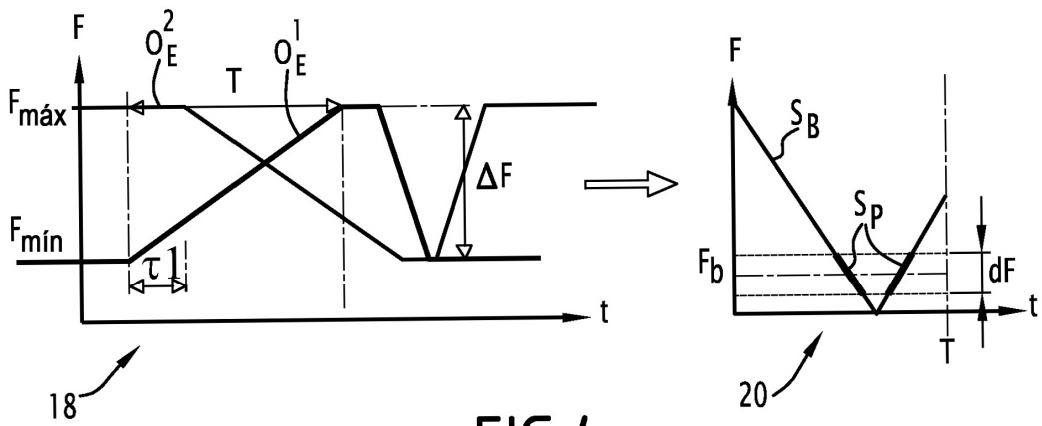


FIG.4

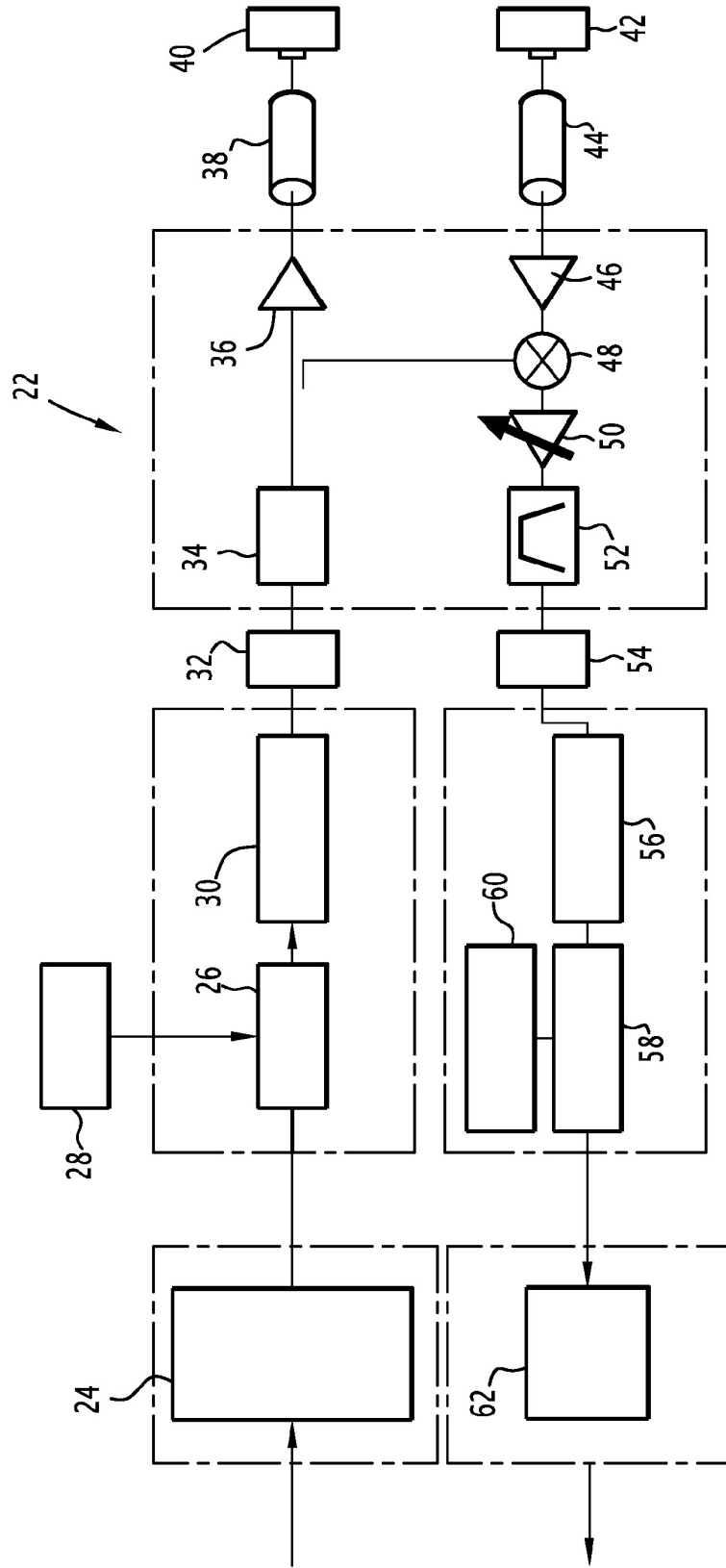


FIG.5