

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 434 767**

51 Int. Cl.:

**G01S 7/40** (2006.01)

**G01S 13/75** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2010 E 10196653 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2013 EP 2341363**

54 Título: **Sistema de respuesta a una señal emitida por un radar y uso de este sistema fundamentalmente para probar los radares, en particular de tipo MTI**

30 Prioridad:

**23.12.2009 FR 0906290**

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

**17.12.2013**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LEFAUVRE, RÉGIS y  
CORNIC, PASCAL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 434 767 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 respuesta a una señal emitida por un radar y uso de este sistema fundamentalmente para probar los radares, en particular de tipo MTI

5 La invención se refiere a los sistemas de respuesta a una señal emitida por un radar, utilizados en particular con los radares de tipo MTI (por « Moving Target Indicator » en inglés). Estos últimos están adaptados para detectar ecos mediante un tratamiento Doppler clásico.

Los sistemas concernidos son de tipo respondedor, es decir adaptados para responder a una señal emitida (en este caso por el radar MTI). Se utilizan, por ejemplo, en el interior de balizas de localización que indican las distancias.

10 De manera más general, estos sistemas se instalan a bordo de blancos cooperativos, por ejemplo un aerotransportador. De este modo, sirven para ayudar al aerotransportador para un aterrizaje. Al comunicarse el radar con el sistema de respuesta puede conocer su posición y por tanto guiarlo.

Tradicionalmente, estos sistemas « respondedores » son de tipo activo con una generación de señales de tipo microondas y una sincronización con las señales que emite el radar.

15 Estos sistemas son complejos y caros, porque se basan en una nueva emisión de una señal de microondas, tras un retardo temporal y una transposición mediante la modulación de frecuencia de la misma. Todas estas operaciones implican un número consecutivo de componentes.

Además, estos sistemas, particularmente consumidores de energía, precisan por lo general una alimentación de tipo red. Esto puede hacer difícil su uso en el terreno operativo. En el caso de que la alimentación se realice con batería, el consumo de energía de los elementos activos limita su autonomía.

20 Por otra parte, la presencia de osciladores activos hace que estos sistemas de respuesta sean detectables, lo que puede ser un inconveniente para determinadas aplicaciones.

En el caso de una instalación a bordo de una aeronave en la que el volumen, la masa y el consumo en la red de a bordo se deben limitar al máximo, estos sistemas no son ventajosos.

Por último, estos últimos precisan un mantenimiento regular.

25 Un documento US 6 628 239 B1 divulga un sistema de respuesta a una señal emitida por un radar.

Un objeto de la invención es, en particular, resolver los problemas expuestos más arriba.

Para ello, de acuerdo con un primer aspecto de la invención, se propone un sistema de respuesta a una señal emitida por un radar.

De acuerdo con una característica general de este aspecto, este comprende:

- 30 – una antena pasiva adaptada para recibir y a continuación retrodifundir una señal emitida por dicho radar;
- un conmutador de tipo microondas conectado a dicha antena;
- al menos dos líneas de microondas teniendo, cada una, una impedancia distinta y estando conectada al conmutador de microondas; y
- 35 – un generador adaptado para generar una señal de control configurable, en el conmutador de microondas para que este conmute a una u otra de las líneas de microondas, de tal modo que se module la señal retrodifundida por dicha antena, presentado dos líneas de microondas sucesivas una diferencia de longitud igual a  $\lambda/2$ , siendo  $\lambda$  la longitud de onda de la señal que recibe la antena.

40 Dicho de otro modo, este aspecto de la invención propone realizar un sistema de respuesta con una antena pasiva y un medio de desadaptación de impedancia formado por medio de unas líneas de microondas. Esto permite crear un eco del radar mediante la variación temporal de la superficie equivalente de la antena, con una frecuencia de modulación de amplitud ajustable y eventualmente una fase de modulación ajustable.

Este sistema presenta numerosas ventajas con respecto a los sistemas respondedores existentes, en particular:

- un coste de realización muy bajo;
- sin conexión física con el radar (sistema autónomo);
- 45 – sin tener que instalar ninguna electrónica compleja para su realización;
- poco frágil (y, por lo tanto, se puede utilizar en los sitios expuestos);
- sistema pasivo: sin emisión, sin radiación de ondas locales;
- amplio campo de uso;
- muy bajo consumo de energía (y, por lo tanto, gran autonomía); y
- 50 – facilidad de integración en todos los tipos de portador.

De preferencia, el sistema comprende dos líneas de microondas.

De acuerdo con un modo de realización, el generador puede estar adaptado para controlar el conmutador en función de un código predefinido.

5 De acuerdo con un modo de realización, el generador puede estar adaptado para controlar el conmutador de forma dinámica.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se propone un uso de un sistema como el que se ha mencionado con anterioridad, en el interior de un blanco aerotransportado que coopera con dicho radar.

De manera alternativa, también se propone un uso de un sistema como el que se ha mencionado con anterioridad, para calibrar dicho radar.

10 De manera alternativa, también se propone un uso de un sistema como el que se ha mencionado con anterioridad, en el interior de unas balizas de localización.

Se mostrarán otras ventajas y características de la invención durante la lectura de la descripción detallada de unos modos de realización de la invención, en modo alguno limitativos, y de los dibujos adjuntos en los que:

- 15
- la figura 1 ilustra un modo de uso de la invención;
  - la figura 2 representa un modo de realización del sistema de respuesta de acuerdo con la invención;
  - la figura 3 representa la variación de la superficie equivalente radar de la antena del sistema de respuesta de acuerdo con la invención; y
  - la figura 4 representa el espectro de modulación de amplitud correspondiente.

20 Se hace referencia a la figura 1. En esta figura está representado un radar RD, en este caso de tipo MTI, que emite una señal SEM hacia un aerotransportador, en este caso un avión AV. Este avión AV lleva instalado a bordo un sistema de respuesta SIS. Este último va a recibir y a continuación a retrodifundir una señal o eco en función de la señal emitida SEM, hacia el radar RD.

En la figura 2 se describe de manera más detallada un modo de realización del sistema SIS.

25 Este comprende una antena pasiva ANT adaptada para recibir una señal SEM, por ejemplo emitida por un radar MTI, y para retrodifundir una señal SRT como respuesta. Esta última es el resultado del tratamiento realizado sobre la señal recibida SEM.

30 La señal SEM que recibe la antena ANT se transmite hacia un conmutador de microondas CON por medio de un enlace ES. Este conmutador CON está acoplado a dos líneas de microondas LMO1 y LMO2, cuyas longitudes de onda dependen esencialmente del radar con el cual se comunica el sistema SIS. Por supuesto, de manera más general, el conmutador de microondas CON puede estar acoplado a N líneas de microondas, siendo N un número entero superior o igual a 2. Estas líneas de microondas se seleccionan con unas impedancias distintas.

En este ejemplo, las líneas de microondas tienen una diferencia de  $\lambda/2$ , siendo  $\lambda$  la longitud de onda de la señal recibida SEM. De este modo, la impedancia de la primera línea de microondas LMO1 es de  $50 \Omega$  (carga adaptada), mientras que la impedancia de la segunda línea de microondas LMO2 es infinita (cortocircuito).

35 El conmutador CON conecta la antena ANT de forma alterna a la primera y luego a la segunda línea de microondas modulando de este modo la superficie equivalente de la antena ANT y, como consecuencia, la amplitud de la señal retrodifundida SRT mediante el sistema SIS hacia el radar, como se explica con más detalle a continuación.

40 Cuando el conmutador de microondas CON conecta la antena ANT a la primera línea de microondas LMO1 mientras esta está enfocada por un radar en una frecuencia que corresponde a su campo de funcionamiento, lo esencial de la energía captada por la antena ANT se transmite entonces a la carga LMO1 y la superficie equivalente de la antena vista desde el radar que emite la señal SEM es casi nula.

45 A la inversa, cuando el conmutador de microondas CON conecta la antena ANT a la segunda línea de microondas LMO2, la energía que capta entonces la carga LMO2 se retransmite a la antena ANT. La superficie equivalente radar denominada (« SER ») de la antena ANT, vista desde el radar que emite la señal SEM que le enfoca, es igual a la superficie de la antena ANT multiplicada por su ganancia en la frecuencia considerada.

El conmutador CON está controlado por un generador GEN. La señal de control puede ser, por ejemplo, una señal de onda cuadrada con un ciclo de servicio 1:1. En cada frente de la orden del generador GEN, el conmutador cambia de una línea de microondas a otra. Esta oscilación entre las dos líneas de microondas induce una modulación en amplitud de la señal retrodifundida SRT.

50 Esta modulación de amplitud también se puede hacer trapezoidal o casi sinusoidal filtrando por medio de un filtro de paso bajo conectado a la salida del generador GEN, la orden del conmutador de microondas CON. De este modo se controla el nivel de los armónicos en el espectro de modulación.

También se puede realizar la modulación en amplitud en varios estados si, como se ha indicado con anterioridad, el conmutador de microondas CON posee varias canales conectados a diferentes valores de cargas.

De acuerdo con el mismo principio, también se pueden ajustar los componentes imaginarios de las impedancias de las líneas de microondas para realizar una modulación de fase de la señal retrodifundida SRT.

- 5 Por último, se puede generar de forma dinámica de acuerdo con este principio cualquier código de modulación, capaz de transmitir información en dirección a la fuente iluminante (por ejemplo un radar MTI), de forma discreta. Este último principio permite, por ejemplo, utilizar el sistema SIS para la diferenciación de los portadores por su huella (« fingerprint » en inglés).

10 Hay que señalar que existen varias posibilidades para realizar el sistema SIS. Las soluciones para realizar el respondedor son numerosas:

La antena ANT puede ser una antena impresa denominada « patch ». Por otra parte, pueden resultar adecuados todos los tipos de antenas pasivas para realizar la antena ANT.

El enlace ES entre la antena ANT y el conmutador CON, así como las líneas de microondas se pueden realizar utilizando un cable coaxial de microondas.

- 15 El conmutador de microondas CON puede ser de tipo modulable y realizarse en un circuito impreso (líneas *microstrip*), del mismo modo que las líneas de microondas.

La realización más compacta y más ligera se obtiene asociando en un mismo circuito:

- la antena ANT impresa de tipo *patch*;
- el conmutador de microondas CON y las líneas de microondas en tecnología denominada « microstrip »; y
- 20 - el generador GEN en tecnología CMS clásica (significando CMS, « Componentes Montados en Superficie »), que conoce bien el experto en la materia.

Ahora se hace referencia a la figura 3. Esta ilustra la variación de la superficie equivalente radar (SER) de la antena ANT según si el conmutador CON la conecta a una o a la otra de las dos líneas de microondas.

- 25 A título de ejemplo, esta curva se obtiene para una antena impresa de forma cuadrada y con unas dimensiones de 9 cm x 9 cm, la ganancia estimada es del orden de 17 dB (o 50 lineal) para una emisión en banda X, y la superficie equivalente radar (SER) correspondiente es del orden de  $\sigma = 0,4 \text{ m}^2$ .

Para una modulación cuadrada sobre una carga adaptada y un cortocircuito, en la frecuencia F, el espectro de modulación de amplitud, representado en la figura 4, comprende tres componentes:

- una raya con una frecuencia nula con una amplitud igual a  $\sigma/2 = 0,2 \text{ m}^2$ ; y
- 30 - un conjunto de rayas simétricas en  $+(2k+1) F$  y  $-(2k+1) F$ , que tiene como amplitud:  $\sigma \cdot [\text{sen}(n \cdot \pi/2)] / (n \cdot \pi/2)$ .

El eco que recibe el radar es la señal retrodifundida por la antena ANT, y se modula por lo tanto en amplitud en la frecuencia de la señal de modulación.

Este eco se detectará mediante el tratamiento doppler clásico de un radar MTI, por medio de una transformada digital de Fourier, por ejemplo.

- 35 La modulación de amplitud y, de forma accesoria, de fase la traduce el radar MTI en un efecto Doppler. De este modo, aunque el blanco se desplace a una velocidad muy baja o esté inmóvil, el radar MTI podrá analizar el eco devuelto, por medio del efecto Doppler que induce el sistema y que simula una cierta velocidad.

Los usos de un sistema de acuerdo con la invención son diversos.

Se puede montar en el interior de balizas de localización con una referencia de la distancia, con un coste muy bajo.

- 40 La invención también permite la detección y la localización muy precisa de blancos cooperativos, incluso a una velocidad relativa nula, por medio de un dispositivo muy simple y muy ligero llevado por estos blancos.

En particular, esta permite la detección y la localización de un punto de referencia perfectamente localizado sobre un blanco de un gran tamaño, observado por un radar a muy poca distancia.

- 45 Estas dos últimas funciones son ventajosas en particular para los dispositivos de asistencia al aterrizaje, en particular para los drones, en los que una detección radar del eco de su piel no permite garantizar una precisión de localización suficiente a corto alcance, a causa de las fluctuaciones y de los desplazamientos temporales del punto brillante.

Por último, la invención se puede realizar para diferenciar los portadores por su huella (« fingerprint ») o realizar un medio de comunicación muy simple, desde un blanco cooperativo hacia un emisor radar.

50

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de respuesta a una señal emitida por un radar que comprende:

- 5       - una antena (ANT) pasiva adaptada para recibir y a continuación retrodifundir una señal emitida por dicho radar;
- un conmutador (CON) del tipo de microondas conectado a dicha antena;
- al menos dos líneas de microondas (LMO1, LMO2) teniendo, cada una, una impedancia distinta y estando conectada al conmutador de microondas; y
- 10       - un generador (GEN) adaptado para generar una señal de control configurable, en el conmutador de microondas para que este cambie a una o a la otra de las líneas de microondas, de tal modo que se module la señal retrodifundida por dicha antena.

**caracterizado porque** dos líneas sucesivas de microondas tienen una diferencia de longitud igual a  $\lambda/2$ , siendo  $\lambda$  la longitud de onda de la señal que recibe la antena.

2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende dos líneas de microondas.

15   3. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el generador (GEN) está adaptado para controlar el conmutador en función de un código predefinido.

4. Sistema de acuerdo con la reivindicación anterior, en el cual dicho generador (GEN) está adaptado para controlar el conmutador de forma dinámica.

5. Uso de un sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el interior de un blanco aerotransportado que coopera con dicho radar (RD).

20   6. Uso de un sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, para calibrar dicho radar (RD).

7. Uso de un sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el interior de unas balizas de localización.

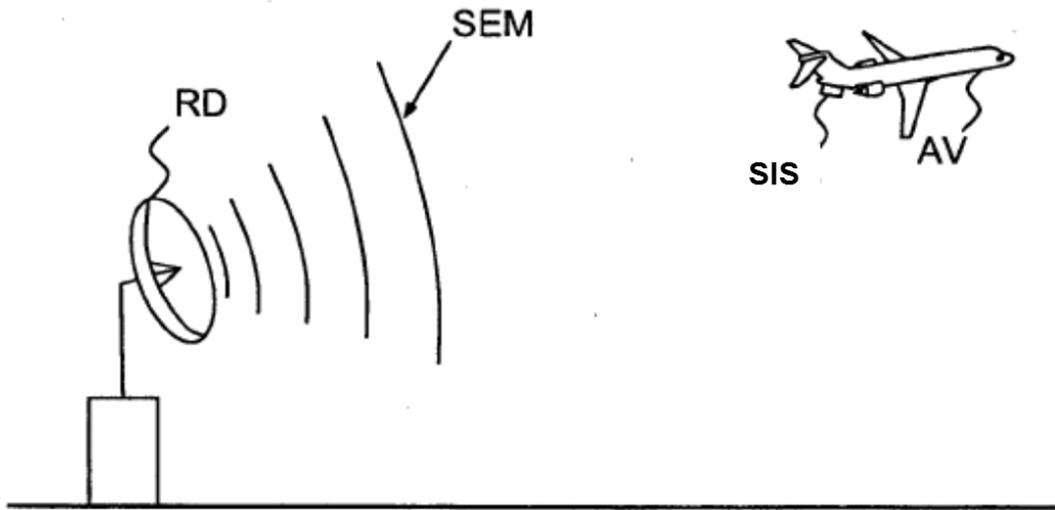


FIG.1

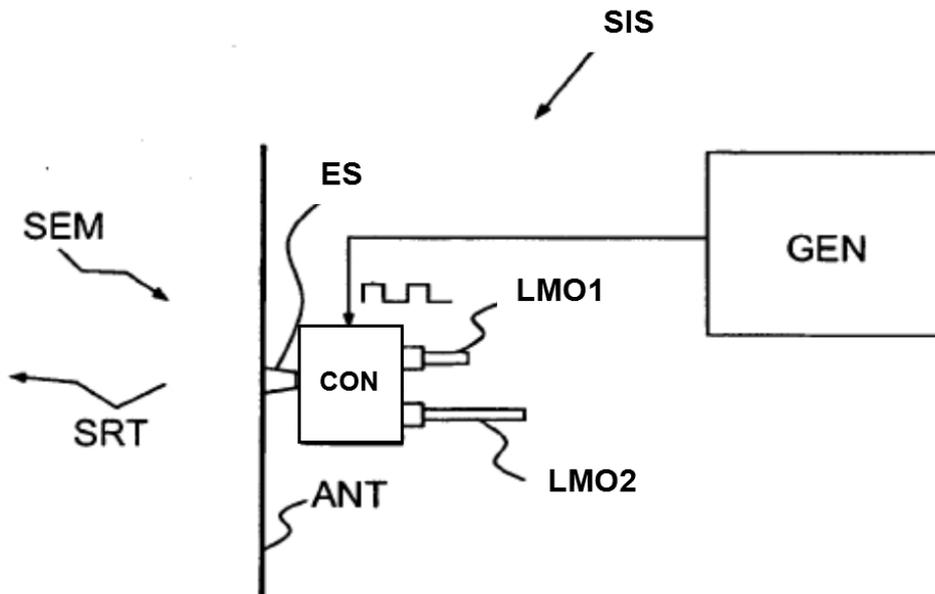


FIG.2

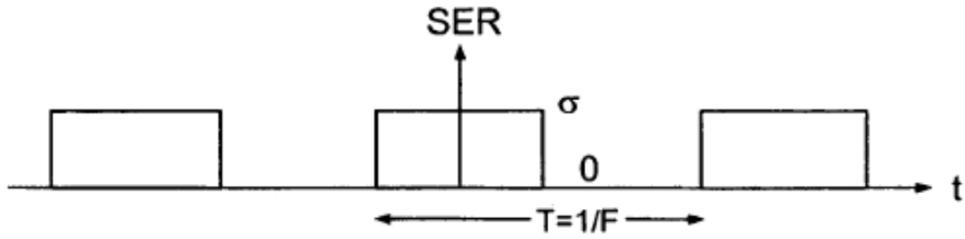


FIG.3

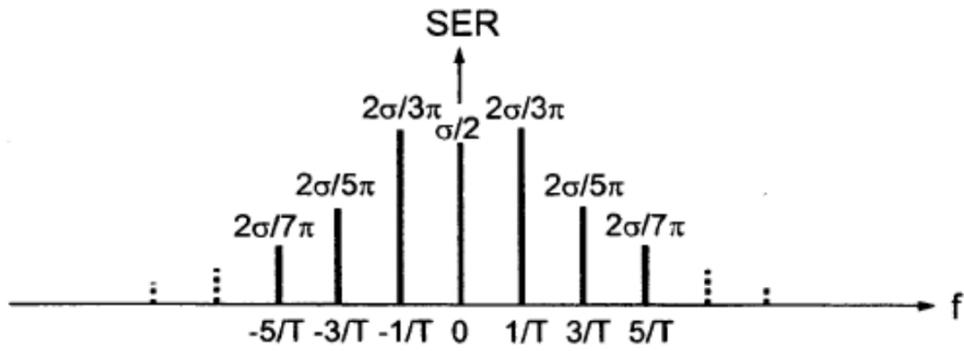


FIG.4