

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 147**

51 Int. Cl.:

G01S 7/38 (2006.01)

G01S 7/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **10167010 .7**

96 Fecha de presentación: **23.06.2010**

97 Número de publicación de la solicitud: **2270538**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.01.2011**

54 Título: **Procedimiento y aparato para generar señales de engaño angular**

30 Prioridad:

26.06.2009 IT RM20090330

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

05.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

05.12.2012

73 Titular/es:

**ELETTRONICA S.P.A. (100.0%)
Via Tiburtina Valeria Km 13,700
00131 Roma RM, IT**

72 Inventor/es:

**DE MARTINO, ANDREA y
ROSSI, VITTORIO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 392 147 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

Procedimiento y aparato para generar señales de engaño angular.

La presente invención versa acerca de un procedimiento y un aparato montado abordo aeronaves, en particular del tipo pala giratoria, para generar y transmitir señales de engaño a dispositivos de localización de tipo radar de monoimpulsos.

Se conoce, en el sector técnico relativo a sistemas de armamento utilizar los denominados sistemas de radar de monoimpulsos para captar y hacer un seguimiento de plataformas enemigas con el objetivo de atacarlas con misiles o proyectiles. Estos radares transmiten radiación electromagnética de radiofrecuencia con una forma de onda de impulsos.

La radiación retrodispersa por el objetivo es procesada por el radar que puede estimar, también a partir de un único impulso, la dirección angular de origen del propio objetivo.

También se conoce que, para evitar una captación y un seguimiento, que las aeronaves están equipadas con dispositivos que pueden generar contramedidas electrónicas. Estas consisten en enviar señales con características similares a las transmitidas por el radar, superponiendo la frecuencia y/o la fase y/o la amplitud y/o las modulaciones de retraso, capaces de distorsionar la información de velocidad y de distancia estimada por el radar. También se conoce la denominada técnica de "efecto de rebote", que consiste en dirigir estas señales de engaño hacia el suelo, haciendo uso de su reflexión, para engañar al propio radar con respecto a la posición angular de la aeronave en el plano de elevación.

Esta técnica, que se describe, por ejemplo, en el documento FR 2.220.798, es incapaz de producir errores angulares de una magnitud tal como para afectar la intercepción o interrupciones en el seguimiento en el radar de la víctima. Una técnica conocida adicional para provocar errores importantes en la estimación de la dirección de llegada en radares de monoimpulsos consiste en la denominada técnica de "estrabismo", basada en proporcionar a la aeronave un dispositivo de engaño que tiene dos antenas (normalmente situadas en los extremos de las alas) que, al recibir la señal del radar, transmiten a este dos señales a la misma frecuencia que la recibida y de forma que esté en oposición de fase (desfasada 180°) y con un desequilibrio relativo de amplitud controlada, tal como para esté entre 1 y 2 dB, cuando es recibida por el radar.

Estas señales producen en el radar de monoimpulsos un error en la estimación de la dirección de llegada del objetivo. De esta forma, en el radar, la posición de la aeronave aparece desplazada, con respecto a su posición real en la dirección de la señal más potente, pero fuera del cuerpo de la misma; el error que puede ser inducido depende de la distancia entre las dos antenas y en particular es proporcional a la proyección de la distancia entre las dos antenas en un plano perpendicular a la línea recta que une entre sí el objetivo y el radar; esta proyección es denominada la "base de estrabismo".

En el artículo "Anti monopulse Jamming Techniques" de F. Neri IMOC 2001 Proceeding of the 2001 SBMO/IEEE MTT-S International, páginas 45-50, 6 de agosto de 2001, se describe un ejemplo de esas técnicas. **Otros documentos que dan a conocer el procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1 son GB 2 293 068 y GB 2 189 665.**

Aunque eficaz, esta técnica, no obstante, tiene limitaciones de aplicación que surgen del hecho de que, para poder operar correctamente, requiere una distancia relativa entre las dos antenas de engaño, de forma que se produzca una base de estrabismo no inferior a 10 m.

Este requerimiento significa que dicha técnica esencialmente no puede ser aplicada a aeronaves, tales como helicópteros, que, debido a sus dimensiones reducidas en el plano perpendicular a la dirección de movimiento hacia delante, no tienen puntos útiles de soporte para montar las dos antenas de engaño a la distancia requerida necesaria para crear la base de estrabismo.

Por lo tanto, el problema técnico que se plantea es proporcionar un procedimiento y un aparato asociado de engaño que sean eficaces contra radares del tipo de monoimpulsos y que puedan ser utilizados también en aeronaves que tengan pequeñas dimensiones en el plano perpendicular al plano de movimiento hacia delante y, por lo tanto, sean tales que las dos antenas de engaño no puedan ser instaladas a una distancia mutua suficiente como para crear un efecto de estrabismo.

En conexión con este problema, también se requiere que este aparato sea muy robusto, pueda ser fabricado con un coste reducido y pueda ser montado fácilmente también en aeronaves ya existentes.

Se consiguen estos resultados según la presente invención por medio de un procedimiento según los rasgos característicos de la Reivindicación 1 y un aparato según los rasgos característicos de la Reivindicación 14.

Se pueden obtener más detalles de la siguiente descripción de un ejemplo no limitante de realización de un procedimiento y un aparato según la presente invención proporcionado con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

5 La Figura 1 muestra un ejemplo de aplicación del aparato según la presente invención a una aeronave de tamaño reducido, en particular un helicóptero.

La Figura 2 muestra en forma de gráfico los factores de propagación de las señales emitidas por las antenas según el procedimiento de la presente invención;

la Figura 3 muestra en forma de gráfico la función de ponderación (WF) utilizada en el procedimiento de engaño según la presente invención;

10 la Figura 4 muestra un diagrama de bloques del aparato de engaño según la presente invención.

Con referencia a las Figuras 1 a 4 adjuntas, según la presente invención se proporciona un procedimiento para la generación de señales de engaño angular dirigidas hacia radares de monoimpulsos por medio de una aeronave de tamaño reducido en el plano perpendicular al del movimiento hacia delante, sobre la que se montan una primera antena transceptora 129 y una segunda antena transceptora 130 a una distancia relativa menor que la distancia mínima (10 m) requerida para crear una base de estrobismo.

Dicho procedimiento comprende las siguientes etapas:

- a) disponer las dos antenas 129, 130 de forma que tengan una diferencia relativa de altura con respecto al suelo no inferior a 2 metros;
- b) adquirir, por medio de la primera antena 129, la señal emitida por un radar de monoimpulsos;
- 20 c) adquirir, por medio de la segunda antena 130, la misma señal emitida por el mismo radar de monoimpulsos;
- d) convertir la señal recibida por la primera antena 129 de radiofrecuencia (RF) a frecuencia intermedia (IF) por medio de un primer módulo 127 de Convertidor descendente/ascendente (DUC);
- e) convertir la señal recibida por la segunda antena 130 de radiofrecuencia (RF) a frecuencia intermedia (IF) por medio de un segundo módulo 128 de Convertidor descendente/ascendente (DUC);
- 25 f) enviar, por medio de un primer conmutador 124 de dos posiciones, la señal convertida de IF recibida por la primera antena 129 a un primer circuito 117 de DRFM (Memoria digital de radiofrecuencia) que únicamente almacena su fase con amplitud normalizada a 1;
- g) enviar, por medio de un segundo conmutador 125 de dos posiciones, la señal convertida de IF recibida por la segunda antena 130 a un segundo circuito 118 de DRFM (Memoria digital de radiofrecuencia) que
- 30 almacena su fase con amplitud normalizada a 1;
- h) medir, por medio de un primer circuito 121, la amplitud de la señal de IF recibida por medio de la primera antena 129;
- i) medir, por medio de un segundo circuito 122, la amplitud de la señal de IF recibida por medio de la segunda antena 130;
- 35 j) calcular 112 el COMP de desequilibrio, o la diferencia en amplitud en dB entre las dos señales recibidas de IF; (COMP = amplitud de la señal recibida por la primera DRFM 117 – amplitud de la señal recibida por la segunda DRFM 118)
- k) enviar la señal de diferencia COMP tanto al primer circuito 117 de DRFM y al segundo circuito 118 de DRFM;
- 40 l) si $COMP > 0$, es decir, si la señal recibida por la primera antena 129 y, por lo tanto, por el primer circuito 117 de DRFM es mayor que la señal recibida por la segunda antena 130 y, por lo tanto, por el segundo circuito 118 de DRFM, esto significa que el radar de sección → segunda antena 130 por la que se desplaza la señal tiene una mayor atenuación que el radar de sección → primera antena 129; dado que la retransmisión de la señal es cruzada, las condiciones de atenuación son recíprocas durante la transmisión y la recepción, y las amplitudes en los dispositivos han sido normalizadas a 1, en el momento de la retransmisión, se aplica un equivalente de atenuación a COMP a la señal recibida y retransmitida por la
- 45 segunda memoria digital DRFM 118, para compensar, es decir, reducir a cero la diferencia de amplitud; entonces se introduce un desequilibrio controlado entre las dos señales, de forma que el mismo es entre 1 y 2 dB en valor absoluto en el momento en el que las señales son recibidas por el radar;
- 50 m) si $COMP < 0$, es decir, si la señal recibida por la segunda antena 130 y, por lo tanto, por el segundo circuito 118 de DRFM es mayor que la señal recibida por la primera antena 129 y, por lo tanto, por el primer circuito 117 de DRFM, esto significa que el radar de sección → primera antena 129 por la que discurre la señal tiene una mayor atenuación que el radar de sección → segunda antena 130; dado que la retransmisión de la señal es cruzada, las condiciones de atenuación son recíprocas durante la transmisión y la recepción, y las amplitudes en los dispositivos han sido normalizadas a 1, en el momento de la retransmisión, y se aplica un equivalente de atenuación a COMP a la señal recibida y retransmitida por la primera memoria digital DRFM 117, para compensar, es decir, reducir a cero la diferencia de amplitud entre las dos señales; entonces se introduce un desequilibrio controlado entre las dos señales, de forma que el mismo es entre 1 y
- 55 2 dB en valor absoluto en el momento en el que las señales son recibidas por el radar;

- n) introducción de un retraso 123 de fase en la salida de la señal del primer circuito 117 de DRFM, de forma que se provoca, en el momento de la recepción de la misma por el radar de monoimpulsos, un desfase de 180° entre las dos señales transmitidas por las dos antenas. Se debería hacer notar que, dado que las dos señales recibidas y luego retransmitidas por las dos antenas siguen trayectorias recíprocas en el aire, se compensa automáticamente el desfase del desplazamiento aéreo, mientras que la trayectoria seguida de dentro del aparato es en cambio distinta para las dos señales, lo que tiene como resultado la introducción de un desfase interno relativo que requiere una compensación específica para obtener exactamente un desfase de 180° entre las dos señales en el momento de ser recibidas por el radar de monoimpulsos. Se colige que el retraso 123 de fase debe ser igual a un desfase de 180° más o menos el desfase interno debido a la diferencia entre los dos trayectorias seguidas dentro del aparato. El valor de dicho desfase interno puede ser medido durante la calibración de dicho aparato;
- o) enviar, por medio del segundo conmutador 125, la señal 117b de salida desde el primer circuito 117 de DRFM hasta el segundo módulo 128 de DUC conectado a la segunda antena 130;
- p) enviar, por medio del primer conmutador 124, la señal 118b de salida desde el segundo circuito 118 de DRFM hasta el primer módulo 127 de DUC conectado a la primera antena 129;
- q) enviar las dos señales 117b, 118b de salida desde los módulos respectivos 127, 128 de DUC hasta las antenas correspondientes 129, 130 y la transmisión de las mismas.

Se ha establecido que, si la aeronave está volando a una altitud lo suficientemente baja con respecto a la distancia del radar, el procedimiento según la presente invención puede generar señales eficaces de engaño con respecto a radares de monoimpulsos, que ya no pueden mantener la condición de inicio de seguimiento automático del objetivo, a pesar de la pequeña distancia entre las antenas.

Este resultado está basado en el hecho de que la señal procedente de una antena montada en un objetivo que está volando lo suficientemente cerca del suelo es reflejada por el suelo y recibida por un radar de monoimpulsos añadida a la señal directa correspondiente. Por lo tanto, el radar recibe una señal de suma que tiene una intensidad medida y una dirección de propagación distinta tanto de las de la señal directa por sí sola como las de la señal reflejada por sí sola.

En particular, como se muestra en la Figura 2, las dos señales, es decir la señal directa y la señal reflejada, pueden estar en la condición de interferencia constructiva (en fase) o en condición de interferencia destructiva (en oposición de fase) dependiendo de la fase recíproca cuando son recibidas por el radar; durante la aproximación entre el radar y el objetivo, las fases de interferencia constructiva y destructiva se alternan entre sí.

Dado que, en el caso de interferencia constructiva, el radar ve el objetivo aparente por debajo de la posición real (PR), mientras que en el caso de interferencia destructiva el radar ve el objetivo aparente por encima de la posición real (PR), el radar verá el objetivo que se aproxima de forma fluctuante entre una posición más alta y una posición más baja con respecto a la PR.

Si la relación entre el módulo de la señal directa y el módulo de la suma vectorial de la señal directa y reflejada es denominada "factor de propagación", se puede indicar que la fluctuación de un objetivo aparente está ligada al valor de dicho factor de propagación, la progresión del cual puede ser calculada e ilustrada en forma de gráfico.

La Figura 2 muestra dos curvas que representan los dos factores de propagación como una función de la variación en la distancia (eje X) entre un radar y dos antenas ubicadas a distintas alturas en una aeronave (objetivo).

Cada curva se corresponde con un objetivo aparente que fluctúa mientras se aproxima el radar. La distancia entre las dos curvas, para un cierto valor de X, aumenta con el aumento en la diferencia en altitud de las dos antenas de engaño y representa la descorrelación temporal durante la fluctuación de los dos objetivos aparentes vistos por el radar.

Por consiguiente, al montar dos antenas en la aeronave (129, 130), de forma que están dispuestas con una diferencia D1 en altura relativa con respecto al suelo que es lo suficientemente grande, al menos 2 metros, de forma que las señales transmitidas por la primera antena 129 y por la segunda antena 130 se encuentran en condiciones distintas y descorrelacionadas (constructiva/destructiva) de interferencia cuando son recibidas por el radar de monoimpulsos, se simulará la presencia de dos objetivos que fluctúan de forma descorrelacionada entre una posición más baja y una posición más alta con respecto a la posición real del objetivo.

Si las dos señales, cada una la suma de la señal directa y la señal reflejada en el suelo, son recibidas por el radar desfasadas 180° y su diferencia en amplitud es ajustada de forma adecuada y mantenida entre 1 y 2 dB, se produce un engaño similar a la obtenida en una base de estrabismo.

Por lo que antecede se puede concluir que, cuando la señal con una amplitud mayor (antena maestra) es recibida por el radar en la condición de interferencia constructiva con su señal reflejada y la señal con una amplitud menor (antena esclava) es recibida por el radar en la condición de interferencia destructiva con su señal reflejada, se dirige el error angular inducido hacia el suelo y, por lo tanto, el radar tiende a mirar hacia abajo. En esta condición, es posible inducir la condición de finalización del seguimiento automático del objetivo.

En la situación opuesta, es decir, cuando la señal maestra se encuentra en la condición de interferencia destructiva y la señal esclava se encuentra en la condición de interferencia constructiva, el error angular es positivo y el radar dirige el haz hacia arriba, pero de tal forma que la contribución del haz reflejado por el suelo disminuye, lo que permite que el radar recupere la posición correcta e iniciar nuevamente el seguimiento automático del objetivo. Por consiguiente, además de mantener continuamente bajo control la diferencia en amplitud de las señales transmitidas por las dos antenas (maestra y esclava), de forma que se mantiene entre 1 y 2 dB cuando son recibidas por el radar, también es necesario comprobar que esta diferencia siempre es a favor de la señal que es recibida por el radar en interferencia constructiva con su señal reflejada por el suelo.

Por lo tanto, es necesario evaluar cuál de las dos antenas transmite una señal de interferencia constructiva y cuál de ellas transmite una señal de interferencia destructiva.

Esta evaluación de interferencia puede llevarse a cabo al medir la amplitud de la señal del radar recibida en cada antena y al comparar sus valores (la situación de propagación es similar durante la recepción y la transmisión); la diferencia entre las dos amplitudes indica si las dos señales, y cuál de ellas, se encuentran en interferencia constructiva y cuál se encuentra en interferencia destructiva. A partir de lo anterior, se puede comprender que los puntos en el espacio de la trayectoria de vuelo en los que la diferencia en amplitud entre las señales recibidas es grande en módulo representa el punto de máxima descorrelación y, por lo tanto, de eficacia potencial de la técnica. El efecto obtenido es la creación de una base virtual de estrabismo que es mucho más larga que la base real y con una longitud comparable con la altitud de vuelo. La diferencia en amplitud entre las señales recibidas por las antenas es proporcional a un parámetro analítico conocido como función de ponderación (WF). Este parámetro solo depende de factores cinemáticos y del conocimiento de la orografía del terreno y, por lo tanto, puede ser calculado *a priori*. Los valores máximos de módulo de esta función indican las zonas espaciales potencialmente eficaces del engaño.

La WF es expresada por medio de la siguiente relación:

$$WF = \frac{2A(1 - A^2)\text{sen}(\bar{\phi})\text{sen}\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)}{\left[(1 - A^2)\text{sen}(\bar{\phi})\right]^2 + \left[(1 + A^2)\text{cos}(\bar{\phi}) + 2A\text{cos}\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)\right]^2}$$

en la que

- A es la relación entre las amplitudes del haz reflejado y el haz directo (que se considera que es el mismo para las dos antenas).
- $\bar{\phi}$ representa la diferencia de fase entre la señal directa y la señal reflejada en el suelo tal como son recibidas por el radar;
- $\Delta\phi$ representa la rotación de fase debida a la diferencia en altitud entre la antena maestra y la antena esclava.

Estos parámetros se calculan de esta manera:

$$\bar{\phi} = \psi_r + \frac{2\pi}{\lambda} \frac{2h_r h_t}{R}$$

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{2h_r \Delta h_{ms}}{R}$$

en las que

- h_r = altitud del radar
- h_t = altitud del objetivo real (PR)
- R = distancia radar – objetivo
- h_{ms} = diferencia en altitud entre la antena maestra y la antena esclava
- ψ_r = rotación de fase debida a la reflexión en el suelo

La Figura 3 muestra en forma de gráfico la progresión de la función WF calculada en suelo plano.

La altitud del objetivo es mostrada a lo largo del eje y y la proyección en el suelo de la distancia entre el radar y el objetivo es mostrada a lo largo del eje x. En la Figura 3 es posible reconocer las zonas en las que la diferencia de amplitud entre las dos señales es mayor (zonas más oscuras) y que indican las posiciones en las que el engaño es eficaz.

Se puede utilizar esta información para planificar y guiar las trayectorias dentro de las cuales la aeronave objetivo debe moverse cuando se aproxima al radar de monoimpulsos para hacer eficaz el engaño.

La medición en tiempo real de la WF (que es proporcional a la diferencia de amplitud, y coincide en términos de signo con la misma, de las señales recibidas por las dos antenas maestra y esclava) permite la posibilidad de desarrollar diversas estrategias adaptables para hacer eficaz el efecto de estrabismo a una altitud baja, de forma que se el radar deja de seguir automáticamente el objetivo y/o trastorna el procedimiento de seguimiento angular.

5 Algunos ejemplos de estas estrategias son como sigue:

- Mantener la señal transmitida en interferencia constructiva mayor (diferencia entre 1 y 2 dB) que la señal en la condición de interferencia destructiva al invertir de forma adecuada la polaridad del desequilibrio aplicado dependiendo de la polaridad de la diferencia de amplitud de las señales recibidas. De esta forma, el error angular inducido es constantemente hacia abajo.
- 10 • Inversión de la polaridad del desequilibrio a una frecuencia fija, de forma que se generen oscilaciones en el ciclo de seguimiento angular del radar.
- Una variación imprevista en el signo del desequilibrio en los puntos máximos de la WF (o desequilibrio de la señal recibida), de forma que se provoca una interrupción del seguimiento.

15 Según una realización preferente del procedimiento según la invención también se prevé una etapa para calibrar el aparato, para igualar la fase y la amplitud de las señales que se desplazan a través del aparato en ambas direcciones y a lo largo de las dos trayectorias siguientes:

Trayectoria 1:

- RX: primera antena → A → B → primera DRFM 117
- TX: primera DRFM 117 → C → D → segunda antena

20 Trayectoria 2:

- RX: segunda antena → D → F → segunda DRFM 118
- TX: segunda DRFM 118 → E → A → primera antena

Para este fin, se inserta una sección adicional I para una conexión directa entre la primera antena 129 y la segunda antena 130 y se la hace pasar en ambas direcciones únicamente durante dicha etapa de calibración.

25 De esta forma, se obtienen las dos siguientes trayectorias de calibración:

Trayectoria 1:

- TXRX: primera DRFM 117 → C → D → I → A → B → primera DRFM 117

Trayectoria 2:

- TXRX: segunda DRFM 118 → E → A → I → D → F → segunda DRFM 118

30 de forma que se transmite y se recibe la misma señal, abarcando su trayectoria la sección I, por medio de las dos DRFM. Se verifica en el interior de los dos dispositivos de medición la diferencia en amplitud (121 y 122, 112) y fase (117, 118, 113) entre la señal transmitida y la señal recibida al comparar esencialmente las dos trayectorias CDIAB y EAIDF; dado que la sección I es común, se obtiene la medición de la compensación que debe ser introducida en la fase y la amplitud de las dos señales cuando el sistema se encuentra operativo.

35 Aún con referencia a las Figuras 1 y 2 adjuntas, según la presente invención se proporciona un aparato para la generación de señales de engaño para radares de monoimpulsos por parte de una aeronave que tiene dimensiones tales que no se pueda formar una base adecuada de estrabismo; dicho aparato comprende:

- una primera antena 129 y una segunda antena 130 que están dispuestas a una distancia relativa menor que la distancia mínima (10 m) necesaria para formar una base de estrabismo y con base en una tecnología de Conjunto Activo en Fase con una funcionalidad bidireccional tanto durante una transmisión como una recepción (reciprocidad) y capaz de proporcionar la amplificación necesaria tanto para una transmisión como para una recepción; dichas antenas, cuando se encuentran en operación, durante el vuelo, están montadas de forma que produzcan una diferencia en altitud relativa desde el suelo de al menos 2 metros;
- un medio de conversión que consiste, por ejemplo, en un primer módulo 127 de Convertidor descendente/ascendente (DUC) conectado a la primera antena 129 y un segundo módulo 128 de Convertidor descendente/ascendente (DUC) conectado a la segunda antena 130. Dichos módulos DUC 127, 128 reciben en su entrada la señal de radar de radiofrecuencia RF, captada por la antena respectiva, y pueden convertir la misma en una señal de frecuencia intermedia IF;
- los dos módulos 127, 128 también están conectados a un mismo sintetizador 126 de frecuencias que proporciona la fuente que alimenta ambos mezcladores de los dos módulos de DUC;
- 40 - un primer conmutador 124 de dos posiciones, que está conectado al puerto 127a de entrada/salida del primer módulo 127 de DUC (Convertidor descendente/ascendente);
- 50

ES 2 392 147 T3

- un segundo conmutador 125 de dos posiciones, que está conectado al puerto 128a de entrada/salida del segundo módulo 128 de DUC (Convertidor descendente/ascendente);
- un primer circuito 121 de medición de señales capaz de medir la amplitud de la señal recibida por la primera antena 129 y formado por un detector 121a que recibe en su entrada la señal emitida al primer conmutador 124, seguido de un amplificador logarítmico 121b en serie;
- un segundo circuito 122 de medición de señales capaz de medir la amplitud de la señal recibida por la segunda antena 130 y formado por un detector 122a que recibe en su entrada la señal emitida al primer conmutador 125, seguido de un amplificador logarítmico asociado 122b en serie;
- un dispositivo sumador 112 que, recibiendo en su entrada las salidas de los dos amplificadores logarítmicos referidos 121b, 122b, genera una señal COMP que indica la diferencia entre las dos señales referidas e identifica el desequilibrio de amplitud entre las mismas (COMP = amplitud de la señal de la primera antena 129 – amplitud de la señal de la segunda antena 130);
- al menos un circuito 117 de DRFM (DRFM = Memoria digital de radiofrecuencia) capaz de:
 - recibir en su entrada la señal de IF procedente del primer módulo DUC 127;
 - almacenar la fase de dicha señal, con su amplitud normalizada a 1;
 - recibir en su entrada la señal COMP de diferencia generada por el dispositivo sumador 112;
 - si $COMP < 0$, llevar a cabo una compensación de la señal recibida por el conmutador 124, que aplica una atenuación igual a COMP a la propia señal;
 - introducir un desequilibrio de amplitud controlado de entre 1 y 2 dB en valor absoluto en la señal recibida y compensada de DRFM 117;
 - transmitir la señal compensada al segundo conmutador 125 y luego al segundo módulo DUC 128 y a la segunda antena 130;
- al menos un segundo circuito 118 de DRFM capaz de:
 - recibir en su entrada la señal de IF procedente del segundo módulo DUC 128;
 - almacenar la fase de dicha señal, con su amplitud normalizada a 1;
 - recibir en su entrada la señal COMP de diferencia generada por el dispositivo sumador 112;
 - si $COMP > 0$, llevar a cabo la compensación de amplitud de la señal recibida por el segundo circuito 118 de DRFM, aplicando una atenuación igual a COMP;
 - introducir un desequilibrio de amplitud controlado entre 1 y 2 dB en la señal recibida y compensada por el segundo circuito 118 de DRFM;
 - transmitir la señal al primer conmutador 124 y luego al primer módulo DUC 127 y a la primera antena 129;
 - un dispositivo 113 capaz de calcular el desfase relativo entre las dos señales recibidas por las antenas respectivas durante la calibración;
 - al menos un desfasador variable 123 capaz de introducir un retraso de fase adecuado en la señal 117b emitida por el primer circuito 117 de DRFM, retraso de fase que será equivalente a 180° corregido por el valor de calibración para determinar en el momento de la recepción de la misma por medio del radar un desfase final y total de 180° entre las dos señales transmitidas por las dos antenas 129, 130.

Según una realización preferente el aparato también comprende un cable 131 de interconexión que está dispuesto entre las dos antenas 129, 130 para obtener una conexión directa entre las mismas para llevar a cabo una calibración del aparato.

Con esta configuración el principio operativo del aparato es como sigue:

- la señal recibida por la primera antena 129 es convertida a frecuencia intermedia IF en el módulo DUC 127 asociado y es enviada, por medio del primer conmutador 124, a la entrada 117a del primer circuito 117 de DRFM en el cual es almacenada;
- la misma señal de IF emitida por el primer conmutador 124 también es enviada al primer detector 121a y de aquí al primer amplificador logarítmico 121b, cuya salida está conectada al dispositivo sumador 112;
- la señal recibida por la segunda antena 130 es convertida a una frecuencia intermedia IF en el segundo módulo DUC 127 asociado y es enviada, por medio del segundo conmutador 125, a la entrada 118a del segundo circuito 118 de DRFM en el cual es almacenada;
- la misma señal de IF emitida por el segundo conmutador 125 también es enviada al segundo detector 122a y de aquí al segundo amplificador logarítmico 122b, cuya salida está conectada al dispositivo sumador 112;
- el dispositivo sumador 112 calcula la diferencia de amplitud entre las dos señales suministradas por los dispositivos respectivos de medición y envía la señal COMP de diferencia de amplitud tanto al primer circuito 117 de DRFM como al segundo circuito 118 de DRFM;
- si $COMP < 0$, el primer circuito 117 de DRFM compensa la diferencia en amplitud entre las dos señales recibidas por el primer circuito 117 de DRFM y por el segundo circuito 118 de DRFM, atenuando la primera en un valor igual a COMP recibido del dispositivo sumador 112, e introduce un desequilibrio relativo en la señal 117b emitida por el primer circuito 117 de DRFM de forma que, en el momento de recepción por el radar, la misma señal tiene una amplitud

con un valor que es entre 1 y 2 dB mayor o menor que el de la señal 118b emitida por el segundo circuito 118 de DRFM;

- 5 - la señal compensada y desequilibrada en amplitud suministrada por el primer circuito 117 de DRFM es enviada al desfasador 123 que introduce entre las dos señales emitidas por el primer circuito 117 de DRFM y el segundo circuito 118 de DRFM un desfase, de forma que se encuentran en oposición de fase (diferencia de fase de 180°) en el momento de ser recibidas por el radar;
- la señal desequilibrada y desfasada emitida por el primer circuito 117 de DRFM es enviada al segundo conmutador 125 que la remite al segundo módulo 128 de DUC para su transmisión por medio de la segunda antena 130;
- 10 - la señal emitida por el segundo circuito 118 de DRFM es enviada al módulo 128 de DUC asociado para una reconversión a RF y una transmisión al radar por medio de la primera antena 129;
- si $COMP > 0$,
- el segundo circuito 118 de DRFM compensa la diferencia entre las dos señales recibidas procedentes del primer circuito de DRFM y el segundo circuito de DRFM, utilizando la señal COMP de diferencia de amplitud recibida del dispositivo sumador 112, e introduce un desequilibrio relativo en la señal 118b emitida por la segunda DRFM 118 de forma que, en el momento de la recepción por el radar, dicha señal tiene una amplitud con un valor que es entre 1 y 2 dB mayor o menor que el de la señal 117b emitida por el primer circuito 117 de DRFM;
- 15 - la señal procedente del segundo circuito 118 de DRFM es enviada al primer conmutador 124 que la remite al primer módulo 127 de DUC para una reconversión a RF y una transmisión al radar por medio de la primera antena 129;
- 20 - la señal emitida por el primer circuito 117 de DRFM es desfasada 180° y enviada al segundo módulo 129 de DUC para una reconversión a RF y una transmisión al radar por medio de la segunda antena 130.

25 Con respecto a lo anterior, el aparato según la presente invención montado en una aeronave que tiene dimensiones reducidas en el plano perpendicular a la línea de movimiento hacia delante es capaz, haciendo uso del efecto de reflexión del suelo y de mantener una diferencia de amplitud entre 1 y 2 dB y un desfase de 180° entre las señales emitidas por las dos antenas en el momento de ser recibidas por el radar, para crear una condición de estrabismo que es eficaz y equivalente a la creada por dos antenas de engaño situadas a una distancia de varias decenas de metros, es decir, tal como para formar una base eficaz de estrabismo.

30 Por lo tanto, ahora es evidente, con el procedimiento y el aparato asociado según la presente invención, que es posible generar y enviar señales de engaño que están basadas en la distorsión de la medición angular detectada por radares de seguimiento del tipo de monoimpulsos, con un grado elevado de eficacia y de fiabilidad, y tienen capacidad para ser utilizados también por aeronaves de tamaño reducido y, por lo tanto, incapaces de montar las antenas a una distancia mínima tal como para proporcionar una base eficaz de estrabismo utilizando procedimientos convencionales.

35 Aunque se ha descrito en conexión con un número de formas de construcción que son preferentes en la actualidad y un número de ejemplos no limitantes de una realización de la invención, se comprende que el alcance de protección de dicha invención está definida por el contenido de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para generar y transmitir señales de engaño por medio de un aparato que comprende dos antenas transceptoras (129, 130) que están montadas en una aeronave y son amovibles integralmente con respecto a un dispositivo de radar de monoimpulsos que emite una señal de impulsos de radar y que recibe dichas señales de engaño emitidas por las dos antenas, que comprende las siguientes etapas:
- 5
- a) adquirir por medio de cada una de las dos antenas (129, 130) la suma vectorial de la señal emitida por el dispositivo de radar de monoimpulsos y la señal correspondiente reflejada por el suelo, respectivamente;
- 10
- b) compensar la diferencia en amplitud entre las señales recibidas por las dos antenas;
- c) introducir un desequilibrio de amplitud relativo entre la señal recibida por la primera antena (129) y la señal recibida por la segunda antena (130), de forma que se produzca una diferencia de amplitud entre las dos señales transmitidas por las dos antenas entre 1 y 2 dB en el momento de ser recibidas por el dispositivo de radar de monoimpulsos en combinación con las señales reflejadas correspondientes, respectivamente;
- 15
- d) introducir un desequilibrio de fase relativo entre la señal recibida por la primera antena (129) y la señal recibida por la segunda antena (130), de forma que se produzca un desfase relativo de 180° entre las dos señales transmitidas por las dos antenas en el momento de ser recibidas por el dispositivo de radar de monoimpulsos en combinación con las señales reflejadas correspondientes, respectivamente;
- 20
- e) transmitir la señal recibida por cada antena (129, 130) desequilibrada en fase y amplitud por medio de la otra antena (130, 129), respectivamente;
- caracterizado porque** comprende, además, las etapas de:
- f) disponer dichas dos antenas (129, 130) a una distancia relativa inferior a la distancia mínima necesaria para proporcionar una base eficaz de estrabismo y a una diferencia relativa de altitud con respecto al suelo no inferior a 2 metros;
- 25
- g) modular la polaridad del desequilibrio de amplitud entre las dos antenas al
- medir la amplitud de la señal transmitida por el dispositivo de radar de monoimpulsos tal como es recibida por las dos antenas,
 - calcular la diferencia de amplitud entre las dos señales recibidas por la primera antena (129) y la segunda antena (130) para determinar qué antena recibió la señal emitida por el dispositivo de radar de monoimpulsos y la señal correspondiente reflejada por el suelo bajo condiciones de interferencia constructiva,
 - transmitir la señal que, después de introducir el desequilibrio de amplitud relativo, tiene la amplitud más elevada procedente de la antena que recibió la señal bajo condiciones de interferencia constructiva
- 30
- con objeto de maximizar la eficacia del engaño.
- 35
2. Un procedimiento según la Reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende las siguientes etapas:
- a1) convertir la señal recibida por cada una de las dos antenas (129, 130) de radiofrecuencia, más adelante RF, a frecuencia intermedia, más adelante IF, por medio de un módulo (127, 128) de Convertidor descendente/ascendente, más adelante DUC, correspondiente.
- 40
- a2) enviar la señal convertida de IF recibida del primer módulo (127) de DUC a un primer circuito (117) de Memoria digital de radiofrecuencia, más adelante DRFM, para almacenar la fase de la propia señal con una amplitud normalizada a 1;
- a3) enviar la señal convertida de IF recibida del segundo módulo (128) de DUC a un segundo circuito (118) de DRFM para almacenar la fase de la propia señal con una amplitud normalizada a 1;
- 45
- b1) medir (121 a, 121 b) la amplitud de las señales de IF recibidas procedentes de los módulos primero y segundo (127, 128) de DUC, respectivamente;
- b2) calcular (112) la diferencia de amplitud entre las dos señales de IF recibidas de los módulos DUC primero y segundo (127, 128), respectivamente;
- 50
- b3) enviar la señal de diferencia al primer circuito (117) de DRFM y al segundo circuito (118) de DRFM;
- b4) compensar la diferencia de amplitud calculada y
- c1) introducir un desequilibrio de amplitud de entre 1 y 2 dB entre las dos señales a la salida por medio de los circuitos (117, 118) de DRFM;
- d1) introducir un desfase de 180° entre las dos señales;
- 55
- e1) enviar dichas señales (117b, 118b) de desequilibrio de fase y de amplitud emitidas por un circuito (117, 118) de DRFM al módulo (128, 127) de DUC del otro circuito (118, 117) de DRFM, respectivamente, y reconvertir a RF.
3. Un procedimiento según la Reivindicación 1, **caracterizado porque** el desequilibrio de amplitud relativo de las señales emitidas por los dos circuitos de DRFM se lleva a cabo en cualquiera de las señales dependiendo del signo de la diferencia calculada de amplitud.
- 60

4. Un procedimiento según la Reivindicación 1, **caracterizado porque** se determina la trayectoria de vuelo de la aeronave por medio de una función de ponderación predefinida, más adelante WF, proporcional a la diferencia de amplitud entre las señales recibidas por las dos antenas.

5. Un procedimiento según la Reivindicación 4, **caracterizado porque** dicha función es como se define a continuación:

$$WF = \frac{2A(1-A^2)\text{sen}(\bar{\phi})\text{sen}\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)}{\left[(1-A^2)\text{sen}(\bar{\phi})\right]^2 + \left[(1+A^2)\cos(\bar{\phi}) + 2A\cos\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)\right]^2}$$

en la que

A es la relación entre las amplitudes de la señal directa y de la señal reflejada en el suelo que se considera que es la misma para las dos antenas.

- 10
- ϕ representa la diferencia de fase entre la señal directa y la señal reflejada en el suelo tal como es recibida por el dispositivo de radar;
 - $\Delta\phi$ representa la rotación de fase debida a la diferencia en altitud entre la antena que transmite la señal de mayor amplitud y la antena que transmite la señal de menor amplitud.

15. 6. Un procedimiento según la Reivindicación 5, **caracterizado porque** los valores Φ y $\Delta\Phi$ son expresados por las relaciones:

$$\bar{\phi} = \psi_r + \frac{2\pi}{\lambda} \frac{2h_r h_t}{R} \quad \Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{2h_r \Delta h_{ms}}{R}$$

en las que

- 20
- h_r = altitud del dispositivo de radar
 - h_t = altitud del objetivo real (PR)
 - R = distancia radar – objetivo
 - h_{ms} = diferencia en altitud entre la antena que transmite la señal de mayor amplitud y la antena que transmite la señal de menor amplitud
 - ψ_r = rotación de fase debida a la reflexión desde el suelo

25. 7. Un procedimiento según la Reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende, además, un procedimiento para calibrar el aparato para igualar la fase y la amplitud de las señales que se desplazan a través del aparato en ambas direcciones.

8. Un procedimiento según la Reivindicación 7, **caracterizado porque** dicho procedimiento de calibración comprende las siguientes etapas:

- 30
- conectar directamente entre sí (I) dicha primera antena (129) y dicha segunda antena (130), de manera que formen dos trayectorias (CDIAB, EAIDF) de bucle cerrado, entre las dos antenas, para las señales recibidas/enviadas por los dos circuitos de DRFM;
 - para cada circuito de DRFM, transmitir una señal procedente del circuito de DRFM por medio de la trayectoria cerrada correspondiente y recibirla de nuevo en este circuito de DRFM;
- 35
- medir la diferencia de amplitud (112) y de fase (113) entre las señales;
 - almacenar, correspondientemente, la compensación que debe ser introducida en la fase y la amplitud de las señales transmitidas cuando el aparato es operativo en los dos circuitos (117, 118) de DRFM.

40. 9. Un procedimiento según la Reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende una inversión del signo del desequilibrio entre las señales transmitidas por las dos antenas, guiada por la medición de la diferencia de amplitud entre las señales recibidas por las dos antenas, de forma que se induce en el radar un error angular positivo o negativo en el plano de elevación.

10. Un procedimiento según la Reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende una inversión de las señales transmitidas por las dos antenas con una frecuencia fija para producir oscilaciones e interrupciones en el seguimiento durante el ciclo de seguimiento angular del radar.

45. 11. Un procedimiento según la Reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha aeronave es una aeronave de pala giratoria.

12. Un aparato que comprende una primera antena transceptora (129) y una segunda antena transceptora (130) montado en una aeronave y amovible integralmente con respecto a un dispositivo de radar de monoimpulsos adaptado para llevar a cabo el procedimiento según la Reivindicación 1, **caracterizado porque:**

- dicha primera antena transceptora (129) y dicha segunda antena transceptora (130) están situadas a una distancia relativa menor que la distancia mínima requerida para formar una base de estrabismo;

y **porque** comprende:

- un primer módulo (127) de Convertidor descendente/ascendente, en lo que sigue DUC, conectado a la primera antena (129) y un segundo módulo (128) de DUC conectado a la segunda antena (130), capaces de convertir de radiofrecuencia, más adelante RF, a una frecuencia intermedia, más adelante IF, las señales recibidas por la antena respectiva (129, 130) durante la recepción y viceversa durante la transmisión;
- al menos un primer circuito (117) de Memoria digital de radiofrecuencia, más adelante DRFM, y al menos un segundo circuito (118) de DRFM, cada uno capaz, durante la recepción, de recibir en su entrada (117a, 118a) una señal respectiva procedente del módulo (127, 128) de DUC asociado y una señal que representa la diferencia de amplitud entre las dos señales y, durante la transmisión, para emitir una señal al módulo (128, 127) de DUC del otro circuito (118, 117) de DRFM, respectivamente;
- cada uno de dichos circuitos de DRFM es capaz de emitir, durante la transmisión, una señal modificada de amplitud de forma adecuada con respecto al otro, respectivamente;
- un primer conmutador (124) de dos posiciones y un segundo conmutador (125) de dos posiciones que están dispuestos respectivamente entre el puerto (127a) de salida/entrada del primer módulo (127) de DUC y dicho primer circuito (117) de DRFM y entre el puerto (128a) de salida/entrada del segundo módulo (128) de DUC y el segundo circuito (118) de DRFM y capaz de enviar las señales recibidas procedentes de los módulos primero y segundo (127, 128) de DUC al circuito primero y segundo (117, 118) de DRFM, respectivamente, durante la recepción de señales emitidas desde los circuitos primero y segundo (117, 118) de DRFM hasta los módulos segundo y primero (128, 127) de DUC, respectivamente, durante una transmisión;
- un primer circuito (121a, 121 b) para medir la amplitud de la señal recibida por la primera antena (129);
- un segundo circuito (122a, 122b) para medir la amplitud de la señal recibida por la segunda antena (130);
- un dispositivo sumador (112) capaz de recibir en su entrada las salidas de dichos dos circuitos (121, 122) de medición de la amplitud y de generar una señal de diferencia para que sean enviadas a dichos dos circuitos (117, 118) de DRFM;
- un dispositivo (113) capaz de calcular el desfase relativo entre las dos señales recibidas por las antenas respectivas;
- al menos un desfaseador (123) capaz de introducir un desfase variable adecuado en al menos una de las señales (117b, 118b) de salida, desde cualquiera de los circuitos (117, 118) de DRFM, de forma que se provoque un desfase controlado entre las dos señales.

13. Un aparato según la Reivindicación 12, **caracterizado porque** las antenas (129, 130) son del tipo "Conjunto Activo en Fase" con una funcionalidad bidireccional de transmisión/recepción.

14. Un aparato según la Reivindicación 12, **caracterizado porque** las antenas (129, 130) están dispuestas con una diferencia relativa de altitud de al menos 2 metros con respecto al suelo.

15. Un aparato según una cualquiera de las Reivindicaciones 12-14, **caracterizado porque** la señal (117b, 118b) modificada de amplitud emitida desde dicho al menos uno de los dos circuitos (117, 118) de DRFM tiene una amplitud con un valor entre 1 y 2 dB mayor que la de la señal emitida desde el otro circuito (118, 117) de DRFM en el momento de la recepción de las dos señales por el radar.

16. Un aparato según la reivindicación 12, **caracterizado porque** el desfase, que es introducido en una de las dos señales, es tal que se provoca un desfase de 180° en el momento de la recepción de las dos señales por el radar.

17. Un aparato según la Reivindicación 16, **caracterizado porque** dicho desfase, que es introducido en una cualquiera de las dos señales, es igual a 180° más el desfase relativo calculado durante un procedimiento de calibración.

18. Un aparato según una cualquiera de las Reivindicaciones 12-17, **caracterizado porque** dichos circuitos (121; 122) de medición de la amplitud comprenden al menos un detector (121a; 122a) y al menos un amplificador logarítmico (121b; 122b) dispuestos en serie.

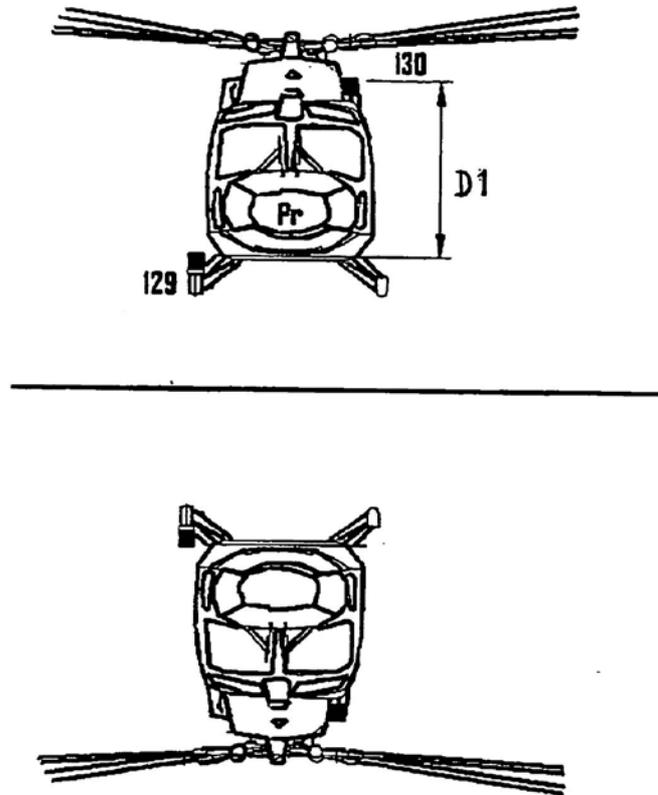


Fig. 1

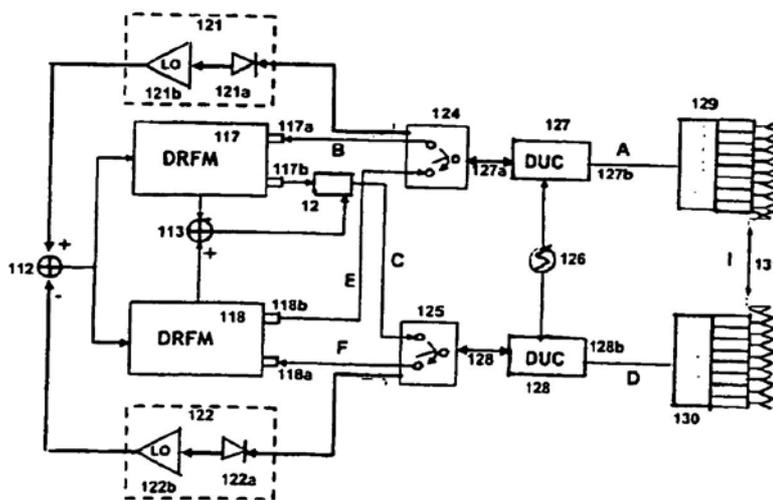


Fig. 4

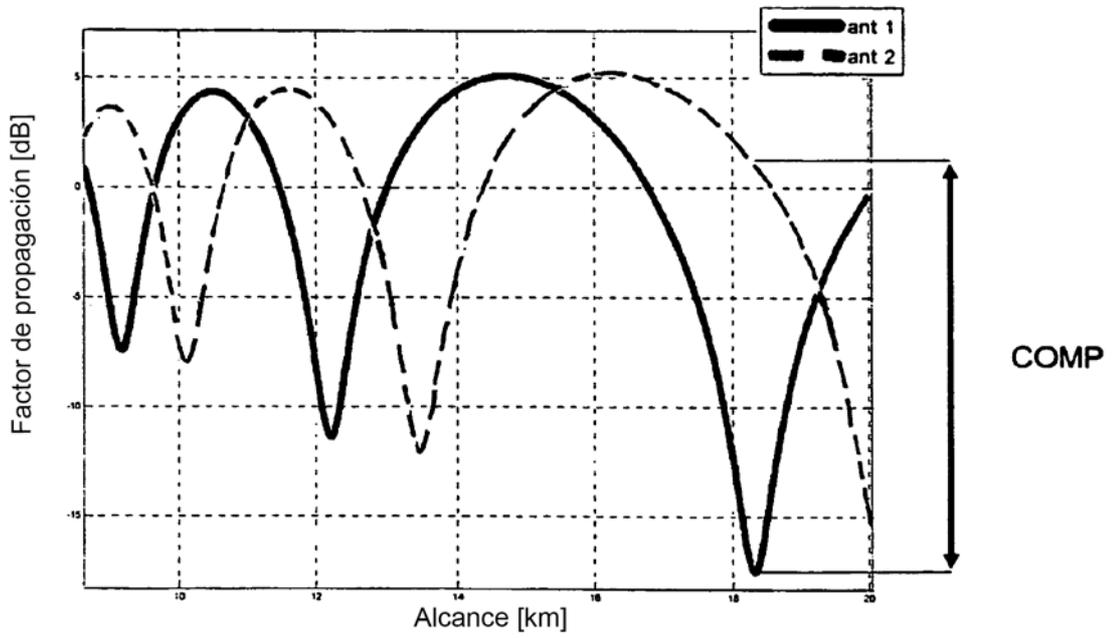


Fig. 2

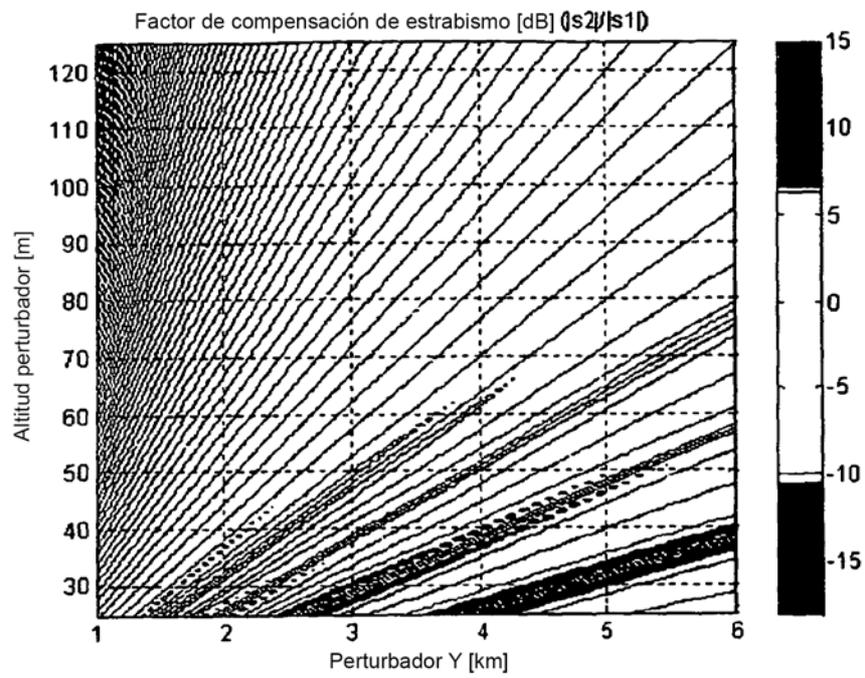


Fig. 3