

K. Kohler 4.



F.C. 30-V-75

Incl. Cl. G01S

MEMORIA DESCRIPTIVA PARA SOLICITAR PATENTE DE INVENCION EN
ESPAÑA POR: "UN SISTEMA DE RADIOLOCALIZACION Y ATERORIZAJE"
A NOMBRE DE STANDARD ELECTRICA, S.A., CON DOMICILIO EN MA-
DRID, CALLE DE RAMIREZ DE PRADO, Nº 5.

El presente invento se refiere a un sistema de radiolocalización y aterrizaje.

Las estaciones de tierra, en los modernos sistemas de aterrizaje por instrumentos (IIS) funcionan por el método de una portadora o por el método de dos portadoras. Funcionando con una frecuencia portadora están las balizas con diagramas de radiación no direccionales y las estaciones de tierra con diagramas de radiación direccionales y lóbulos laterales.

10 En el método de dos frecuencias portadoras, dos conjuntos de antenas emiten dos diagramas de radiación direccionales, uno de los cuales, el denominado diagrama de rumbo, que cubre un estrecho margen angular a ambos lados de la línea



de rumbo invariable, indica al piloto la desviación del rumbo, mientras que la otra, el llamado diagrama de espacio libre, indica al piloto si el avión está fuera del margen del diagrama de rumbo y a qué lado se encuentra de la línea de rumbo. Esto sirve para proporcionar, dentro de este margen, una condición definida del indicador de desviación abordo del avión, a saber, una de las dos posiciones extremas. Los diagramas de radiación direccionales mencionados anteriormente, pueden ser considerados también como un grupo de diagramas simultáneos, dado que emanan de diferentes radiadores simultáneos.

El sistema ILS está muy afectado por errores causados por la propagación en diferentes direcciones. Esto se aplica tanto a la parte del localizador como a la senda de planeo. El método de dos portadoras es menos afectado que el de una portadora.

También se conocen sistemas de aterrizaje con ángulo de aproximación seleccionable.

Una estación de tierra, similar a la del invento, se conoce ya en otros sistemas, tales como los sistemas fijos Doppler. Sin embargo, la conexión sucesiva de los radiadores del conjunto de antenas lineal sirve para producir una frecuencia Doppler que, en el invento, no se evalúa en el receptor.

En la anterior solicitud de patente española nº 399.206 (K.Kohler-2), se activan los radiadores del conjunto de antenas lineal para radiar secuencialmente, de tal modo que las fases diferentes pueden ser sumadas en la estación del avión. Allí no se describía la determinación de vectores y su suma vectorial.

En la anterior patente alemana nº P 22 03 442.0

414854

3.



(K. Kohler-3), los radiadores del conjunto de antenas lineal estan, además, conectados secuencialmente. Sin embargo, la evaluación abordo de los impulsos recibidos se realiza de manera diferente que en el presente invento.

5 El presente invento tiene por objeto proporcionar un sistema de radiolocalización completamente nuevo en el que se eliminan parte de los errores causados por diferencias de propagación, abordo del avión.

10 El nuevo sistema también permite seleccionar el ángulo de aproximación por una rotación virtual de los diagramas de radiación en la dirección del receptor.

15 En los diagramas de grupo, parte de los errores debidos a diferencias de propagación provienen de la radiación de espacio libre reglejada. Esto no existe en los diagramas virtuales, ya que, en la estación de tierra, solamente esta radiando un radiador en un instante determinado, y puede evitarse completamente cualquier interacción de los radiadores insertando diodos conmutados en el alimentados, en un punto apropiado. Además solamente se necesitan un conjunto lineal
20 y una frecuencia. El nuevo sistema es apropiado para simular los métodos de una o dos portadoras.

Describiremos seguidamente el invento con más detalle refiriéndonos a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

25 La Fig. 1 muestra esquemáticamente una pista de aterrizaje, un conjunto de antenas lineal con $n=18$ radiadores, y tres posiciones del receptor;

30 Las Figs. 2a a 2c muestran, desde las posiciones del receptor de la Fig. 1, los vectores y sus sumas determinadas sucesivamente abordo durante un ciclo de exploración, para obtener la portadora de espacio libre a partir de los impulsos



que llegan de los radiadores 1.9 y 1.10 del conjunto lineal;

Las Figs. 3a a 3c muestran, para las posiciones del receptor de la Fig. 1, los vectores y sus sumas determinadas sucesivamente a bordo durante un ciclo, para obtener la banda lateral de espacio libre a partir de los impulsos que llegan de los radiadores 1.7 a 1.12 del conjunto lineal;

La Fig. 4 muestra los diagramas de grupo real de la portadora y banda lateral de espacio libre o los correspondientes diagramas virtuales;

La Fig. 5 muestra la variación del valor de espacio libre indicado derivado de los diagramas de la Fig. 4;

La Fig. 6 muestra los diagramas de grupo real de la portadora y banda lateral del rumbo o los correspondientes diagramas virtuales;

La Fig. 7 muestra la variación del valor de rumbo indicado derivado de los diagramas de la Fig. 6;

Las Figs. 8 a 11 muestran los diagramas correspondientes a los diagramas de las Figs. 4 a 7 para un ángulo de aproximación de $\delta_k = 20^\circ$;

La Fig. 12 muestra la variación del valor de espacio libre indicado para la posición de avión $\delta = 20$ y $\delta = -45$ como función del ángulo α , y

La Fig. 13 muestra un diagrama bloque de un receptor de abordó.

Describiremos primeramente el funcionamiento del sistema refiriéndonos a las Figs. 1 a 6, esto es, para el rumbo de aproximación, según la correspondiente norma de ICAO.

En la Fig. 1, el rectángulo 2 designa una pista de aterrizaje vista verticalmente; en un extremo está un conjunto de antenas horizontales 1, con radiadores 1.1 a 1.18 puestos

414854

5.



en fila y paralelas unas a otras. Para esta explicación la separación d entre radiadores, representados como dipolos, es igual a media longitud de onda de funcionamiento λ , esto es, $d = \lambda/2$. Se muestran tres ángulos de aproximación o posiciones del receptor A ($\sigma = 0^\circ$), B ($\sigma = 10^\circ$) y C ($\sigma = 30^\circ$). Los radiadores 1.1 a 1.18 se conectan sucesivamente a un transmisor (no mostrado) y radian impulsos que contienen una oscilación de r.f. cuya amplitud y fase son las mismas para todos los radiadores. Antes de cada ciclo de radiación, se radia un tren de impulsos por el radiador 1.1. En el receptor se procesan los impulsos a la misma cadencia en que se conectan los radiadores del conjunto de antenas lineal; cuando aparece el tren de impulsos, queda determinado que el siguiente impulso proviene del radiador 1.1, de tal modo que no hay ambigüedad en la asignación de los impulsos que se reciben de los radiadores. Si se elige el impulso recibido desde el radiador 1.1, como referencia, pueden medirse las fases ψ_2 a ψ_{18} de los impulsos recibidos de los radiadores 1.2 a 1.18 con relación a la fase ψ_1 del impulso de referencia, mediante un medidor situado en el receptor. Del mismo modo pueden medirse las amplitudes A_2 a A_{18} de los impulsos que se reciben, con relación a la amplitud A_1 del impulso de referencia. Para la siguiente explicación, se supone que no existen interferencias. Entonces, se suponen las amplitudes A_2 a A_{18} del mismo valor que la amplitud A_1 , y todas del valor 1.

Ya que cada impulso puede asignarse a un radiador sin ambigüedad, se obtiene, en el receptor, un número doble que consiste de la magnitud (amplitud) y fase para cada impulso. Cada número doble representa un número complejo o vector. Este número complejo representa la intensidad de campo que produce



el radiador respectivo en el receptor, con relación a los radiadores de referencia. Ya que el impulso que llega del radiador 1.1 es el impulso de referencia, el número doble asociado siempre tiene la fase "0" para todas las posiciones del receptor.

5 Las fases de los números dobles para los impulsos de los otros radiadores dependen de las posiciones del receptor.

La intensidad de campo medida, esto es, los vectores determinados de los impulsos de todos los radiadores, se almacenan en el receptor. Como se explicará más adelante, toda

10 esta información se obtiene de los valores medidos que, en el sistema ILS conocido, se deriva de las señales recibidas de las antenas que radian simultáneamente el rumbo y el espacio libre, concretamente, la portadora de rumbo, la banda lateral de rumbo, la portadora de espacio libre y la banda lateral de

15 espacio libre.

Primeramente explicaremos cómo se obtiene la información de espacio libre en el presente invento. Para mayor claridad, emplearemos una representación vectorial.

La información de espacio libre se deriva de la portadora y la banda lateral de espacio libre. Consideraremos

20 primeramente la portadora de espacio libre. Para obtener esta portadora, solamente se evalúan aquellos valores de los almacenados que son recibidos de los radiadores 1.9 y 1.10. Cada una de las Figs. 2a a 2c muestra los vectores de la portadora de

25 espacio libre para las posiciones del receptor A, B, C de la Fig. 1. Los números indican los radiadores.

Si los radiadores 1.9 y 1.10 del conjunto de antena lineal, radiaran simultáneamente y con igual fase y amplitud, se obtendría en el espacio un diagrama de grupo real según

30 la curva CT de la Fig. 4. Esta curva muestra el diagrama de

414854

7.



grupo de la portadora de espacio libre a ambos lados de la línea, de rumbo $\delta = 0^\circ$. El lóbulo principal de este diagrama de grupo queda en la dirección $\delta = 0^\circ$.

5 Sin embargo, ya que los radiadores radian uno después de otro, este diagrama de grupo nunca existió en el espacio (solamente el diagrama de, en todo caso un radiador). De los impulsos recibidos sucesivamente y de los vectores de diagrama único determinados anteriormente, el receptor puede determinar aquellos valores del diagrama de grupo real que están asociados
10 con su posición, formando el valor absoluto de la suma de los vectores de los impulsos de los radiadores 1.9 y 1.10. El receptor tiene un dispositivo que suma los vectores y determina el valor absoluto del vector suma. Debajo de cada una de las Figs 2a a 2c se muestra el vector suma. En cada caso, el vector suma
15 se designa por V. Para un receptor en la posición A ($\delta = 0^\circ$), todos los impulsos deben cubrir la misma distancia (Fig. 2a). Ya que la señal de r.f., dentro de los impulsos, fue radiada en fase, debe llegar en fase. Por lo tanto, todos los vectores tienen la fase 0. El valor absoluto S del vector suma V es $S=2$.

20 Para la posición B ($\delta = 10^\circ$), los vectores medidos de los impulsos de los radiadores 1.9 y 1.10, y sus sumas, se muestran en las Figs. 2b. Ya que los impulsos, emitidos desde radiadores diferentes, viajan distancias diferentes hasta el receptor, las fases respectivas son diferentes unas de otras,
25 y los vectores tienen direcciones diferentes. La fase cambia en el valor $2\pi \frac{d}{\lambda} \sin \delta$, esto es, para $\delta = 10^\circ$ y $d = \frac{\lambda}{2}$ en 31° por radiador, o sea, 250° para el radiador 1.9. El valor absoluto S del vector suma es $S=1.92$.

La Fig. 2c muestra los vectores medidos de los impulsos de los radiadores 1.9 y 1.10 y su suma, para la posición
30 del receptor C ($\delta = 30^\circ$). Aquí, los vectores están girados 90°

414854

8.



de radiador a radiador. El valor absoluto S de este vector suma V es $S=1.41$.

Si se determinaran todos los vectores suma V para cada azimut ϕ , por suma de vectores, los valores absolutos del vector suma de todos los angulos ϕ , quedarían dentro de una curva denominada aquí como un "diagrama virtual". El termino "virtual" expresa que el referido diagrama no existe realmente en el espacio. Es, sin embargo, idéntico al diagrama de grupo real de la Fig. 4, que se obtiene si los radiadores 1.9 y 1.10 del conjunto de antenas lineal de la Fig. 1 se alimenta simultaneamente y con la misma magnitud y fase.

Describiremos seguidamente la banda lateral del espacio libre.

Aquí, de los valores medidos almacenados, se evalúan los impulsos recibidos de los radiadores 1.7 a 1.12. Los valores medidos, excepto los dos del centro, se procesan no con la amplitud medida, sino con la amplitud disminuyendo desde el centro de los radiadores hacia el exterior. Las amplitudes de los radiadores 1.7 y 1.12 se multiplican por el factor $1/5$, y los radiadores 1.8 a 1.11 por el factor $1/3$. Ya que los diagramas de doble lóbulo de la banda lateral de espacio libre deben simularse en el receptor, es necesario que las fases de los valores medidos de la mitad de los radiadores, esto es, de los radiadores 1.7 a 1.9, se cambien en 180° , o que se inviertan sus amplitudes. Los vectores cambiados de este modo se suman vectorialmente, resultando el valor absoluto S del vector suma V .

Cada una de las Figs. 3a a 3c muestran nuevamente los vectores de la banda lateral de espacio libre para las posiciones del receptor A, B y C de la Fig. 1, debajo, los vectores

414854

9.



5 suma. Las consideraciones con respecto a las Figs. 2a a 2c referentes al diagrama de grupo real y al diagrama virtual, se aplican análogamente a las Figs. 3a a 3c. En la Fig. 4, la curva resultante se indica con línea de puntos y se designa por S.

Como se ha explicado anteriormente, se forman dos valores absolutos como sigue:

$$S_{ct} = V_{ct} = -\frac{Z_n}{2} + \frac{Z_n}{2} + 1 \quad (1)$$

(2)

$$10 \quad S_{cs} = V_{cs} = -\frac{1}{5} \frac{Z_n}{2} - 2 - \frac{1}{3} \frac{Z_n}{2} - 1 - \frac{Z_n}{2} + \frac{Z_n}{2} + 1 + \frac{1}{3} \frac{Z_n}{2} + 2 + \frac{1}{5} \frac{Z_n}{2} + 3$$

donde $Z(u)$ ($u=1\dots n$) es el vector derivado de los valores medidos del impulso del radiador u -simo, y n es el número de radiadores.

15 De estos dos valores absolutos, se forma el valor de espacio libre indicado θ_c según la ecuación.

$$\theta_c = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{\lambda}{3\pi d} \cdot \frac{S_{cs}}{S_{ct}} = \frac{120}{\pi^2} \cdot \frac{S_{cs}}{S_{ct}}$$

Como se muestra en la Fig. 4, las curvas S_{cs} y S_{ct} se eligen de tal manera que, cuando el avión está volando dentro de rumbo ($\sigma=0$), la relación S_{cs}/S_{ct} tiene el valor 0, y varía linealmente en un sector a ambos lados de la línea de rumbo $\sigma=0$. Es conveniente multiplicar la relación por un factor, de tal modo que el valor indicado sea idéntico, dentro de un estrecho sector a ambos lados de la línea de rumbo $\sigma=0$, a la desviación angular de la posición del receptor a partir de la línea de rumbo $\sigma=0$. En el ejemplo presente, este factor es $\frac{180}{\pi} \cdot \frac{\lambda}{3\pi d}$. Eligiendo otro factor, podría conseguirse que el valor de espacio libre indicado iguale a la diferencia en profundidad de modulación (DDM) conseguida por los métodos ya conocidos. Si la anchura del rumbo se designa por σ_b (esto

20

25

30



es, que la desviación angular en grados de la línea de rumbo

$\delta = 0$ en la que el valor de DDM se supone 0.155), el nuevo factor sería $\frac{0,155}{\delta_b} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot \frac{\lambda}{3\pi d}$.

5 Entonces,

$$\text{DDM} = \frac{0,155}{\delta_b} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot \frac{\lambda}{3\pi d} \cdot \frac{S_{cs}}{S_{ct}} \quad (3a)$$

En la Fig. 5 se ilustra θ como una función de la posición δ del avión.

Ya que este valor θ del espacio libre indicado, derivado en el margen de espacio libre, sirva principalmente para indicar la dirección de la desviación del rumbo, debe determinarse esta dirección. Se realiza mediante la ecuación

$$SC = |V_{ct} + i V_{cs}|, \text{ donde } (i^2 = -1) \quad (4)$$

Si $S_c \gg S_{ct}$, el receptor estará en un lado de la línea de rumbo, esto es, en el margen de ángulos positivos δ ; si $S_c \ll S_{ct}$, el receptor estará en el margen de ángulos negativos δ . La determinación del valor de espacio libre indicado θ se efectúa continuamente, en cada caso, con nuevos valores medidos.

Si se determina en el receptor que el valor de espacio libre indicado θ_c ha alcanzado un valor que corresponde a un ángulo δ menor de 3° , las sumas de vectores para la portadora de rumbo KT y la banda lateral de rumbo KS, se forman en el receptor a partir de los valores medidos, de un modo similar al descrito en relación con el espacio libre.

En este caso, sin embargo, los vectores de los valores medidos de los impulsos de todos los radiadores se suman vectorialmente. Antes de la suma de vectores, se cambian las amplitudes de todos los vectores multiplicando por factores $i\sqrt{V_{kt}}$, para la portadora de rumbo, y por $i\sqrt{V_{ks}}$ para la banda lateral de rumbo. Los factores para el vector $Z\sqrt{V}$ son

414854

11.



$$i_{v_{kt}} = 1 - 0.5 \cos \left[\left(v - \frac{1}{2} \right) \frac{2\pi}{n} \right]$$

$$i_{v_{ks}} = 1 - 0.5 \cos \left[\left(v - \frac{1}{2} \right) \frac{4\pi}{n} \right]$$

Ya que la banda lateral de rumbo es un diagrama de lóbulo, las fases de los impulsos de la mitad de los radiadores se cambian nuevamente a 180° , esto es, se invierten sus amplitudes. Las ecuaciones para la determinación de la portadora de rumbo S_{kt} y de la banda lateral del rumbo son

$$S_{kt} = \left| V_{kt} \right| = \sum_{v=1}^n i_{v_{kt}} \cdot Z_v$$

$$S_{ks} = V_{ks} = \sum_{v=1+\frac{n}{2}}^n i_{v_{ks}} \cdot Z_v - \sum_{v=1}^{n/2} i_{v_{ks}} \cdot Z_v \quad (6)$$

Si los valores absolutos de las dos ecuaciones están determinados por todos los ángulos σ , se obtienen las curvas KT y KS de la Fig. 6. Las consideraciones en relación con la curva CT de la Fig. 4, referentes al diagrama de grupo real y al diagrama virtual, se aplican a estas curvas de la Fig. 6 del mismo modo.

El valor indicado de rumbo θ_k está determinado a partir de los valores absolutos de los dos vectores suma según la ecuación siguiente:

$$\theta_k = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{2}{n} \frac{\lambda}{d} = \frac{S_{ks}}{S_{kt}} = \frac{40}{\pi} \frac{S_{ks}}{S_{kt}} \quad (7)$$

Aquí, además, el factor $\frac{40}{\pi}$ se elige de tal manera que, en un sector a ambos lados de la línea de rumbo $\sigma=0$, el valor de rumbo indicado θ_k sea idéntico a la desviación angular de la posición del receptor σ de la línea de rumbo $\sigma=0$. Puede conseguirse también, que el valor de rumbo indicado este de acuerdo con el DDM. Entonces, es necesario que

$$DDM = \frac{0.155}{\sigma_b} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot \frac{2}{n} \frac{\lambda}{d} \quad (7a)$$



El signo, esto es, la dirección, del valor de rumbo indicado se determina comparando

$$S_k = \left[V_{kt} + i V_{ks} \right] \quad (8)$$

5 con S_{kt} ; el valor de rumbo indicado θ_k y su signo sirven directamente el indicador de desviación en el avión. θ se determina continuamente, siempre con los nuevos valores medidos, hasta que termina la aproximación a la pista de aterrizaje. Si ha sido necesario dar de nuevo la vuelta, se determina otra vez el espacio libre tan pronto como θ_k alcanza un valor que corresponde a una ~~0~~ 3°.

Puede verse que los errores debidos a las diferencias de propagación son iguales, prescindiendo de si se emplean diagramas de grupo real o diagramas virtuales, con tal de que los diagramas sean iguales. Por lo tanto, la simulación virtual de diagramas de portadora de rumbo y de banda lateral de rumbo se comporta exactamente lo mismo que el diagrama del grupo real correspondiente, en lo que se refiere a los errores debidos a las diferencias de propagación. En los diagramas de grupo real, los errores debidos a diferencias de propagación se componen de dos porciones, una de ellas esta representada por los factores debidos a los lóbulos laterales. La otra por el espacio libre (clearance) reflejado.

La segunda porción es mayor que la primera. En el método virtual, la segunda porción no ocurre siempre. Otra ventaja del método virtual es que se elimina la necesidad del segundo conjunto de antenas lineal. Con el método virtual, cualquier interacción entre las antenas puede dominarse muy bien. Ya que, en cada momento, solamente está funcionando un radiador, todos los radiadores pueden estar casi completamente aislados unos de otros y quedar inefectivos insertando diodos conmutadores



en puntos apropiados de los alimentadores. Esta posibilidad no existe con los diagramas de grupo real.

A continuación describiremos una mejora del invento que consiste en que, el avión que se aproxima puede seleccionar
 5 él mismo, el ángulo de aproximación. Son deseables diferentes ángulos de aproximación, particularmente para la senda de descenso, dado que la senda de descenso más favorable varía según los tipos de aviones. En la dirección de azimut son importantes diferentes ángulos de aproximación, sobre todo para avio-
 10 nes VTOL y helicópteros, particularmente para uso militar.

Son conocidos ya los sistemas de aterrizaje con ángulo de aproximación seleccionable; funcionan con diagramas de grupo explorado constantemente. Debe transmitirse constantemente este ángulo desde la estación de tierra a la del avión,
 15 porque no puede derivarse una información de fijación de la amplitud de una sola medida de intensidad de campo.

En la mejora del invento, no se emplean diagramas de grupo explorados constantemente desde tierra, porque aquellos valores se forman virtualmente en el receptor, que estaría pre-
 20 sente en el lugar del receptor si los dos diagramas de grupo se han girado en la dirección del ángulo de aproximación deseado.

Si los radiadores del conjunto lineal de la Fig. 1 se alimentaran simultáneamente con amplitudes iguales, y con fases cambiadas en $V \cdot \alpha$ ($V=1 \dots n$; α = valor angular constante),
 25 se obtendría en espacio los diagramas de grupo real, que estarían girados en el ángulo δ con relación a aquellos diagramas de grupo que radian en la dirección de la línea de rumbo $\delta = 0$. Este ángulo se deduce de la ecuación

$$30 \quad \delta = -\text{arc sen } \frac{\alpha^2}{360 \cdot d / \lambda} \quad (9)$$



Dado que los radiadores se conectan en sucesión, estos diagramas de grupo girados no existen en el espacio. Sin embargo, son concebibles diagramas virtuales girados formados de una manera similar a los diagramas de radiación virtuales no girados. Estos diagramas virtuales o de grupo girados tienen casi la misma forma que los diagramas no girados en las Figs. 4 y 6, pero están cambiados en la dirección de los ejes δ .

Para formar virtualmente en el receptor los valores mencionados anteriormente, se cambian las fases ψ_v de los valores medidos almacenados de los impulsos de todos los resonadores por múltiplos del ángulo α , deduciéndose α del ángulo de aproximación deseado σ_k mediante la ecuación (9):

$$\alpha = -2\pi \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \sin \sigma_k \quad (10)$$

Las fases cambiadas ψ'_v se deducen de las fases medidas ψ_v según la ecuación

$$\psi'_v = \psi_v + v \cdot \alpha \quad (v = 1 \dots n) \quad (11)$$

Ahora, los valores para la portadora y la banda lateral de espacio libre se determinan nuevamente según las ecuaciones (1) y (2). En lugar de los vectores medidos Z^v , se usan los vectores Z'^v con las fases cambiadas.

La Fig. 8 muestra el diagrama virtual que resulta para un ángulo de aproximación $\sigma_k = 20^\circ$. El diagrama de portadora de espacio libre se designa nuevamente por CT, y el diagrama de banda lateral de espacio libre por CS.

La Fig. 9 muestra el valor de espacio libre indicado asociado θ_c que se ha determinado según la ecuación (3).

Como puede verse en la Fig. 9, el signo de $(S_c - S_{ct})$ no es suficiente para una decisión concreta sobre la dirección de la desviación. En el caso que estamos considerando aquí,

414854

15. 10



$\delta = 20^\circ$, se deduce de $(S_c - S_{ct}) < 0$, que el receptor esta en el sector $\delta_g < \delta < \delta_k$, con δ_g obtenida de la ecuación

$$\text{sen } \delta_g = \text{sen } \delta_k - \frac{1}{2} \frac{d}{\lambda} \quad (12)$$

De esto se sigue concretamente que $\delta < \delta_k$ pero si (suponiendo que δ_k es todavía > 0) la expresión $(S_c - S_{ct}) > 0$, δ puede ser $> \delta_k$ o $< \delta_g$. De este modo, no es posible un estado de ambigüedad en cuanto si δ es mayor o menor que δ_k . Sin embargo, mediante un cálculo adicional en el receptor, esta cuestión puede fijarse sin ambigüedad. El cálculo de S_{ct} y S_c , según las ecuaciones (1) a (3) debe realizarse también para $\alpha = 0$. Los signos de $S_c - S_{ct}$, por una parte para $\alpha = 0$, y por otra para $\alpha = -2\pi \frac{d}{\lambda} \cdot \text{sen } \delta_k$, determinan la dirección de la desviación sin ambigüedad. Debe hacerse una distinción entre dos casos, dependiendo del signo de α_k . Si $\alpha_k > 0$, entonces $\delta > \delta_k$, en tanto que ambos signos sean positivos, de otro modo, $\delta < \delta_k$. Si $\alpha_k < 0$, entonces, $\delta > \delta_k$. De este modo, el signo de θ_c (ecuación 3) puede fijarse sin ambigüedad.

El receptor permanece listo para la determinación del espacio libre si $|\theta_c| > 3^\circ$, y solamente se envía para indicación la dirección de la desviación del rumbo seleccionado δ_k .

Tan pronto como $|\theta_c| < 3^\circ$, el receptor se conmuta para la determinación del rumbo, y se determinan ahora la portadora y la banda lateral del rumbo, según las ecuaciones (5) y (6), empleándose nuevamente las fases cambiadas. Los diagramas virtuales que resultan se muestran en la Fig. 10.

El valor del rumbo indicado se determina de los valores absolutos de las dos sumas de vectores, según

la ecuación:

$$\theta_k = \frac{1}{\cos \delta_k} \cdot \frac{40}{\pi^2} \cdot \frac{S_{ks}}{S_{kt}} \quad (7b)$$



El signo de θ_k se deduce de la ecuación (8). En un sector estrecho de $\pm 1,5^\circ$ a ambos lados de la línea de rumbo, los valores de rumbo indicado son iguales a la desviación del receptor en grados angulares de esta línea de rumbo. Esto queda
5 indicado directamente. Su variación se muestra en la Fig. 11.

El modo de funcionamiento en el receptor puede concebirse también como sigue: con el cambio de los vectores por el ángulo α , los puntos virtuales que originalmente quedan dentro de los diagramas virtuales para $\sigma = 0^\circ$ y asociados con la
10 dirección de recepción, cambian a los puntos virtuales correspondientes de los diagramas virtuales girados, esto es, se determinan las intensidades de campo que estaría presentes si los diagramas hubieran sido girados en la dirección del rumbo.

En la forma básica del sistema del presente invento,
15 el ángulo de aproximación se fija rigidamente, y la desviación del receptor del rumbo se indica solamente en un estrecho sector a ambos lados de la línea de rumbo. En la primera mejora, el rumbo σ_k es seleccionable introduciendo el cambio de fase por el ángulo constante. El valor de rumbo debe registrarse por
20 el usuario del receptor. Pero además, la determinación exacta de la dirección es solamente posible cerca de la línea de rumbo.

Describiremos seguidamente otra mejora en la que el ángulo α puede tener valores diferentes. Esta medida hace posible que el receptor determine el azimut fuera de este sector es-
25 trecho. En este caso, solamente se cambia el proceso de los números dobles en el receptor, mientras que la instalación de tierra y la unidad de medida en el receptor permanecen inalterables.

Después de conectado, el receptor funciona primeramente en modo de búsqueda. En este modo se determina el espacio
30 libre (clearance) según las ecuaciones (1) a (3), primeramente



con $\alpha = 0$. Dependiendo del azimut del receptor, se obtiene un valor positivo o negativo de θ_c (Fig. 5). Si $|\theta_c| < 2^\circ$, se da por terminado el modo de búsqueda, y se efectúa el cambio a los diagramas de rumbo. Si se obtiene un valor de $|\theta_c| > 2^\circ$, el signo de (θ_c) decide sobre la siguiente señal que se procesa. Se repite el espacio libre para un nuevo valor de α ,

$$\alpha = \alpha_1 = -\text{sen}(\theta_c) \cdot 6^\circ$$

Se elige el número 6° para que, en el nuevo cálculo, el rumbo σ_k se cambie en unos 2° en dirección de la posición del receptor.

10 El resultado θ_c (α_1) debe comprobarse nuevamente para ver si su valor es menor de 2° . Si el resultado es "si", cambia la operación de búsqueda a la de rumbo. Si el resultado es "no", se repite la operación con $\alpha = 2\alpha_1$. Así se continúa con $\alpha = 3\alpha_1$; $\alpha = 4\alpha_1$, etc., hasta la primera vez que el valor de θ_c (α)

15 queda por debajo de 2° . Entonces se efectúa el cambio al modo de rumbo. La Fig. 12 muestra cómo trabaja el modo de búsqueda. En un primer ejemplo, se elige la posición del receptor en $\sigma = 20^\circ$ y en un segundo ejemplo, $\sigma = -45^\circ$. Para $\sigma = 20^\circ$, el primer cálculo ($\alpha = 0^\circ$) da como resultado $\theta_c(0) = 13,20$. El cálculo debe con-

20 tinuarse con $\alpha = -6^\circ, -12^\circ, -18^\circ$, etc. Solamente el cálculo con $\alpha = -60^\circ$ se obtiene un resultado cuyo valor es menor que 2° , a saber, $\theta_c(-60) = 0,528$. Para un receptor en el azimut $\sigma = -45^\circ$, el primer cálculo ($\alpha = 0$) determina la información direccional $\theta_c(0) = 19,156$. Deben realizarse otros cálculos con $\alpha = 6^\circ, 12^\circ$, etc. Solamente el cálculo con $\alpha = 126^\circ$ proporciona un resultado

25 cuyo valor es menor que 2° , a saber $\theta_c(126) = -0,570$. En este momento, el receptor conmuta a modo de rumbo. La finalidad del modo de búsqueda fué obtener un valor del rumbo para ψ , de tal manera que el valor asociado de θ_c sea menor que 2. Si se

30 realiza el modo de rumbo con esta α , se asegura que el receptor



esta localizado en el área de los lóbulos principales de los diagramas de rumbo virtuales. En un segundo paso se determina el valor de σ_k , a partir de α , según la ecuación 10. Entonces,

$$\sigma = \sigma_k + \theta' \quad (12)$$

5 representa un buen valor aproximado para el azimut del receptor. Sin embargo, ya que la curva θ_k no es estrictamente lineal dentro del margen de $\pm 2\theta$ a ambos lados de σ_k , como se muestra en la Fig. 5 no es todavía el valor suficientemente exacto. Por lo tanto, se realiza el cálculo

$$10 \quad \alpha = -2 \cdot \frac{d}{\lambda} - \text{sen } \sigma \quad (13)$$

y se realiza por segunda vez el modo de rumbo para este nuevo incremento de fase α . Este resultado es un nuevo θ_k ; su valor cae dentro de la región lineal de la curva θ_k . Puede determinarse ahora el azimut σ del receptor con la ecuación (9).

15 Si el receptor es un avión de vuelo rápido, sin embargo cambia su posición muy poco entre dos ciclos de antena sucesivos, ya que los ciclos se suceden muy rápidamente. Si se ha determinado exactamente la posición σ para un ciclo de exploración, este valor puede servir como base para la evaluación

20 durante el ciclo siguiente. A este fin, el receptor determina α de la ecuación (13) y funciona en el modo de rumbo, solamente con los vectores en la memoria intermedia diferentes de los de antes, dado que emanan de un nuevo ciclo. El de este cálculo es θ_k . Si esto se suma al antiguo valor de σ , se obtiene un

25 nuevo valor del azimut σ . Así, el modo de búsqueda no necesita repetirse cada vez, pero los diagramas de rumbo, deben mantenerse en el receptor y localizados cuando el receptor cambie su posición (tracking, rastreo).

Dado que el receptor dirige a su posición los diagramas virtuales direccionales, cualquier fuente de ruido que esté

30

414854

19.



dentro del margen de los lóbulos laterales puede afectar de una manera muy reducida a los errores de medida, debido a las diferencias de propagación.

A continuación describiremos el diagrama bloque del receptor de la Fig. 13. Los impulsos de r.f. se reciben en una antena 3; desde aquí se aplican, a través de una pre-etapa sintonizable 4, al mezclador 5, a cuya otra entrada se aplica una oscilación de r.f. del oscilador 6. La salida del mezclador 5 se aplica a una primera unidad i.f. 7. A esta unidad sigue un conmutador inversor 8, que, en la posición que se muestra, conecta la primera unidad i.f., a un oscilador 10. Si el conmutador 8 está en la otra posición, la primera unidad i.f. se conecta a un medidor de amplitud 11 y a un medidor de fase 12. La salida del oscilador 10 se conecta a las entradas segundas del medidor de amplitud 11 y del medidor de fase 12. Las salidas de los medidores 11 y 12 se conectan al computador 13, cuya salida se conecta al indicador de desviación de rumbo y, quizás, a un indicador de azimut, o elevación.

También conectada a la salida de la primera unidad i.f. 7 se encuentra un dispositivo 15 para reconocer el tren de impulsos y para actuar el conmutador inversor 8 controlando el computador 13. Cuando el dispositivo 15 reconoce el tren de impulsos, envía una señal al computador 13 y pone el conmutador inversor en la posición mostrada, de tal manera que el siguiente impulso desde el primer radiador se aplica al oscilador de elevada exactitud 10 y sincroniza el último respecto a amplitud y fase.

Después del primer impulso, el conmutador 8 cambia a la posición no mostrada, de tal modo que los impulsos siguientes se aplican, a través de la segunda unidad i.f., 9, a



los medidores 11 y 12. La fase de amplitud de la señal de salida del oscilador 10 son las cantidades medidas del primer impulso y sirven como cantidades de referencia para la medida de la fase y amplitud de los impulsos desde el segundo al enésimo radiador. Los medidores de amplitud y fase son ya bien conocidos y no los describiremos aquí en detalle.

Los valores de fase ψ_v y de amplitud A_v ($v=1\dots n$) se almacenan en los almacenamientos del computador o en otro separado, en la parte de almacenamiento v . La escritura se controla por un contador (no mostrado) que avanza a la misma cadencia que la conexión de los radiadores del conjunto de antenas lineales, y cuando aparece el tren de impulsos, se repone a su posición inicial.

De los valores de amplitud A_v y de los de fase ψ_v , el computador determina el espacio libre (clearance) indicado y los valores de rumbo θ_c y θ_k como se ha indicado.

Ha de quedar entendido que la anterior descripción de una forma determinada del invento se hace a modo de ejemplo y no ha de considerarse como una limitación de su alcance.

El presente invento corresponde a una solicitud de patente formulada en Alemania el día 18 de Mayo de 1972, scñalada con el N° P 22 24 400.4 y se acoge, por lo tanto, a los beneficios que otorgan los convenios internacionales vigentes.

- - - - -NOTA- - - - -

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta patente de veinte años son los siguientes:

N

1.- Un sistema de radiolocalización y aterrizaje, en el que la desviación a ambos lados de un valor determinado de azimut o elevación se indica a bordo del avión, y caracteri-

414854

21.



zado porque, en la estación de tierra, n radiadores iguales e igualmente espaciados de un conjunto de antenas lineales, radian cíclica y secuencialmente una oscilación de r.f. de igual magnitud y fase, y porque se radia un tren de impulsos antes
5 de cada ciclo de radiación. En la estación de abordo se miden la amplitud y fase de la oscilación de r.f., en relación a uno de los impulsos; los valores medidos se suman vectorialmente y se determina el valor absoluto de esta primera suma. Este valor corresponde a la amplitud de la intensidad de campo
10 que un diagrama de grupo con un lóbulo principal produciría perpendicularmente al conjunto de antenas lineales en el lugar del receptor. Los valores medidos de la mitad de los radiadores y los medidos de la otra mitad están cambiados en fase 180°, y se suman vectorialmente, determinándose el valor absoluto de esta segunda suma. Este valor corresponde a la amplitud
15 de la intensidad de campo que un diagrama de campo, con dos lóbulos principales y un cero entre ellos, produciría perpendicularmente al conjunto de antenas lineales en el lugar del receptor. El cociente de los dos valores absolutos se emplea
20 como información de fijación.

2.- Un sistema de radiolocalización, como se ha descrito en el punto 1, caracterizado porque se cambian las amplitudes de los valores medidos antes de su proceso posterior.

3.- Un sistema de radiolocalización, según el punto
25 2, caracterizado porque, para obtener un espacio libre (clearance) se forman las sumas de vectores de los valores medidos de varios impulsos recibidos de los radiadores en la región
(H) central del conjunto lineal.

4.- Un sistema de radiolocalización, según el punto
30 2 ó 3, caracterizado porque el ángulo de aproximación es se-



leccionable en la estación del avión, y que, antes de la formación de la suma de vectores, componiendo el ángulo de aproximación, la fase del primer impulso se cambia por un ángulo (α) que depende del ángulo de aproximación, y las fases de los siguientes impulsos se cambian por los múltiplos ($2\alpha, 3\alpha, \dots, n\alpha$) de dicho ángulo (α), cuyo múltiplo corresponde a su número ordinal, de tal manera que las sumas de vectores corresponden a las intensidades de campo que se desarrollarían si dos diagramas de grupo radiasen en la dirección del ángulo de aproximación.

5. - Un sistema de radiolocalización, según los puntos 3 y 4, caracterizado porque, para la determinación adicional de azimut o elevación, se giran las fases de los valores medidos de los impulsos de un ciclo de antena que se reciben de los radiadores en la región central del conjunto lineal con valores del ángulo (α) que varían paso a paso, formándose las sumas de vectores y el cociente de sus absolutos para cada valor del ángulo (α) hasta que el ángulo asociado con el cociente cae dentro de un estrecho margen angular a ambos lados de aquella dirección del diagrama que está asociada con el valor del ángulo (α) presente en ese momento. Después de esto, se cambian las fases de los impulsos de todos los radiadores por el múltiplo de este valor del ángulo (α) que corresponde a su número ordinal. Se forman las dos sumas de vectores y el cociente de los valores absolutos, correspondiendo el cociente a la desviación del azimut o elevación de la dirección del diagrama. La dirección del diagrama se determina del valor del ángulo (α) y la suma de este ángulo y la desviación indica la información de fijación.

6. - Un sistema de radiolocalización y aterrizaje.

Tal y como se ha descrito en la memoria que antecede,

414854

23.



representado en los dibujos que anteceden y a los fines especificados.

Esta memoria consta de veintitres hojas escritas por una sola cara.

MADRID, 17 MAYO 1973


M. G. SANTAMARIA
VICE-SECRETARIO GENERAL



A

8/1

17 MAY 1973



414854

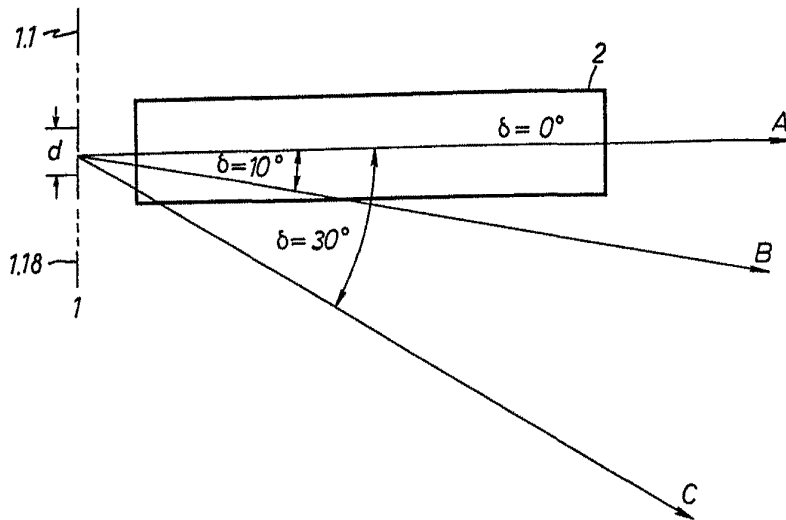


Fig.1



17 MAYO 1973

[Handwritten signature]



414854

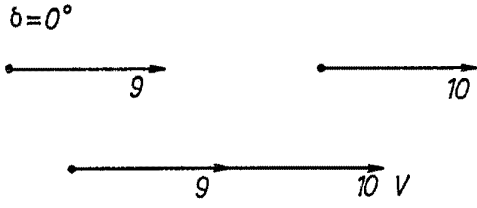


Fig. 2a

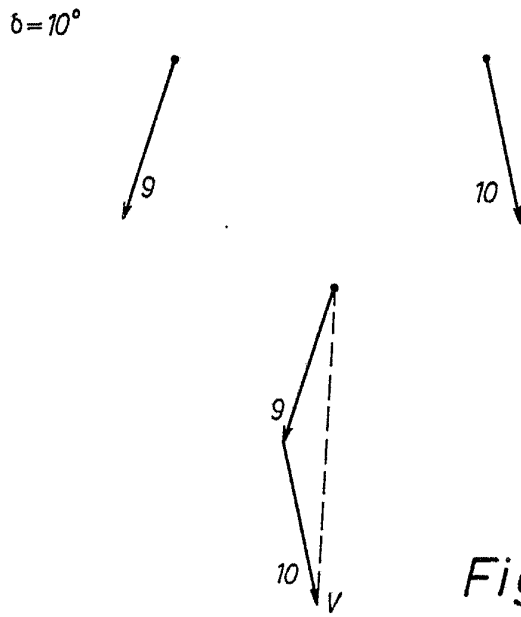


Fig. 2b

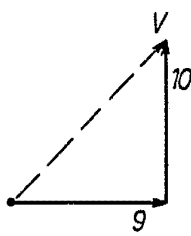
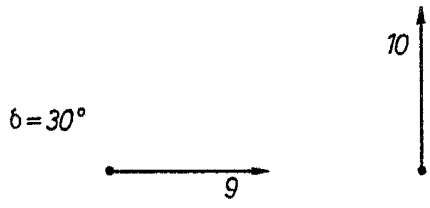
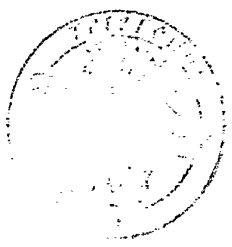


Fig. 2c



Handwritten signature or scribble at the bottom of the page.



414854

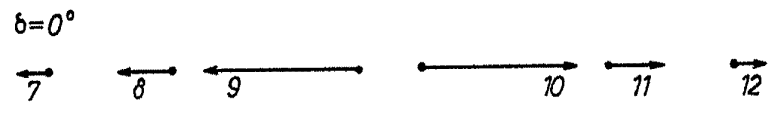


Fig. 3a

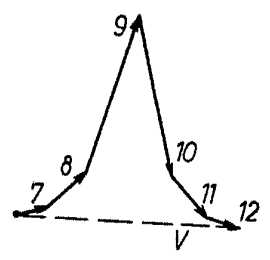
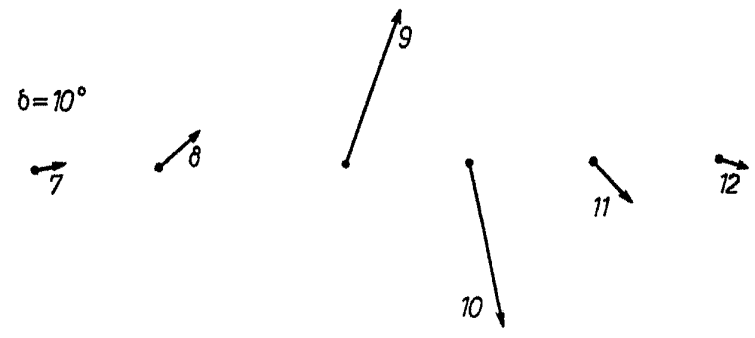


Fig. 3b

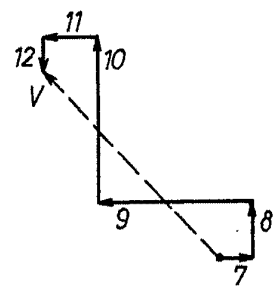
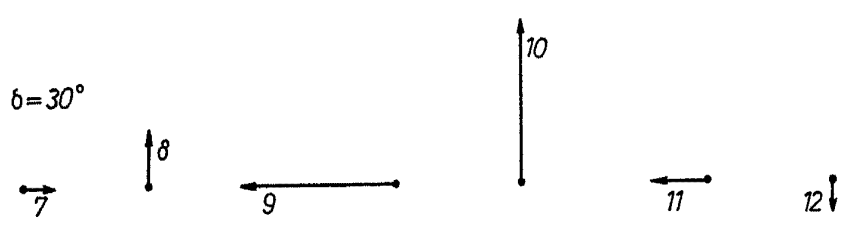


Fig. 3c



W. J. Hawthorn

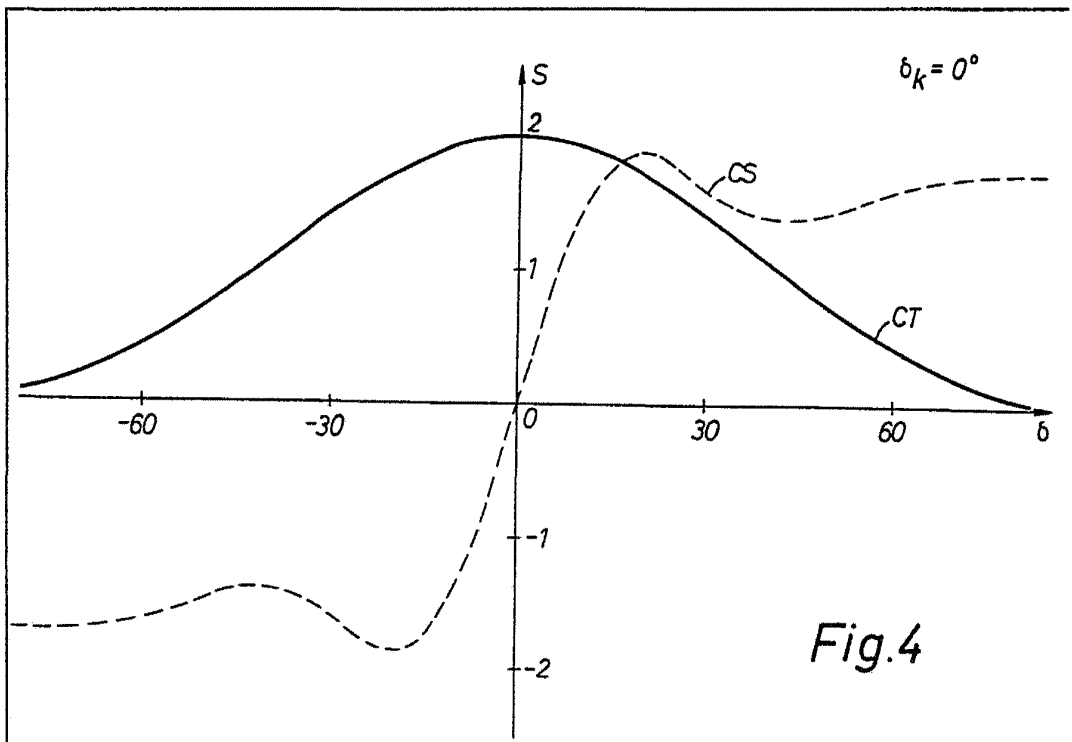


Fig.4

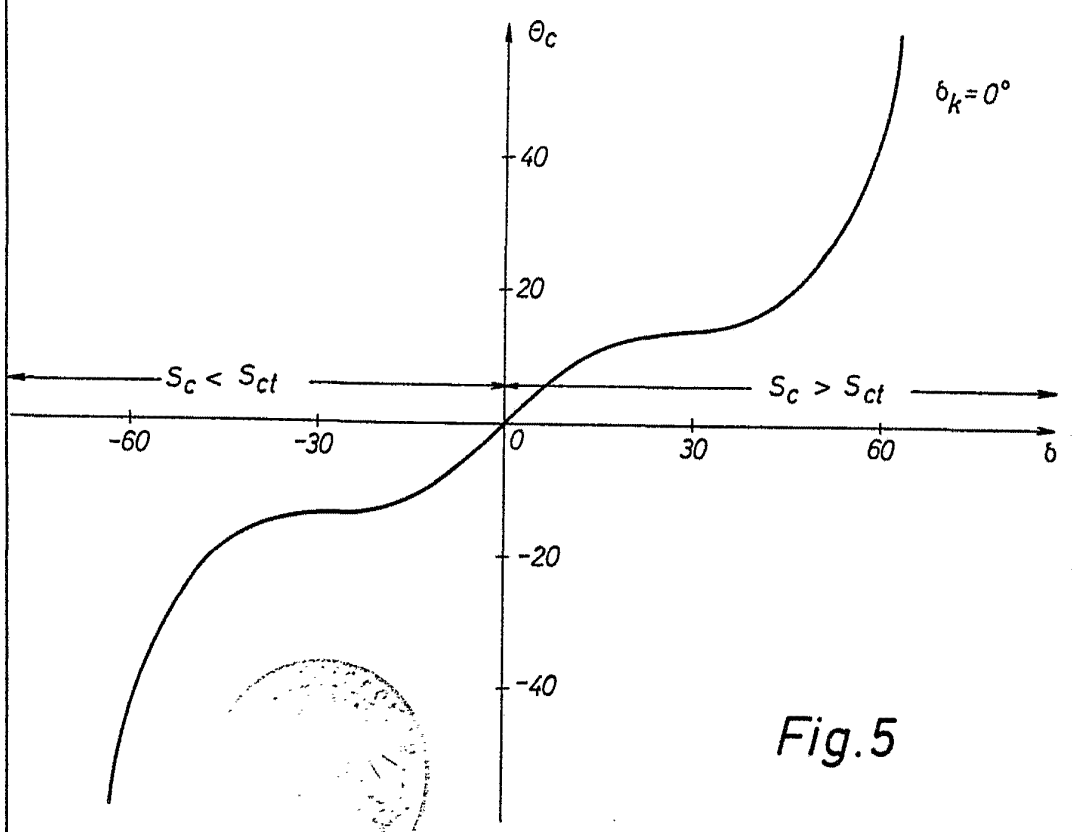


Fig.5



Handwritten signature

17 MAY 1952

414854

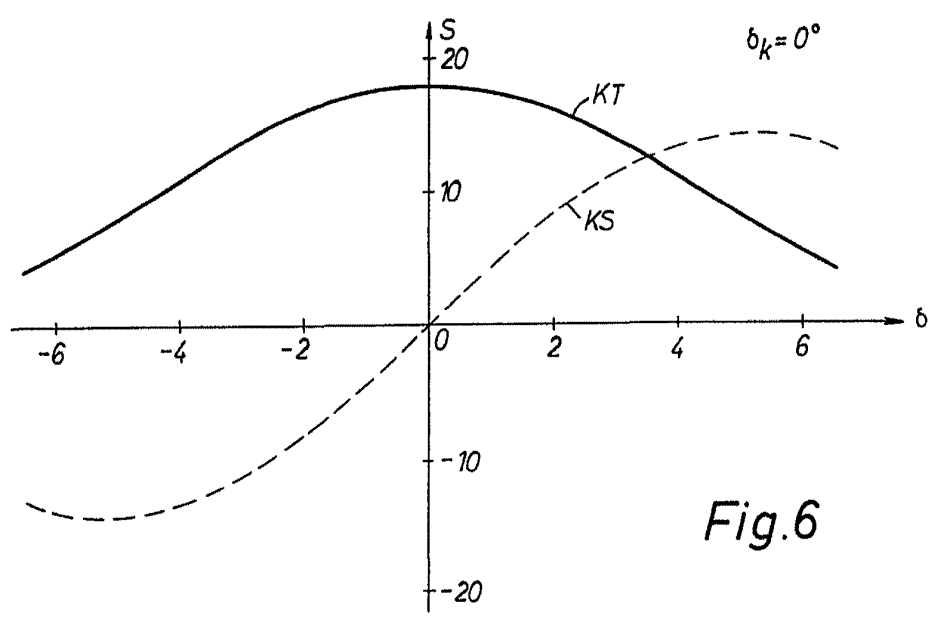


Fig.6

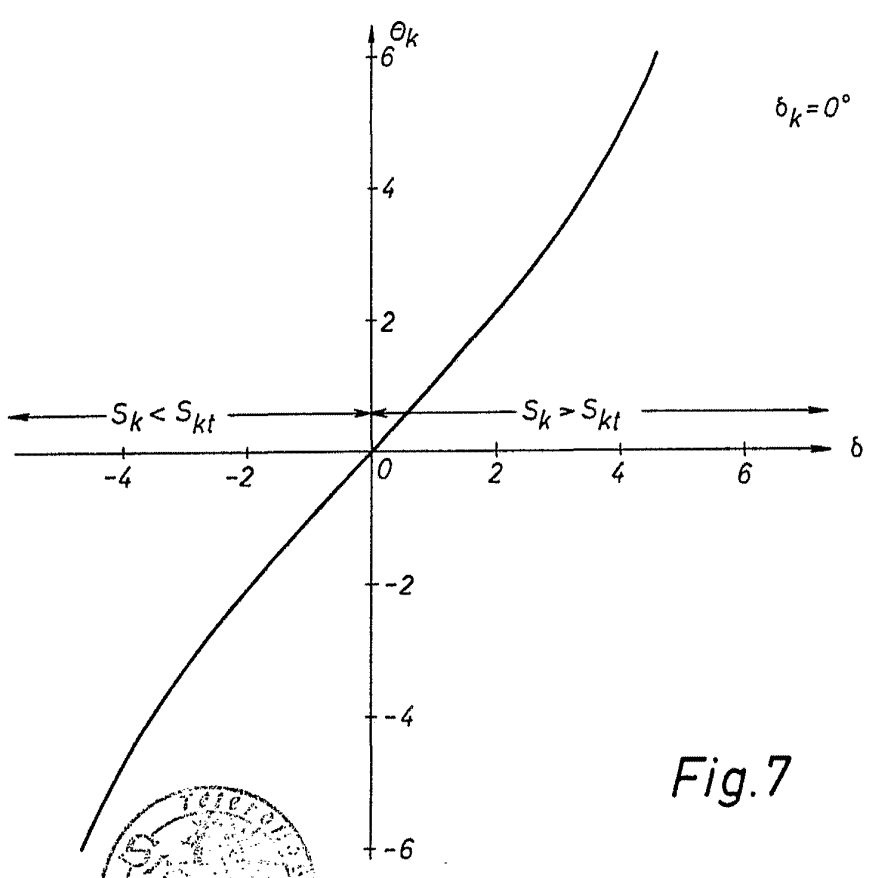
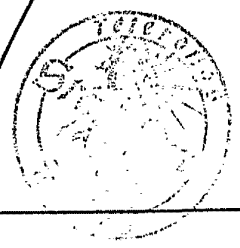


Fig.7



[Handwritten signature]



414854

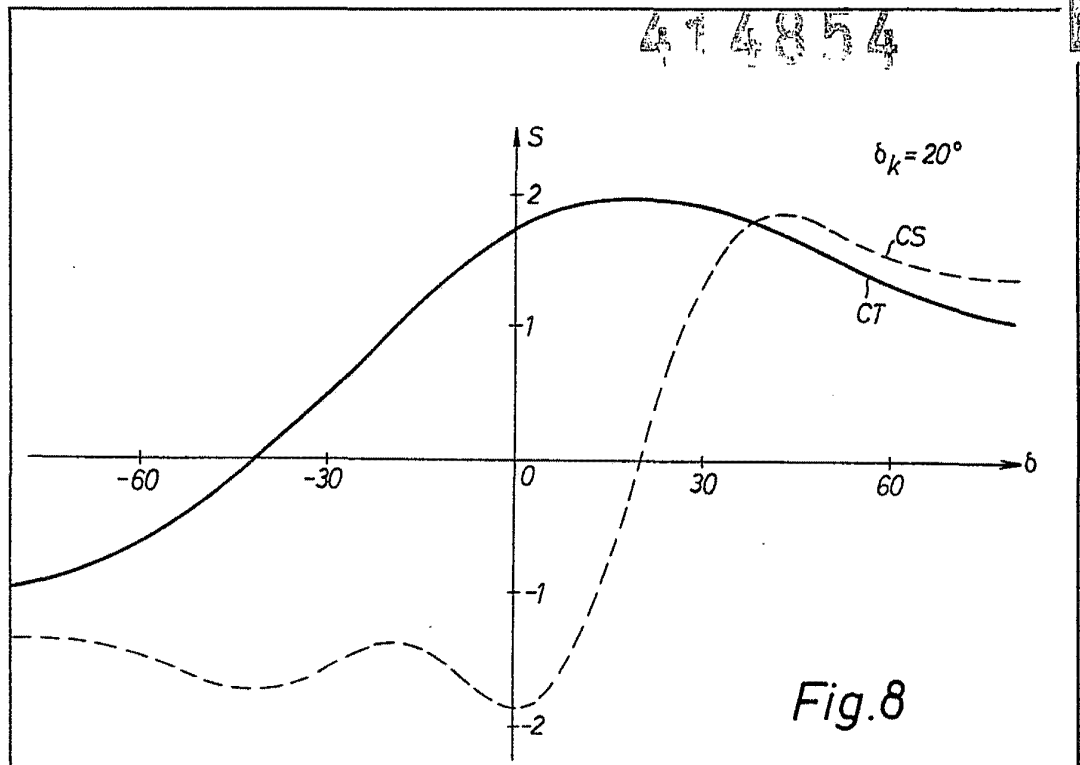


Fig.8

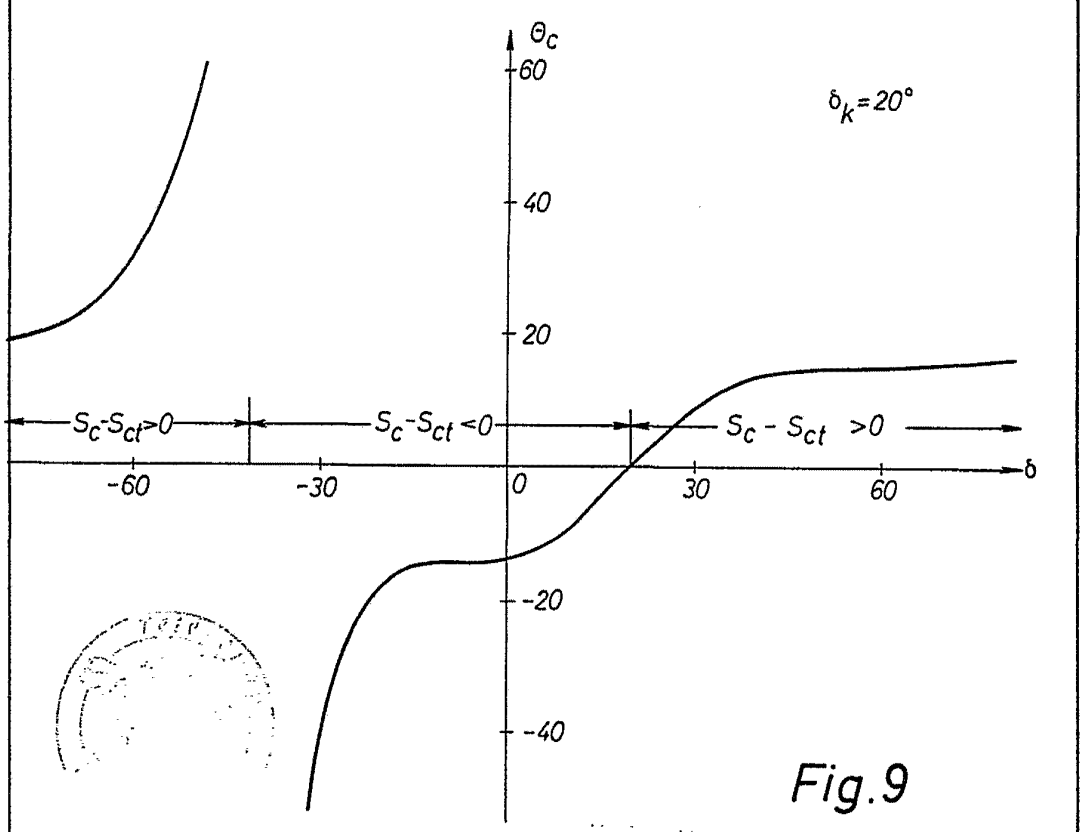


Fig.9



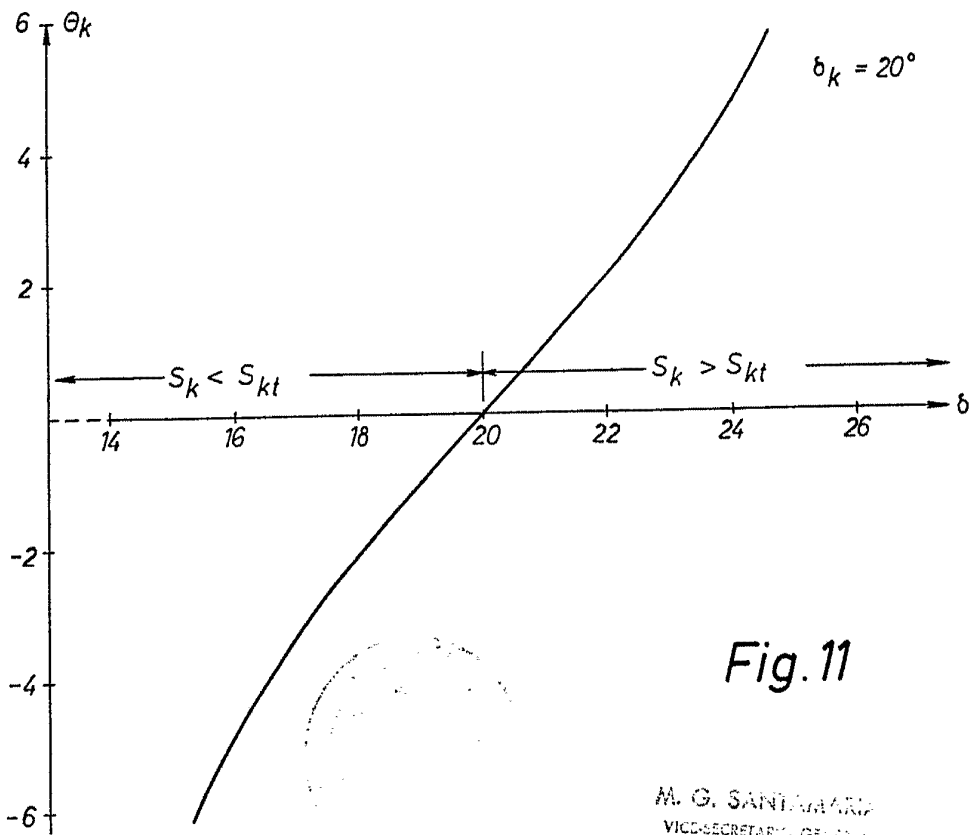
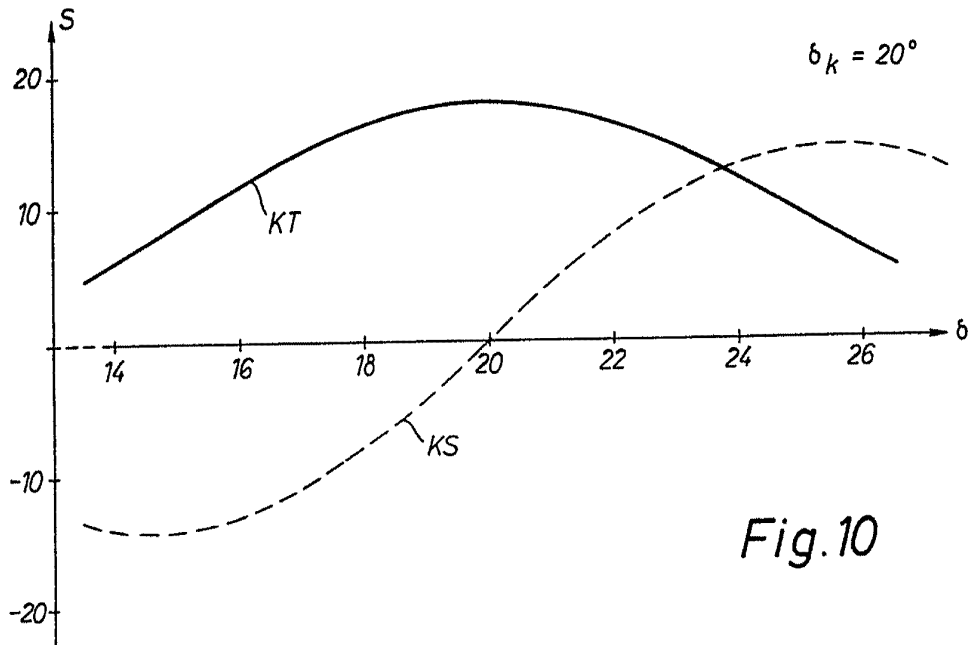
INVENTOR

PROSECUTOR GENERAL

[Handwritten signature]



414854



M. G. SANTAMARÍA
VICSECRETARIO GENERAL

8/8

27



414854

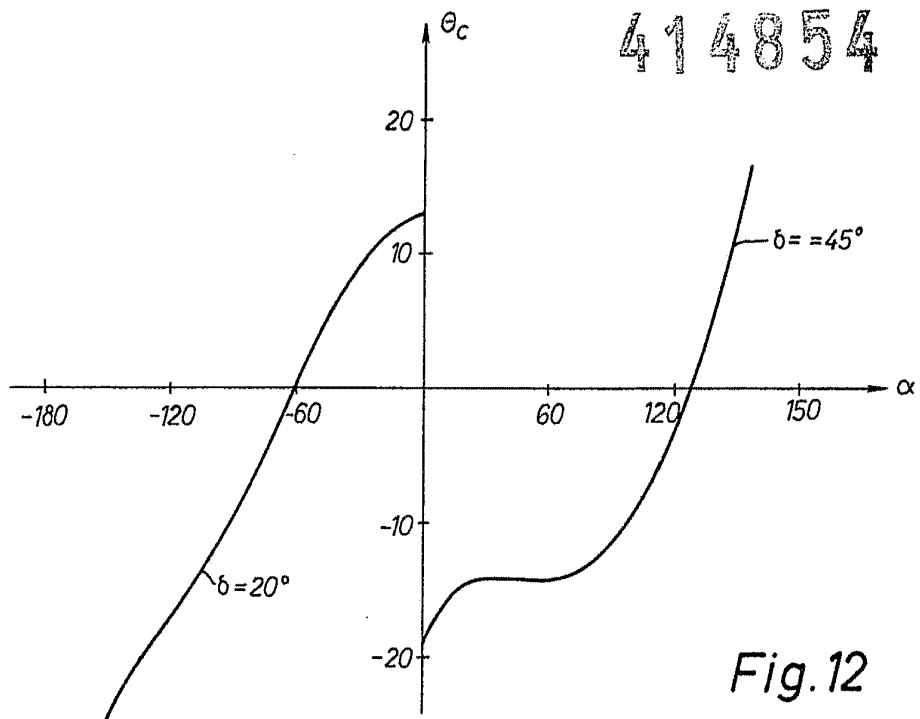


Fig.12

17 MAY 1970

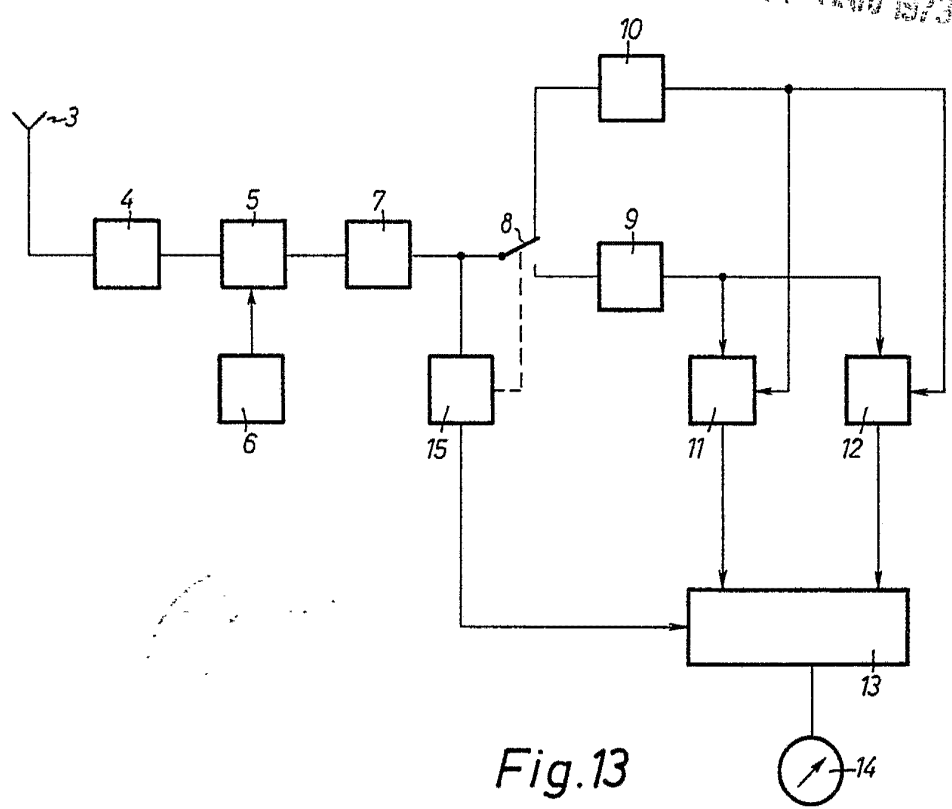


Fig.13

M. G. SANTAMARIA
VICE-SECRETARIO GENERAL