

416187

K. Kohler 5.

22 JUN 1918



F.C. 24-6-75

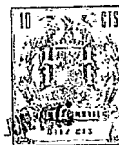
Int. Cl. G 01 S

MEMORIA DESCRIPTIVA PARA SOLICITAR PATENTE DE INVENCION EN  
ESPAÑA POR: "UN SISTEMA PARA MEDIR LA ELEVACION DE UN AVION  
DURANTE EL ATERRIZAJE", A NOMBRE DE STANDARD ELECTRICA, S.  
A., CON DOMICILIO EN MADRID, CALLE DE RAMIREZ DE PRADO Nº 5.

-----  
El presente invento se refiere a un sistema para medir la elevación que utiliza la estación de tierra y parte de la estación de abordaje, concretamente, el equipo para medir la amplitud y fase de cada impulso r.f. que se recibe. El presente invento tiene por objeto conseguir, a partir de los valores medidos de los diagramas virtuales, la medida de la elevación tan exactamente como sea posible, aún para ángulos muy pequeños.

Se conocen un gran número de sistemas para medir la elevación que funciona por el método de diferencia de fase. Estos sistemas utilizan, generalmente, 2 ó 3 radiadores. No son muy exactos y son sensibles a las interferencias debidas a la propagación por vías múltiples. Por lo tanto, no son apropia-

**POOR  
QUALITY**



2.

dos para aterrizajes según las categorías II y III de las normas ICAO.

El objeto de este invento se describe en la reivindicación 1. Una primera configuración utiliza un diagrama que  
5 tiene la misma intensidad de campo para todas las elevaciones. Una segunda configuración utiliza un diagrama de un lóbulo ligeramente elevado.

El sistema permite una medida de la elevación libre de error, aún en condiciones de terreno muy difíciles en  
10 la vecindad de la pista y en condiciones extremadamente pobres de la visibilidad, además de la selección de dos diagramas diferentes dependiendo de la exactitud y elevación deseadas.

A modo de ejemplo, describiremos el invento con más detalle, haciendo referencia a los dibujos que se acompañan,  
15 en los cuales:

- la Fig. 1 muestra un primer diagrama de grupo real de una antena lineal con 20 radiadores, o el diagrama virtual correspondiente que se utiliza, por ejemplo, para medir elevaciones mayores de 20°;
- 20 - la Fig. 2 muestra un segundo diagrama de grupo real de un conjunto lineal de antenas con 20 radiadores, o el correspondiente diagrama virtual que se utiliza por ejemplo, para medir elevaciones iguales o menores de 60°;
- la Fig. 3 es el diagrama bloque de un receptor de abordó.

25 Como se ha indicado anteriormente, la elevación se mide por diferencia de fase (interferómetro de fase. Si se utilizan dos radiadores colocados uno encima del otro, la iluminación de tierra provoca grandes errores de medida. Para evitar estos errores, se utilizan dos grupos semejantes de radiadores, en  
30 lugar de las dos antenas individuales. Cada grupo de radiadores



produce un diagrama altamente direccional, que lo denominaremos diagrama de grupo. Uno de estos dos diagramas de grupo semejantes, que es particularmente apropiado para la medida de elevaciones por encima de  $20^\circ$ , se muestra en la línea de puntos de la Fig. 1, y se designa por A. Con la ayuda de un conjunto lineal que consiste de 20 radiadores espaciados  $d = \lambda / 2$ , y si los radiadores individuales se alimentan con amplitud y fase apropiadas, se obtiene un diagrama de grupo según la curva B de la Fig. 1, que se acerca mucho al diagrama ideal A. A partir de los diagramas de grupo de dos de tales conjuntos lineales, podría determinarse la elevación midiendo su diferencia de fase en la estación de abordó.

El invento utiliza grupos de radiadores cuyos radiadores radian sucesivamente, más bien que simultáneamente. De todos modos, en la estación de abordó se determina los valores que aparecerían si los radiadores radiaran simultáneamente.

La estación de tierra (no mostrada) está situada al final o cerca de la pista. Incluye, un conjunto lineal de antenas con 40 radiadores iguales alineados en paralelos unos a otros. La separación entre radiadores, dibujados como dipolos, es igual a media longitud de onda  $\lambda$ . Los radiadores se conectan sucesivamente a un transmisor y emiten impulsos que contienen una oscilación r.f., cuya amplitud y fase son las mismas para todos los radiadores. Antes de cada ciclo de radiación se radia un primer tren de impulsos por el primer radiador.

En el receptor, se procesan los impulsos a la cadencia en que se conectan los radiadores de la antena. Cuando aparece el tren de impulsos, queda determinado que el impulso que sigue después es el del primer radiador, de esta manera se obtiene una asignación sin ambigüedad de los impulsos recibidos.

4037

4.



Si se elige el impulso recibido desde el primer radiador como impulso de referencia, pueden medirse las fases de los impulsos recibidos desde todos los radiadores, con relación a la fase del impulso de referencia, con la ayuda de un medidor situado en el receptor. De la misma manera, puede medirse la amplitud de los impulsos recibidos con relación a la amplitud del impulso de referencia. Para más fácil explicación supondremos que no existen interferencias, lo cual no es cierto en la realidad. Entonces, todas las amplitudes tienen el mismo valor que la del primer impulso, que la supondremos, para este ejemplo, de valor 1.

Ya que cada impulso puede ser asignado, sin ambigüedad, a un radiador, en el receptor se obtiene, para cada impulso, un par de números que consisten en la magnitud (amplitud) y fase. Cada par de número representan un número complejo  $Z$  ó vector. Ya que el impulso que llega desde el primer radiador es el impulso de referencia, el par de número asociados tiene siempre la fase 0 para todas las posiciones del receptor. Las fases de los pares de números para los impulsos desde los otros radiadores dependen de la posición del receptor.

Los pares de números así obtenidos se almacenan en un almacenaje de la estación de tierra.

A partir de los vectores deducidos de los 40 radiadores, se forman dos grupos en el receptor; por ejemplo, los vectores de los radiadores del 1 al 20 forman un grupo, y los de los radiadores del 21 al 40 el otro. Sin embargo, los grupos puede también solaparse. Los vectores de cada grupo se cambian en magnitud y fase, y se forma la suma de los vectores cambiados para cada grupo. El cambio de los vectores en magnitud y fase se efectúa del mismo modo a como se deberían alimentar los



radiadores para obtener el diagrama B de la Fig. 1. El valor absoluto de la suma es igual a la intensidad de campo que un receptor determinada en un diagrama de grupo como el que se muestra en la Fig. 1, a condición de que el receptor esté localizado a la misma elevación. La fase del vector suma es igual también a la fase de la intensidad de campo que un receptor determinaría en un diagrama de grupo como el mostrado en la Fig. 1. De este modo, en la estación de abordó, se determinan la magnitud y fase de la misma intensidad de campo como si estuviera presente un diagrama de grupo. Si se determinara un vector suma S para cada elevación  $\emptyset$ , por suma de los vectores, los valores absolutos de los vectores suma para todos los ángulos, denominados nuevamente  $\emptyset$ , formarían una curva que se denominaría diagrama virtual. El termino "virtual" quiere expresar que este diagrama no está realmente presente en el espacio. Sin embargo es idéntico al diagrama de grupo real mostrado en la curva B de la Fig. 1.

En ambos grupos, los valores absolutos de los vectores suma son iguales para la misma elevación. Sin embargo, los vectores de suma de ambos grupos tienen fases distintas. Esta diferencia de fase es la medida de la elevación. Puede calcularse a partir de la siguiente ecuación.

$$P_F - P_0 = 2\pi \cdot 20 \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \sin \emptyset \quad (1)$$

donde  $P_0$  es la fase de la suma de los vectores de los impulsos derivados de los radiadores 1 a 20 (grupo O), y  $P_F$  es la fase de la suma de los vectores de los impulsos derivados de los radiadores 21 a 40 (grupo F). Ya que los centros de radiación de los grupos O y F están separados  $20 d = 10 \lambda$ , la diferencia de fase es ambigua; esto significa que, por ejemplo, un valor determinado de  $P_F - P_0 = 30^\circ$  puede, en realidad, ser también



$30^\circ + 360^\circ$  ó  $30^\circ + 720^\circ$ , etc.

Para hacer que la diferencia de fase pierda su ambigüedad, se determinan dos valores auxiliares. Para determinar el primero de ellos, se forma un tercer grupo G a partir de los 5 vectores de los impulsos recibidos desde los radiadores 2 a 21. Se forma el vector suma de los veinte radiadores, cambiado apropiadamente según la misma ley anterior, y se determina su fase  $P_G$ . La distancia entre el centro de radiación del grupo G y el grupo 0 es  $d = \lambda / 2$ .

10 El primer valor auxiliar se deduce de la ecuación

$$P_G - P_0 = 2\pi \cdot \frac{d}{\lambda} \sin \phi \quad (2)$$

Esta ecuación está determinada, porque  $P_G - P_0$  está, en el margen total de elevación ( $\phi$  entre 0 y  $90^\circ$ ), entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$ . Si la diferencia de fase es negativa, se corrige el valor 15 añadiendo  $360^\circ$ .

Para determinar el segundo valor auxiliar, se forma otro grupo Z a partir de los vectores de los impulsos recibidos desde los radiadores 5 al 24. Nuevamente se forma la suma de estos veinte vectores, se cambia según la misma ley anterior 20 y se determina la fase  $P_Z$ . La distancia entre el centro de radiación del grupo Z y el del grupo 0 es  $4d = 2\lambda$ . El segundo valor auxiliar se determina por:

$$P_Z - P_0 = 2\pi \cdot 4 \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \sin \phi \quad (3)$$

El valor determinado por la ecuación (1) es, por 25 el factor 20, más exacto que el determinado por la ecuación (2). Este factor 20 es demasiado grande para resolver la ambigüedad de la medida de fase  $P_F - P_0$  en un solo paso, dado que los valores determinados con las ecuaciones (1) y (2) pueden ser falseados debido a la propagación por caminos múltiples. Por esto se hace 30 el segundo valor auxiliar.



Existen las siguientes relaciones entre las diferencias de fase determinadas con la ayuda de las ecuaciones (1) a (3)

$$P_Z - P_0 = 4 (P_G - P_0) \quad (4)$$

$$P_F - P_0 = 5 (P_Z - P_0) \quad (5)$$

Estas dos ecuaciones se utilizan para determinar el valor de la elevación exactamente y sin ambigüedad.

Después de haber sustituido los valores de diferencias de fase  $P_G - P_0$  y  $P_Z - P_0$  calculados a partir de los vectores medidos, en la ecuación (4), se aumenta el valor de  $P_Z - P_0$  en  $360^\circ$  tantas veces como sean necesarias para que la ecuación se satisfaga de la mejor manera posible. El valor de  $P_Z - P_0$  obtenido de este modo, y el de  $P_F - P_0$  calculado de los vectores medidos, se sustituyen en la ecuación (5). El valor  $P_F - P_0$  se incrementa en  $360^\circ$  tantas veces como sean necesarias hasta que la ecuación se satisfaga de la mejor manera posible. Con el valor de  $P_F - P_0$  obtenido de este modo, se calcula la elevación  $\emptyset$ , con la ayuda de la ecuación (1).

Seguidamente describiremos el diagrama bloque del receptor de la Fig. 3. Los impulsos r.f. se reciben a través de una antena 3, desde donde se aplican, a través de una pre-etapa sintonizable 4, al mezclador 5, a cuya otra entrada se aplica una oscilación r.f. desde un oscilador 6. La salida del mezclador 5 se conecta a una primera unidad i.f. 7. A esta etapa le sigue un conmutador 8 que, en la posición mostrada, conecta la primera unidad i.f. 7, a un oscilador 10. Si el conmutador 8 está en la otra posición, la primera unidad i.f., está conectada a una segunda unidad i.f. 9, a cuya salida se conectan un medidor de amplitud 11 y otro de fase 12. La salida del oscilador 10 se conecta a las entradas segundas del medidor

8. 22 JUN 1978

de amplitud 11 y del medidor de fase 12. Las salidas de los medidores 11 y 12 se conectan a un computador 13, cuya salida se conecta a un indicador de elevación 14. Conectado también a la salida de la primera unidad i.f. 7 se encuentra un dispositivo para detectar el tren de impulsos, a fin de actuar el conmutador 8, y para controlar el computador 13. Cuando el dispositivo 15 detecta el tren de impulsos, envía una señal al computador 13 y sitúa el conmutador en la posición mostrada, de tal modo que el impulso siguiente desde el primer radiador se aplica al oscilador de elevada exactitud 10 a fin de sincronizarle en amplitud y fase.

Después del primer impulso, el conmutador cambia a la posición no mostrada, de tal modo que los siguientes impulsos se aplican, a través de la segunda unidad i.f. 9, a los medidores 11 y 12. La amplitud y fase de la señal de salida del oscilador 10 son las cantidades medidas del primer impulso, y sirven como valores de referencia para la medida de las fases y amplitudes de los impulsos del segundo al enésimo radiador. Ya son conocidos los medidores de amplitud y fase, por lo que no seran objeto de una explicación detallada.

Los valores de fase  $\theta_{\nu}$  y amplitud  $A_{\nu}$  ( $\nu = 1 \dots n$ ) se almacenan en el almacenaje del computador, o en un almacenaje separado, en la asignación de almacenaje  $\mathcal{U}$ .

La lectura se controla por un contador (no mostrado) que avanza a la misma cadencia que la conexión de los radiadores del conjunto lineal y, cuando aparece el tren de impulsos, se repone a su posición inicial.

Los valores de amplitud  $A_{\nu}$  y fase  $\theta_{\nu}$  determinan los vectores  $Z_{\nu}$  según la ecuación:

$$Z_{\nu} = A_{\nu} \cdot \exp(i \theta_{\nu}) \quad (6)$$



donde  $i^2 = -1$ . Los vectores se almacenan en una memoria intermedia de almacenaje. Los vectores se cambian en grupos y se suman en vectores suma según las ecuaciones siguientes:

$$V_0 = \sum_{v=1}^{10} \frac{1}{2v-1} \left( Z_{10+v} \exp(-i\alpha_v) + Z_{11-v} \exp(i\alpha_v) \right) = A_0 \exp(iP_0)$$

$$V_G = \sum_{v=1}^{10} \frac{1}{2v-1} \left( Z_{11+v} \exp(-i\alpha_v) + Z_{12-v} \exp(i\alpha_v) \right) = A_G \exp(iP_G)$$

$$V_Z = \sum_{v=1}^{10} \frac{1}{2v-1} \left( Z_{14+v} \exp(-i\alpha_v) + Z_{15-v} \exp(i\alpha_v) \right) = A_Z \exp(iP_Z)$$

$$V_F = \sum_{v=1}^{10} \frac{1}{2v-1} \left( Z_{30+v} \exp(-i\alpha_v) + Z_{31-v} \exp(i\alpha_v) \right) = A_F \exp(iP_F),$$

donde A es la amplitud y P la fase del vector suma respectivo V.

Para valores pares de  $\sqrt{\alpha} \sqrt{v} = 135^\circ$  y para valores impares de  $\sqrt{\alpha} \sqrt{v} = 45^\circ$ .

A partir de las fases de grupo  $P_0$ ,  $P_G$ ,  $P_Z$  y  $P_F$ , las diferencias de fase se determinan ahora con la ayuda de las ecuaciones (4) y (5), como se ha descrito, y la elevación  $\emptyset$  se calcula según la ecuación (1).

Los valores absolutos de todos los vectores suma son iguales, esto es

$$S = |V_0| = |V_G| = |V_Z| = |V_F|$$

Si se representan los valores absolutos para todas las posiciones del receptor, se obtiene el diagrama virtual B de la Fig. 1. Esta curva se aproxima mucho a la curva ideal A. En el margen entre  $0 = -8^\circ$  y  $\emptyset = -60^\circ$ , se elimina casi completamente las influencias de tierra mediante la buena aproximación a  $S=0$ . Un exacto cómputo de errores demuestra que el error de medida causado por tierra es menor que  $\pm 0,1^\circ$  para  $2,5^\circ < \emptyset < 60^\circ$  para cualquier altura del conjunto de antenas por encima de



tierra. Se supone que la tierra es un plano horizontal y homogéneo, con  $\epsilon\sqrt{\quad} = 15$ . Se supone la polarización vertical.

Si se desea tener igual o más elevada exactitud en el margen por debajo de  $2,5^\circ$ , se utiliza un diagrama como el mostrado en la Fig. 2. Se trata de un diagrama de un lóbulo  
 5 cuya dirección de máxima radiación forma un ángulo de  $6^\circ$  con la línea horizontal. Este diagrama se obtendría como diagrama de grupo si, de los 40 radiadores de la estación de tierra, 20 de ellos situados uno al lado de otro, radiaran simultáneamente  
 10 el primero alimentado con una fase  $\alpha = -19^\circ$ , y los siguientes radiadores con un múltiplo de  $\alpha$  ( $2\alpha, 3\alpha \dots 20\alpha$ ), que corresponden a sus números ordinales (dentro del grupo) y con amplitudes apropiadas.

Ya que los radiadores de tierra no radian simultáneamente, no está presente el diagrama de grupo, y la intensidad de campo del diagrama de grupo que corresponde a la situación del avión, se simula nuevamente en el receptor.

El cálculo es similar al que se ha descrito anteriormente para la determinación de la elevación. Primeramente  
 20 se determinan los siguientes vectores suma:

$$V_0 = \sum_{v=1}^{20} \left( 1 - 0.5 \cos\left(v - \frac{1}{2}\right) \frac{4\pi}{n} \right) Z_v \exp(i v \alpha) = A_0' \exp(i P_0')$$

$$V_G = \sum_{v=1}^{20} \left( 1 - 0.5 \cos\left(v - \frac{1}{2}\right) \frac{4\pi}{n} \right) Z_{v+1} \exp(i v \alpha) = A_G' \exp(i P_G')$$

25

(8)

$$V_Z = \sum_{v=1}^{20} \left( 1 - 0.5 \cos\left(v - \frac{1}{2}\right) \frac{4\pi}{n} \right) Z_{v+4} \exp(i v \alpha) = A_Z' \exp(i P_Z')$$

$$V_F = \sum_{v=1}^{20} \left( 1 - 0.5 \cos\left(v - \frac{1}{2}\right) \frac{4\pi}{n} \right) Z_{v+20} \exp(i v \alpha) = A_F' \exp(i P_F')$$

30

Los valores absolutos  $A_0'$ ,  $A_G'$ ,  $A_Z'$ , y  $A_F'$  de los



vectores suma son iguales y calculados para todas las posiciones del receptor, forman el diagrama virtual de la Fig. 2.

Se determina nuevamente la elevación a partir de las fases  $P'_O$ ,  $P'_G$ ,  $P'_Z$  y  $P'_F$ , como se ha descrito anteriormente, con la ayuda de las ecuaciones (4), (5) y (1).

Para alturas de la antenalineal, por encima de tierra, entre  $\lambda$  y  $20 \lambda$  y para elevaciones desde  $1,6^\circ$ , este método tiene un error sistemático de  $\pm 0,05^\circ$ .

El receptor de abordo esta diseñado para conmutar, ventajosamente, desde un modo de operación a otro a  $6^\circ$  de elevación, o viceversa.

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

La presente descripción corresponde a una solicitud de patente formulada en Alemania, el día 22 de Junio de 1972, señalada con el N° P 22 30 630.5 y se acoge, por 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 veinté años, son los siguientes:

- 1.- Un sistema para medir la elevación por el método de diferencia de fase, caracterizado porque, en la estación de tierra, n radiadores iguales e igualmente espaciados de un conjunto de antena lineal, radian sucesiva y cíclicamente impulsos de una oscilación de r.f. con igual magnitud y fase. Antes de cada ciclo de radiación se radia un tren de impulsos. En la estación de abordo, se mide la amplitud y fase de la oscilación de r.f. de cada impulso en relación a uno de los impulsos. Se





forman al menos dos grupos a partir de los impulsos recibidos desde  $m$  ( $m < n$ ) radiadores sucesivos cada uno. En cada grupo, se cambian la amplitud y fase de cada impulso. Se forma el vector suma de los impulsos cambiados, y se determina a partir de la diferencia de fase de los dos vectores suma.

2.- Un sistema, según el punto 1, caracterizado porque los valores medidos de los impulsos se cambian de tal modo que el valor absoluto del vector suma sea igual a la intensidad de campo que tendría lugar en la posición del receptor si estuviera presente un diagrama de grupo cuya intensidad de campo fuera aproximadamente igual para todos los ángulos de elevación.

3.- Un sistema, según el punto 1, caracterizado porque los valores medidos de los impulsos se cambian, de tal manera que el valor absoluto del vector suma sea igual a la intensidad de campo que ocurriría en el lugar del receptor, si estuviera presente un diagrama de grupo con un lóbulo principal levantado.

4.- Un sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se forman cuatro grupos de impulsos. Dos de los grupos se utilizan para la medida de la, todavía, ambigua diferencia de fase cuyos centros de radiación están más alejados. Para obtener una información sin ambigüedad, se utilizan las diferencias de fase entre el primero y otros dos grupos cuyos centros de radiación están cerca del centro de radiación del primer grupo.

5.- Un sistema para medir la elevación de un avión durante el aterrizaje.

Tal y como se ha descrito en la memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan, y a los fines



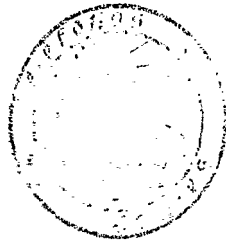


especificados.

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

Madrid,

22 JUN. 1973



*M. G. Santamaria*

M. G. SANTAMARIA  
VICESEÑOR GENERAL

*(Handwritten mark)*



STANDARD ELECTRICA, S.A.

1416187

1416187

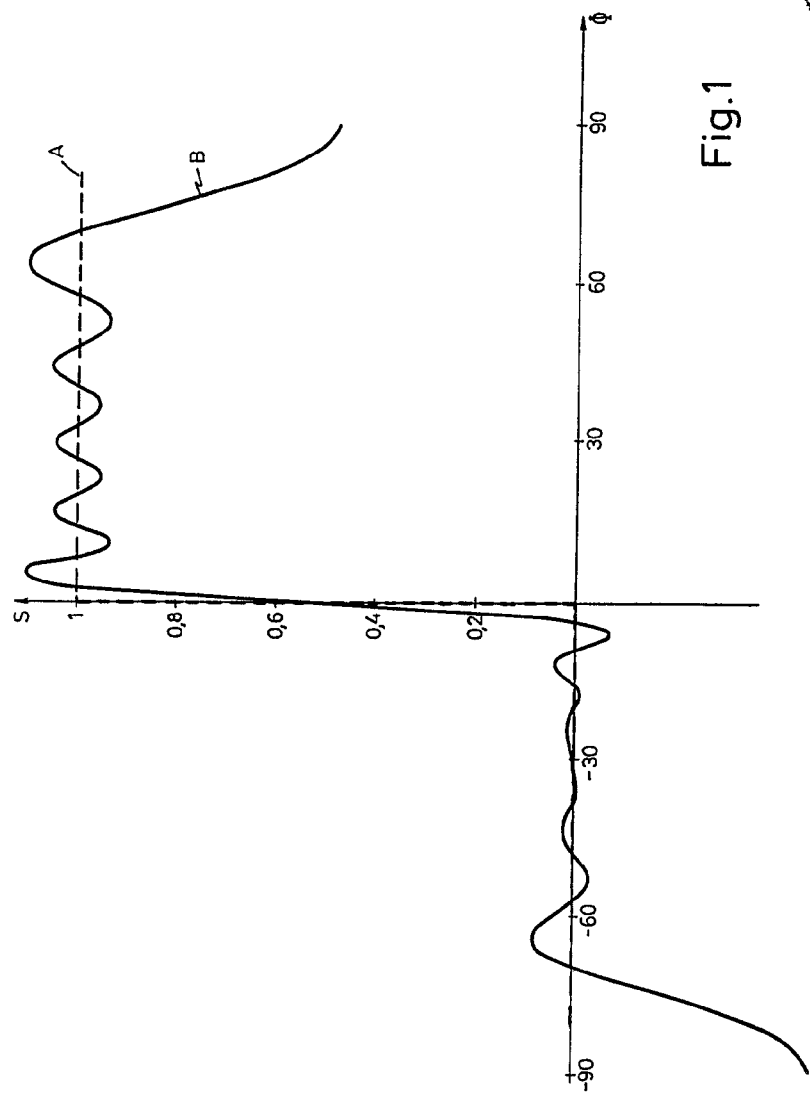
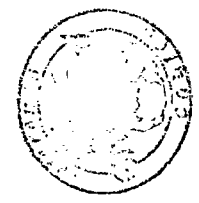
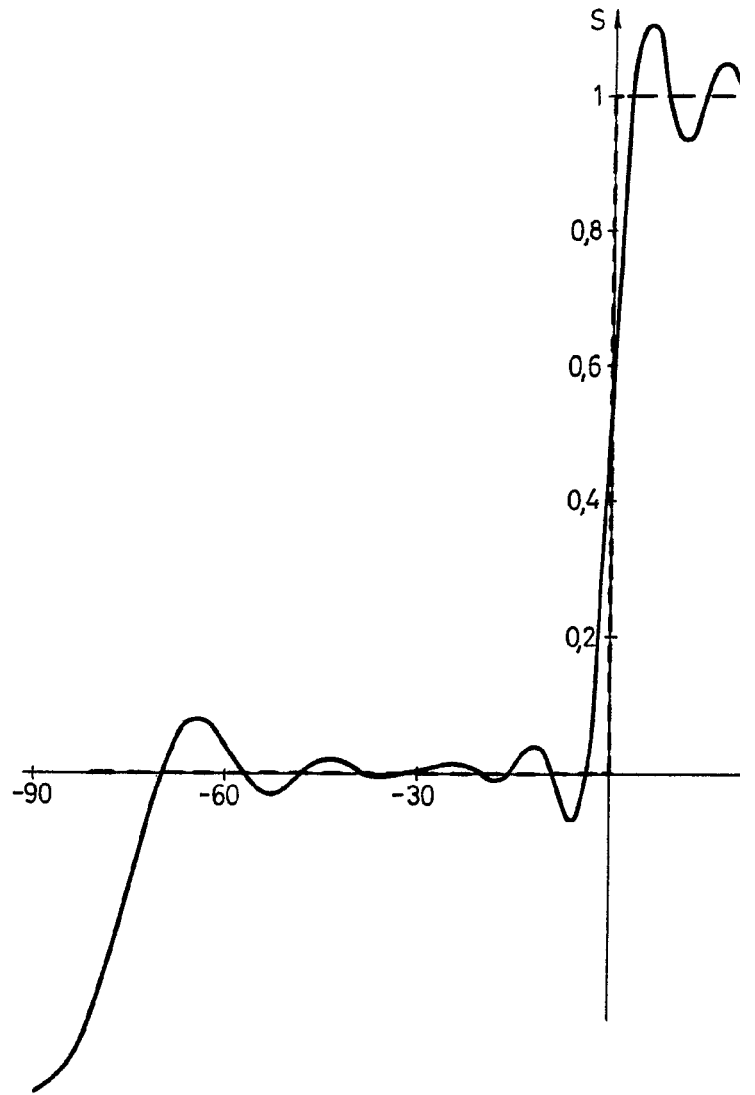


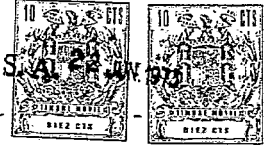
Fig.1 22 JUN. 1973



*M. G. Santamaria*  
VICE-SECRETARIO GENERAL

4:0187





1416187

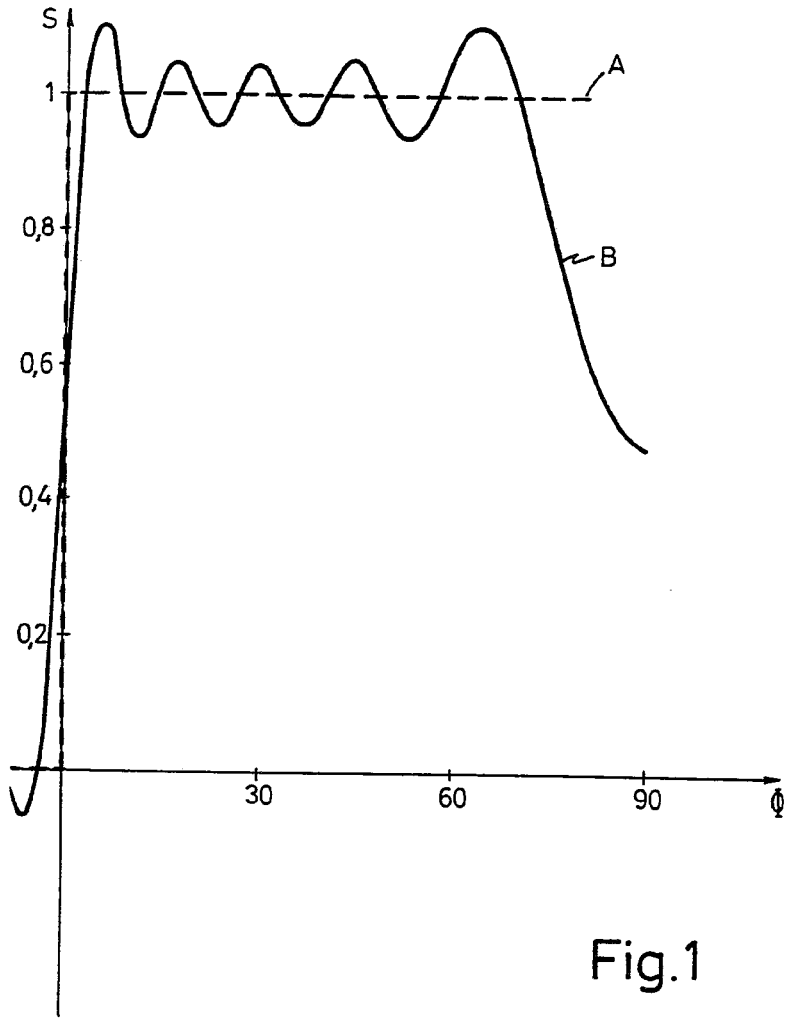
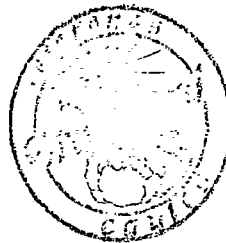


Fig.1

22 JUN. 1973



*M. G. Santamaria*  
M. G. SANTAMARIA  
VICE-SECRETARIO GENERAL

2/2

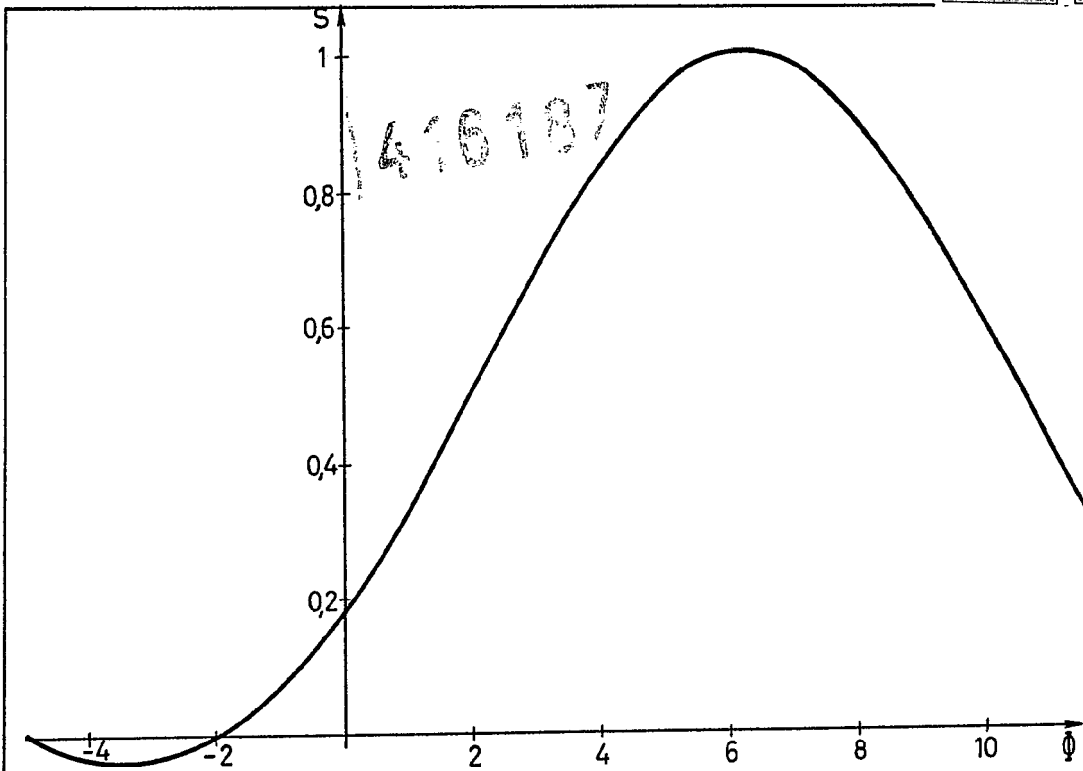
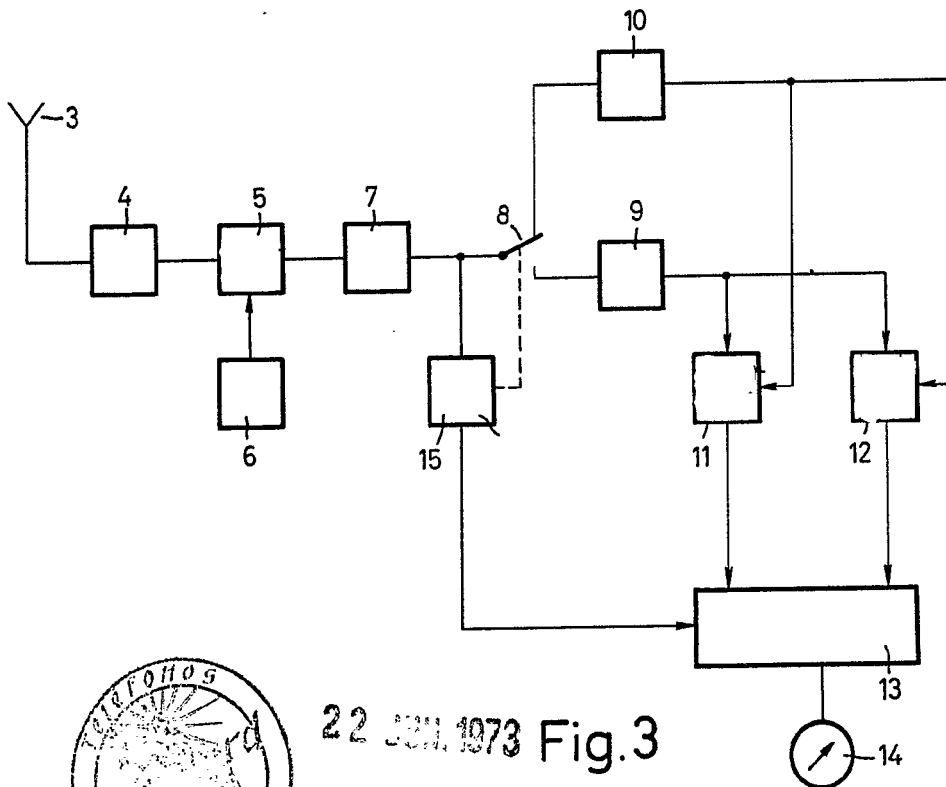


Fig.2



22 JUN 1973 Fig.3



*M. G. Santaluzia*  
M. G. SANTALUZIA  
VICESECRETARIO GENERAL