



308119

PATENTE DE INVENCION

que por 20 años, para España y sus Posesiones, se solicita a favor de AKTIEBOLAGET BOFORS, de nacionalidad sueca, domiciliada en Bofors (Suecia), por : "UN SISTEMA DE DIRECCION DE TIRO". - - - - -

Memoria descriptiva

La presente invención se refiere a un sistema de dirección de tiro del tipo que comprende un alza para determinar las coordenadas de un blanco en un sistema de coordenadas polares y los componentes de la velocidad del blanco en la dirección de las coordenadas del sistema de coordenadas, y que
5 comprende también un computador eléctrico de dirección de tiro al cual dichos datos del blanco, determinados por el alza, son suministrados, y previsto para calcular sobre la base de dichos datos el punto de mira hacia el cual un arma tiene que ser dirigida para disparar contra el blanco. La invención concierne
10

308119



15 en primer lugar a un sistema de dirección de tiro de este tipo para combatir blancos aéreos y en el cual, por consiguiente, el alza determina el ángulo azimutal, el ángulo de elevación y el alcance inclinado del blanco, así como las leyes de cambio del ángulo de elevación, el azimut y respectivamente la distancia radial del blanco. Sin embargo, la invención es también aplicable a los sistemas de dirección de tiro para blancos de superficie, como por ejemplo barcos, en los cuales, por consiguiente, el alza determina sólo el ángulo azimutal y el alcance del blanco, juntamente con las leyes de cambio del ángulo azimutal y de la distancia radial del blanco.

25 En los sistemas de dirección de tiro modernos del tipo mencionado anteriormente, el alza está constituida normalmente por una estación de radar de dirección de tiro. Las señales que representan los datos del blanco determinados por la estación de radar, y que son producidas por la estación de radar misma y transmitidas al computador de dirección de tiro, comprenderán entonces algunas perturbaciones. Este es particularmente el caso de las señales que representan las leyes de cambio de las coordenadas angulares del blanco. Estas perturbaciones tienen varios orígenes, siendo debidas las más grandes al hecho de que es imposible mantener dirigida hacia el blanco la antena del radar sin error alguno. En los sistemas de dirección de tiro, cuando menos en los destinados a blancos aéreos, la estación de radar está provista normalmente de un equipo para seguir automáticamente el blanco, realizando la colocación de la antena en azimut y elevación así como la regulación de la unidad medidora de alcance de la estación de radar unos servomotores que son mandados por señales de error originadas en la estación de radar y que representan las desviaciones entre el ángulo azi-

308119



mutal y el ángulo de elevación de la antena y respectivamente
el verdadero ángulo azimutal y el verdadero ángulo de eleva-
ción del blanco y la diferencia entre el alcance inclinado re-
45 gulado en la estación de radar y el verdadero alcance inclina-
do del blanco. Generalmente, las señales de error que represen-
tan las desviaciones en azimut y respectivamente elevación son
obtenidas mediante algún tipo de conmutación de lóbulo, es de-
cir mediante la comparación de las amplitudes de ecos de radar
recibidos en distintas direcciones. Sin embargo, como el blanco
50 no es un punto, sino que tiene cierta dimensión tanto en eleva-
ción como en azimut, las señales de error que el servomecanismo
de puntería en dirección y el servomecanismo elevador de la an-
tena de radar serán afectadas por un error variable arbitraria-
mente transmitido al mecanismo de puntería en dirección y de
55 elevación de la antena de radar, y que por tanto aparecerá en
forma de perturbaciones de las señales originadas proporciona-
les a las leyes de cambio del ángulo azimutal y del ángulo de
elevación del blanco, señales que se obtienen por medición de
la velocidad de puntería en dirección y de la velocidad de ele-
60 vación, respectivamente, de la antena; una perturbación similar
es causada por el inevitable "desvanecimiento", es decir varia-
ción de amplitud, de los impulsos de eco de radar recibidos del
blanco. El equipo de conmutación de lóbulo interpreta estas va-
riaciones de amplitud a modo de desviaciones en azimut y respec-
65 tivamente elevación entre la dirección de la antena y la verda-
dera dirección del blanco. Perturbaciones adicionales pueden
ser causadas por imperfecciones mecánicas de los sistemas de
puntería en dirección y de elevación de la antena, como por
ejemplo un movimiento desigual, un juego u otras imperfecciones.
70 Por estas razones, es necesario filtrar cuando menos aquellas

308119



señales originadas en la estación de radar que son proporcionales a las velocidades angulares del blanco antes de que dichas señales sean usadas en el computador de dirección de tiro para el cálculo del punto de mira.

75 En los computadores de dirección de tiro corrientes del tipo hasta aquí usado, las coordenadas de posición y las velocidades de coordenadas del blanco, que son determinadas por la estación de radar en un sistema de coordenadas polares, son convertidas en las correspondientes coordenadas y velocidades de coordenadas en un sistema de coordenadas cartesianas, después de lo cual todas las operaciones aritméticas para el cálculo del punto de mira son hechas en este sistema cartesiano de coordenadas, convirtiéndose luego en coordenadas polares las coordenadas cartesianas del punto de mira calculado, es decir en el ángulo azimutal y en el ángulo de elevación para apuntar el arma hacia el punto de mira. En un tal sistema de dirección de tiro, la filtración de señales necesaria no implica ningún gran problema, ya que puede realizarse con aquellas señales que representan las velocidades de coordenadas del blanco en el sistema cartesiano de coordenadas y que estas velocidades de coordenadas son constantes siempre que el blanco se mueva en línea recta y a una velocidad constante, lo que se da corrientemente por descontado.

95 Si, por el contrario, el computador de dirección de tiro está previsto de modo que el cálculo del punto de mira es realizado completa o prevalentemente en el sistema de coordenadas polares, ventajoso en sí mismo ya que permite una considerable reducción del número de componentes requerido en el computador de dirección de tiro, la filtración de las señales de la estación de radar que representan los componentes de velocidad del

100

308119

14



blanco resultará, sin embargo, un problema considerablemente más difícil. En tal caso, evidentemente, la filtración tiene que realizarse directamente en las señales originadas en la estación de radar, que son proporcionales a las velocidades de coordenadas del blanco en el sistema de coordenadas polares, es decir a la velocidad azimutal, a cualquier velocidad de elevación y a la velocidad radial del blanco. Generalmente, sin embargo, es entonces suficiente filtrar solamente las señales que son proporcionales a las velocidades angulares del blanco, ya que la señal proporcional a la velocidad radial del blanco comprende generalmente una menor cantidad de perturbaciones y que la necesidad de precisión de esta señal es menor. Sin embargo, en algunos casos pudiera ser necesario o deseable filtrar también esta última señal. Naturalmente, las velocidades de coordenadas del blanco en el sistema de coordenadas polares no son constantes aun en la hipótesis de que el blanco se mueva en línea recta y a una velocidad constante, sino que mostrarán variaciones muy grandes y rápidas que crean exigencias de una mayor exactitud en la filtración. Sin embargo, la filtración crea una considerable demora de las señales filtradas, demora que no puede ser tolerada porque, debido a las rápidas y grandes variaciones de las señales, toda demora de las señales se traducirá en errores de retardo.

Por consiguiente, el objeto de la presente invención es el de crear un sistema de dirección de tiro del tipo mencionado anteriormente en el cual cuando menos las señales originadas por el alza, que son proporcionales a las velocidades angulares del blanco en el sistema de coordenadas polares, son filtradas directamente antes de su introducción en el computador de dirección de tiro de modo tal que se obtiene una filtración completa-



308119

mente satisfactoria sin la aplicación a las señales de ninguna demora apreciable, y por tanto sin la creación de errores de retardo. El sistema de dirección de tiro según la invención está caracterizado por comprender, por cada velocidad angular del blanco, determinada por el alza en cualquiera de las direcciones de coordenadas angulares del sistema de coordenadas polares, un dispositivo eléctrico de filtración a través del cual la señal eléctrica originada por el alza, y que es proporcional a dicha velocidad angular del blanco, es suministrada al computador de dirección de tiro, y medios de computación para computar la aceleración angular del blanco en la correspondiente dirección coordenada angular en la hipótesis de que el blanco se mueva en línea recta. Por consiguiente, un sistema de dirección de tiro para blancos aéreos comprende un tal dispositivo filtrante para la velocidad azimutal así como para la velocidad de elevación del blanco, mientras que un sistema de dirección de tiro para blancos de superficie comprenderá un tal dispositivo filtrante solamente para la velocidad azimutal del blanco. Cada dispositivo filtrante comprende medios amplificadores con reacción por capacidad, a cuya entrada son suministrados por una parte una señal derivada del medio computador proporcional a la aceleración angular computada del blanco y, por otra parte, a través de un circuito integrador, una señal que constituye la diferencia entre la señal proporcional a la velocidad angular del blanco suministrado por el alza y la señal de salida del medio amplificador. Dicha señal de salida del medio amplificador es también la señal de salida del dispositivo filtrante y está conectada al computador de dirección de tiro.

Cuando se requiera, el sistema según la invención puede comprender también un dispositivo filtrante del tipo indicado

309119



para la señal originada por el alza, que es proporcional a la
velocidad radial del blanco. En este caso, los medios de compu-
tación están previstos para calcular también la aceleración ra-
dial del blanco y producir una señal proporcional a dicha canti-
dad, estando conectada dicha señal al dispositivo de filtro aso-
ciado de la manera indicada anteriormente.

A continuación, se describirá ulteriormente la invención
con referencia al adjunto dibujo, en el cual la Fig. 1 muestra
esquemáticamente un sistema de dirección de tiro para blancos
aéreos según la invención que comprende dispositivos filtrantes
para las señales originadas por el alza, que son proporcionales
a la velocidad azimutal y a la velocidad de elevación del blan-
co, la Fig. 2 es un diagrama de circuito de un dispositivo fil-
frante según la invención, la Fig. 3 es un diagrama de circuito
de un dispositivo filtrante según la invención particularmente
ventajoso y la Fig. 4 muestra esquemáticamente un tipo práctico
del medio computador de aceleración del sistema de dirección de
tiro representado en la Fig. 1.

El sistema de dirección de tiro representado en la Fig. 1
comprende una estación de radar ER de dirección de tiro para
determinar el ángulo azimutal sv_1 , el ángulo de elevación hv_1
y el alcance inclinado Al_1 de un blanco M, y un arma V para dis-
pararle al blanco. La antena 1 del radar ER de dirección de ti-
ro está conectada de manera clásica a un equipo 2 transmisor y
receptor de señales de radar. La antena 1 es dirigida en direc-
ción por un dispositivo servomotor RS y elevada por un corres-
pondiente dispositivo servomotor RH. El equipo 2 transmisor y
receptor comprende, de manera clásica, una unidad de medición
de alcance para determinar el alcance inclinado Al_1 del blanco
M. La unidad de medición del blanco puede ser accionada por un

300119



dispositivo servomotor RA. Se supone que el radar de dirección de tiro esté previsto para la busca automática del blanco M, por cuanto su equipo transmisor y receptor 2 comprende medios para producir una primera señal de error ϵ_s , que representa
195 la desviación en ángulo azimutal entre la dirección de la antena 1 y la verdadera dirección del blanco, una segunda señal de error ϵ_h , que representa la desviación en elevación entre la dirección de la antena 1 y la verdadera dirección del blanco M, y una tercera señal de error ϵ_a , que representa la diferencia
200 entre el alcance inclinado indicado en la unidad de medición de alcance de la estación de radar y el verdadero alcance inclinado del blanco. Estas señales de error ϵ_s , ϵ_h y ϵ_a están conectadas con el servomotor de dirección RS, el servomotor de elevación RH y el servomotor de alcance RA respectivamente, de
205 modo que estos servomotores tratarán de dirigir la antena 1 y regular la unidad de medición de alcance respectivamente de una manera tal que las señales de error resulten cero. Por consiguiente, el radar de dirección de tiro buscará automáticamente el blanco M tanto en dirección como en alcance. En la práctica, los ser-
210 vomotores RH y RS, y posiblemente también el servomotor de alcance RA, son alimentados con señales de dirección adicionales, ayudando a las señales de error de radar derivadas del equipo 2 de transmisión y recepción a dirigir a la antena y a ajustar la unidad de medición de alcance sobre el blanco.

215 Del servomotor de dirección RS es derivada una primera señal que representa el ángulo azimutal sv_1 del blanco y una segunda señal que representa la ley de cambio \dot{sv}_1 del ángulo azimutal o la velocidad azimutal del blanco. De la misma manera, se derivan dos señales del servomotor RH de elevación, representando una de
220 ellas el ángulo de elevación hv_1 del blanco y la segunda la ley

308119



de cambio del ángulo de elevación o de la velocidad de elevación
hv¹ del blanco. Del servomotor de alcance RA se derivan dos se-
ñales correspondientes que representan el alcance inclinado Al¹
del blanco y respectivamente la velocidad radial Al¹ del blanco.
225 Las señales que representan las coordenadas de posición del blan-
co pueden ser derivadas, por ejemplo, de potenciómetros acopla-
dos a los árboles de los servomotores asociados, mientras que
las señales proporcionales a las velocidades de coordenadas del
blanco pueden ser derivadas de tacogeneradores acoplados a los
230 árboles de los servomotores. Sin embargo, dichas señales pueden
naturalmente ser originadas de otro modo adecuado cualquiera.
Así, por ejemplo, las señales proporcionales a las velocidades
de coordenadas son a menudo obtenibles en ciertos puntos de los
servocircuitos. Las velocidades angulares del blanco pueden tam-
235 bién ser derivadas mediante giroscopios sensibles a la veloci-
dad angular montados en la antena.

Los datos del blanco determinados por el radar ER de direc-
ción de tiro, es decir las coordenadas de posición y las velo-
cidades de coordenadas del blanco en el sistema de coordenadas
240 polares, son suministrados a un computador de dirección de tiro
EI previsto para calcular a base de estos datos y de datos adi-
cionales necesarios, como por ejemplo la velocidad del proyec-
til, la densidad del aire, la fuerza y la dirección del viento
y todo paralaje entre los lugares del radar de dirección de ti-
245 ro y el arma V, el punto de mira R sobre el cual el arma V tie-
ne que ser apuntada en elevación el arma V en todo momento si
un proyectil disparado por el arma tiene que alcanzar el blanco
M a base de ciertas suposiciones que conciernen a los futuros
movimientos del blanco M, como por ejemplo la de que el blanco
250 se sigue moviendo en línea recta a una velocidad constante.

308119



Por consiguiente, el computador de dirección de tiro EI calcula el ángulo azimutal α_2 y el ángulo de elevación β_2 desde el lugar del arma hasta el punto de mira R y produce señales correspondientes a estos ángulos. Estas señales son suministradas del computador de dirección de tiro a un dispositivo servomotor VS para apuntar el arma en dirección y un dispositivo servomotor VH para la elevación del arma, respectivamente. Estos dispositivos de servomotor pueden ser componentes de los circuitos computadores del computador de dirección de tiro, de modo que el computador de dirección de tiro produce señales de error para el mando de los servomotores que apuntan el arma en elevación y respectivamente en dirección. Las operaciones aritméticas que el computador de dirección de tiro tiene que ejecutar para calcular la dirección hacia el punto de mira R y la manera cómo el computador de dirección de tiro tiene que ser previsto para ejecutar estos cálculos no constituyen parte alguna de la presente invención, por lo que no necesitan descripción detallada alguna para la comprensión de la invención. Un gran número de distintos computadores eléctricos de dirección de tiro para calcular la posición del punto de mira a base de los datos de blanco anteriormente mencionados, determinados por el alza, son ya conocidos en la especialidad, por ejemplo por Douch: "The use of Servos in the Army during the Past War", IEE Journal, Tomo 94, 1947, parte IIA, páginas 177-189.

Según la invención, sin embargo, el sistema de dirección de tiro comprende dos dispositivos filtrantes FS y FH para filtrar las señales suministradas por el radar de dirección de tiro, que son proporcionales a la velocidad angular en azimut $\dot{\alpha}_1$ y a la velocidad angular en elevación $\dot{\beta}_1$, respectivamente, del blanco, antes de que estas señales sean conectadas con el compu-

308119.14



tador de dirección de tiro. Además, el sistema de dirección de tiro comprende una unidad computadora C a la cual son suministrados los valores determinados por el radar de dirección de tiro para el alcance inclinado A_1 y el ángulo de elevación h_1 del blanco y para la velocidad radial \dot{A}_1 , la velocidad azimutal \dot{s}_1 y la velocidad de elevación \dot{h}_1 del blanco. A base de estos datos y suponiendo que el blanco se mueve en línea recta a una velocidad por ejemplo constante, esta unidad computadora C está prevista para computar la aceleración angular azimutal \ddot{s}_1 y la aceleración angular en elevación \ddot{h}_1 del blanco y para producir señales proporcionales a dichas cantidades. La señal proporcional a la aceleración azimutal computada \ddot{s}_1 es conectada al dispositivo filtrante FS para la señal de velocidad azimutal \dot{s}_1 y la señal proporcional a la aceleración de elevación computada \ddot{h}_1 es conectada al dispositivo filtrante FH para la señal de velocidad de elevación \dot{h}_1 . El tipo de los dispositivos filtrantes FS y FH y el modo como las señales procedentes de la unidad computadora CH proporcionales a las aceleraciones angulares del blanco son conectadas a estos dispositivos filtrantes serán descritos ulteriormente a continuación.

Los dos dispositivos filtrantes FS y FH son de tipo idéntico, por lo cual la Fig. 2 muestra solamente el esquema de uno de los dispositivos, y precisamente el dispositivo filtrante FS para la filtración de la señal procedente del servomotor de dirección RS del radar de dirección de tiro, que es proporcional a la velocidad angular azimutal \dot{s}_1 del blanco. El dispositivo filtrante comprende un amplificador F con reacción capacitiva a través de un capacitor 3. Por consiguiente, el amplificador está acoplado como un integrador. El voltaje de la señal derivada de la unidad computadora, que es proporcional a la aceleración angular azimutal

308119

14



315 \ddot{sv}_1 del blanco está conectado a la entrada del amplificador F
 a través de un resistor 4. El voltaje de señal a través de un
 capacitor 6 está también conectado con la entrada del amplifi-
 cador F a través de un resistor 5. La señal de velocidad azimu-
 tal \dot{sv}_1 sin filtrar procedente del radar de dirección de tiro
 que es suministrada al terminal de entrada 8 del dispositivo
 filtrante es conectada con el capacitor 6 a través de un resis-
 tor 7. Además, el voltaje de salida del amplificador F y el dis-
 320 positivo filtrante están conectados con el capacitor 6 a través
 de un resistor 9 a modo de reacción negativa. En el terminal de
 salida 10 del dispositivo filtrante, se obtiene un voltaje de
 señal filtrada sv_{1u} proporcional a la velocidad angular azimutal
 del blanco. El capacitor 6 y los resistores 7 y 9 forman un cir-
 cuito integrante para la señal de entrada \dot{sv}_1 y la reacción de
 325 señal de salida sv_{1u} . Los resistores 7 y 9 cooperan también con
 el resistor 5 en la formación de un circuito sustractivo para la
 señal de entrada y la reacción de señal de salida. El voltaje de
 salida para este circuito integrante a través del capacitor 6
 está conectado a través del resistor 5 con la entrada del ampli-
 330 ficador F juntamente con el voltaje proporcional a la acelera-
 ción azimutal computada \ddot{sv}_1 conectada con la entrada del ampli-
 ficador a través del resistor 4. Los resistores 5 y 4 constitu-
 yen un circuito adicionador para estas dos señales de control
 para el amplificador acoplado integrador F. El dispositivo fil-
 335 trante tiene la función de filtro siguiente

$$sv_{1u} = \frac{\ddot{sv}_1}{s} + \frac{\dot{sv}_1 - \frac{\ddot{sv}_1}{s}}{1 + 2P\frac{s}{\omega} + \frac{s^2}{\omega^2}}$$

340 donde P es una constante de filtración, ω la frecuencia de
 corte y s la cantidad del operador. Por consiguiente, el dispo-



sitivo realiza un filtraje muy eficiente de la señal de entrada y, debido a la señal regeneradora computada por la unidad de computador y proporcional a la aceleración azimutal angular $\dot{\psi}_1$ del blanco, conectada con el dispositivo filtrante, se obtiene
345 también una compensación de la demora del filtro, de modo que no resultarán errores de retardo.

Sin embargo, la forma del dispositivo filtrante representada en la Fig. 2 y descrita anteriormente es menos adecuada en varias aplicaciones. A menudo, por ejemplo, se desea que la señal
350 originada por el alza, que es proporcional a la velocidad angular del blanco, pueda ser una señal de voltaje continuo, ya que tal señal puede ser producida por un tacogenerador de voltaje continuo que tiene una mayor precisión que un tacogenerador de voltaje alterno. En este caso, sin embargo, el amplificador
355 F del dispositivo filtrante de la Fig. 2 tiene que ser un amplificador de voltaje continuo y la señal de salida del dispositivo filtrante será también una señal de voltaje continuo. Sin embargo, para el computador de dirección de tiro se desea generalmente una señal de voltaje alterno, ya que el computador de dirección de tiro es corrientemente un computador analógico eléctrico
360 que comprende unos resolvidores eléctricos y otros componentes que requieren señales de voltaje alterno. Después de un dispositivo filtrante según la Fig. 2, sería necesario, por consiguiente, tener un modulador para convertir en señal de voltaje alterno la señal de voltaje directo, o sea continuo. Sin embargo, es
365 difícil construir un modulador preciso y estable que no introduzca error alguno en la señal modulada. Otro hecho que hay que tener en cuenta es el de que en el computador de dirección de tiro la cantidad proporcional a la velocidad angular del blanco es
370 necesaria en varios puntos para distintas operaciones aritméticas,

308119



lo cual se traduciría en una pesada carga del amplificador F
en un dispositivo filtrante según la Fig. 2, siendo a menudo
multiplicaciones de las velocidades angulares por otras canti-
dades las operaciones aritméticas del computador de dirección
375 de tiro en las que interviene la velocidad angular del blanco.
En los computadores analógicos eléctricos, los multiplicadores
consisten preferiblemente en potenciómetros que son regulados
de acuerdo con una de las cantidades para multiplicarse y son
alimentados con un voltaje proporcional a la otra cantidad pa-
380 ra multiplicar. Por consiguiente, en el computador de dirección
de tiro se desea a menudo usar potenciómetros que puedan ser re-
gulados de acuerdo con la velocidad angular del blanco. Para
ello, cuando se use un dispositivo filtrante según la Fig. 2,
debería naturalmente ser necesario regular dichos potenciómetros
385 mediante un servomotor mandado por la señal proporcional a la
velocidad angular del blanco, derivada del dispositivo filtran-
te. Naturalmente, tal servomotor hace más complicado y más caro
el computador de dirección de tiro.

Por las razones indicadas en el párrafo anterior, es de
390 preferir un dispositivo filtrante según la Fig. 3. Este dispo-
sitivo filtrante difiere del representado en la Fig. 2 solamen-
te en que el amplificador estático F del dispositivo filtrante
de la Fig. 2 está sustituido por una cadena de servoamplifica-
dor constituida por un modulador 26, un servoamplificador 11 y
395 un servomotor 12. Por consiguiente, la cantidad de salida fil-
trada de este dispositivo filtrante estará representada por el
ángulo de rotación del árbol del servomotor 12. Para originar
señales de reacción eléctrica en la entrada de la cadena de ser-
voamplificador y en el circuito integrador y para originar una
400 señal eléctrica de salida, están acoplados dos potenciómetros



14

308119

13 y 14 al árbol del servomotor 12. Uno de los potenciómetros, 13, es alimentado con un voltaje continuo de referencia constante, de modo que el voltaje de salida del potenciómetro representará la señal de salida sv_{1u} de la cadena de servoamplificador.

405 Esta señal es acoplada en contrarreactión a través del capacitor 3 a la entrada de la cadena servoamplificadora. El segundo potenciómetro 14 es alimentado a través de un transformador 18 con un voltaje continuo de referencia constante así como con un voltaje alterno. Por consiguiente, el voltaje de salida de este potenciómetro comprenderá un componente de voltaje continuo, proporcional a la señal de salida sv_{1u} del dispositivo filtrante, así como un componente de voltaje alterno, proporcional también a esta señal de salida del dispositivo filtrante. El componente

410 de voltaje continuo es acoplado en contrarreactión al capacitor 6 a través de un circuito de bloqueo para el componente de voltaje alterno constituido por un reactor 15 y un capacitor 16, así como a través de la resistencia 9. El componente de voltaje alterno está conectado a través de un capacitor de acoplamiento 17 que bloquea el componente de voltaje continuo, y puede ser

415 usado a modo de señal de salida del dispositivo filtrante destinada a ser conectada con el computador de dirección de tiro.

420

Naturalmente, el voltaje continuo proporcional a sv_{1u} procedente del potenciómetro 13 podría ser usado tanto para el acoplamiento en contrarreactión a través del capacitor 3 a la entrada de la cadena de servoamplificador, como para el acoplamiento en contrarreactión a través del resistor 9 con el capacitor 6.

425 En este caso, sería suficiente alimentar el potenciómetro 14 con un voltaje alterno y podrían omitirse los componentes 15, 16 y 17. El único objeto del potenciómetro 14 sería entonces el de

430 dar la señal eléctrica de salida del dispositivo filtrante al



308119

computador de dirección de tiro. En este caso, sin embargo, el
potenciómetro 14 no estaría incluido en el acoplamiento de con-
trarreacción, debido a lo cual el voltaje de salida de este po-
tenciómetro no reproduciría exactamente la señal de entrada a .
435 menos que los dos potenciómetros 13 y 14 fueran exactamente idé-
nticos. Sin embargo, no es posible obtener dos potenciómetros
idénticos con la precisión necesaria para ciertas operaciones
aritméticas del computador de dirección de tiro. En la forma
del dispositivo filtrante representado en la Fig. 3, sin embar-
440 go, el potenciómetro 14 está incluido en el lazo de acoplamien-
to en contrarreacción y el voltaje de salida del potenciómetro
constituirá por tanto una fiel reproducción de la señal de en-
trada, de gran precisión.

El dispositivo filtrante de la Fig. 3 ofrece la ventaja de
445 que el medio amplificador puede estar constituido por un ampli-
ficador 11 de voltaje alterno. Ello requiere sin duda un modula-
dor 26, pero este modulador está incluido por el lazo de acopla-
miento en contrarreacción, por lo cual toda falta de linealidad
de este modulador no causará errores esenciales en la señal de
450 salida del dispositivo filtrante. Además, un gran número de po-
tenciómetros puede ser acoplado al árbol del servomotor 12, de
modo que se obtienen varias señales de salida del dispositivo
filtrante al computador de dirección de tiro. Entonces, estos
potenciómetros pueden ser usados directamente como multiplica-
455 dores en el computador de dirección de tiro si son alimentados
con voltajes alternos proporcionales a las cantidades por las
cuales tiene que ser multiplicada en cada caso la velocidad an-
gular del blanco. Para operaciones aritméticas del computador
de dirección de tiro que requieran una gran precisión de la se-
460 ñal proporcional a la velocidad angular del blanco, la señal de

308 1 19



salida del potenciómetro 14 es, sin embargo, la que se usa. De-
 bería observarse que el voltaje alterno que alimenta el poten-
 ciómetro 14 no necesita ser un voltaje de referencia constante,
 sino que puede ser un voltaje alterno proporcional a cierta can-
 465 tidad por la cual tiene que ser multiplicada la velocidad angu-
 lar del blanco, en cuyo caso el potenciómetro 14 funcionará a
 modo de multiplicador de dicha cantidad y la velocidad angular
 del blanco, de modo que la señal de voltaje alterno procedente
 del capacitor 17 resulta proporcional al producto de la veloci-
 470 dad angular del blanco y de dicha otra cantidad.

Como se muestra en la Fig. 3, la señal que aparece a tra-
 vés del capacitor 6 en el dispositivo filtrante según la inven-
 ción puede ser derivada del dispositivo filtrante y conectada
 con el medio indicador 19. En efecto, puede mostrarse que esta
 475 señal es una medida de la aceleración angular que el blanco re-
 vela en la dirección coordenada angular asociada, si se supone
 que el blanco se desvía del curso recto supuesto. El medio in-
 dicador 19 servirá, por consiguiente, a modo de indicador de
 desviación que informará acerca de la dirección en la cual el
 480 blanco gira así como de la cerrada que es la vuelta.

Como se ha dicho anteriormente, la unidad computadora C
 tiene que computar la aceleración azimutal angular \dot{sv}_1 y la ace-
 leración angular en elevación \dot{hv}_1 del blanco en la suposición
 de que el blanco se mueva en línea recta. Además, por razones
 485 de sencillez, puede suponerse que el blanco se mueva en esta
 dirección recta con una velocidad constante. Entonces, el com-
 putador tiene que ser previsto para computar una primera can-
 tidad

$$- 2 \dot{sv}_1 \frac{\dot{A}_{11}}{A_{11}} + 2 \dot{sv}_1 \dot{hv}_1 \quad \text{tg } hv_1$$

490 como medida de la aceleración angular azimutal \dot{sv}_1 del blanco

308119



y una segunda cantidad

$$- sv_1^2 \text{ sen } hv_1 \text{ cos } hv_1 - 2 hv_1 \frac{\dot{A}l_1}{Al_1}$$

495 como medida de la aceleración angular en elevación $\dot{h}v_1$ del blanco y para producir señales de voltaje continuo proporcionales a estas cantidades para ser acoplada en contrarreacción, de la manera previamente descrita, al dispositivo filtrante FS y respectivamente al dispositivo filtrante FH.

500 La Fig. 4 muestra esquemáticamente un computador eléctrico analógico preferido para estos cálculos. En el terminal 20, la unidad computadora es alimentada con un voltaje alterno de referencia constante, que, por razones de sencillez, se supone como teniendo el valor 1. Al terminal 21 se le aplica un voltaje alterno proporcional a la velocidad radial $\dot{A}l_1$ del blanco y que puede ser derivada de un adecuado generador de señales acoplado al árbol del servomotor AR de regulación de alcance en el radar ER de dirección de tiro. El voltaje alterno de referencia constante conectado con el terminal 20 alimenta un potenciómetro P1, acoplado al árbol del servomotor 12 del dispositivo filtrante FS para la velocidad azimutal sv_1 . El voltaje de salida de P1 es, por consiguiente, proporcional a sv_1 . Este voltaje está conectado con uno de los arrollamientos de entrada de un resolvidor R1, cuyo rotor está acoplado con el servomotor de elevación RH de la antena de radar de dirección de tiro, de modo que es hecho girar de acuerdo con el ángulo de elevación hv_1 con el blanco. El voltaje de salida del resolvidor R1 es, por consiguiente, proporcional al producto $sv_1 \text{ sen } hv_1$ y está conectado con un potenciómetro P2 que está también acoplado con el servomotor de elevación RH de la antena del radar de dirección de tiro y que tiene la característica $\text{cos } hv_1$. El voltaje del potenciómetro P2 está conectado con

505

510

515

520

308119



un potenciómetro adicional P3, acoplado de la misma manera que el potenciómetro P1 al árbol del servomotor 12 en el dispositivo filtrante FS y que por tanto multiplica el voltaje aplicado por el factor sv_1 . El voltaje de salida del potenciómetro P3 es, por
525 consiguiente, a $sv_1^2 \text{ sen } hv_1 \text{ cos } hv_1$ y está conectado con un circuito adicionador 22.

El voltaje alterno proporcional a la velocidad radial A_{11} del blanco y conectado con el terminal 21 alimenta un potenciómetro P4 acoplado con el árbol del servomotor regulador de alcance RA y previsto de modo que multiplica el voltaje aplicado
530 por el factor $1/A_{11}$. El voltaje de salida del potenciómetro P4 está conectado con un potenciómetro adicional P5, acoplado con el árbol del servomotor 12 del dispositivo filtrante FH para la velocidad de elevación hv_1 del blanco y que por consiguiente
535 multiplica el voltaje aplicado por el factor hv_1 . El voltaje procedente del potenciómetro P5 es, por consiguiente, proporcional a $hv_1 \frac{A_{11}}{A_{11}}$ y está también conectado con el circuito adicionador 22. Se supone que el circuito adicionador 22 suma los dos voltajes aplicados con polaridades mutuas tales y en
540 proporciones mutuas tales que el voltaje de salida del circuito 22 de adicionador resulta proporcional a la expresión anteriormente mencionada de la aceleración angular en elevación $h\ddot{v}_1$. El voltaje de salida del circuito adicionador 22 es desmodulado en un desmodulador 23, de modo que se obtiene una señal de
545 voltaje continuo proporcional al valor calculado de la aceleración angular en elevación $h\ddot{v}_1$. Esta señal de voltaje directo es conectada con el dispositivo filtrante FH de la manera anteriormente descrita.

El voltaje de salida del resolvidor R1 proporcional a $sv_1 \text{ sen } hv_1$ es conectado con un potenciómetro P6 acoplado con el

550

308119

184 EN



árbol del servomotor 12 del dispositivo filtrante FH y que por
consiguiente multiplica el voltaje aplicado por $h\nu_1$. El vol-
taje del potenciómetro P6 está conectado con un potenciómetro
adicional P7 acoplado con el árbol del servomotor de elevación
555 RH y previsto de modo que multiplica el voltaje aplicado por
el factor $1/\cos h\nu_1$. Por consiguiente, el voltaje del potenció-
metro P7 es proporcional a $sv_1 h\nu_1 \operatorname{tg} h\nu_1$. El voltaje del po-
tenciómetro P4, proporcional a $\dot{A}l_1/A_1$, está también conectado
con un potenciómetro P8, que está acoplado con el árbol del
560 servomotor 12 del dispositivo filtrante FS y que por consiguien-
te multiplica el voltaje aplicado por el factor sv_1 . El voltaje
de salida del potenciómetro P8 es, por consiguiente, proporcio-
nal a $sv_1 \cdot \frac{\dot{A}l_1}{A_1}$ y está conectado con un circuito adicionador
24 juntamente con el voltaje del potenciómetro P7. El circuito
565 adicionador 24 está previsto de modo que suma los dos voltajes
aplicados con polaridades mutuas tales y en proporciones mutuas
tales que el voltaje de salida del circuito adicionador 24 re-
sulta proporcional a la expresión anteriormente indicada para
la aceleración angular azimutal \ddot{sv}_1 computada del blanco. El
570 voltaje de salida del circuito adicionador 24 está conectado
con un desmodulador 25, de modo que se obtiene un voltaje con-
tinuo proporcional a la aceleración angular azimutal \ddot{sv}_1 com-
putada para el blanco. Este voltaje continuo está conectado al
dispositivo filtrante FS de la manera descrita anteriormente.

575 El sistema de dirección de tiro según la invención descri-
to anteriormente comprende dispositivos filtrantes para fil-
trar solamente las dos señales del radar de dirección de tiro,
que son proporcionales a las velocidades angulares del blanco.
Generalmente, esto es suficiente, ya que la señal originada
580 por el radar de dirección de tiro, que es proporcional a la

308119



585 velocidad radial $\dot{A}l_1$ del blanco, comprende generalmente una
pequeña cantidad de perturbaciones, siendo además generalmen-
te menor para esta señal la necesidad de precisión. Sin embar-
go, cuando sea necesario es también posible proveer el sistema
de dirección de tiro de un dispositivo filtrante similar adi-
cional para filtrar también la señal proporcional a la veloci-
dad radial $\dot{A}l_1$ del blanco antes de que esta señal sea suminis-
trada al computador de dirección de tiro. En este caso, natu-
ralmente, la unidad de computador C tiene que ser prevista pa-
590 ra que compute también la aceleración radial del blanco y pro-
duzca una señal, proporcional a dicha aceleración, destinada a
ser conectada como señal regeneradora al dispositivo filtrante
de la señal $\dot{A}l_1$.

595 En lo anteriormente expuesto, la invención ha sido descri-
ta con referencia a un sistema de dirección de tiro para blan-
cos aéreos, en el cual el alza, es decir el radar de dirección
de tiro, determina el ángulo azimutal así como el ángulo de ele-
vación del blanco, y por tanto también la velocidad angular azi-
mutal y la velocidad angular en elevación del blanco. Sin em-
600 bargo, la invención es aplicable también a sistemas de direc-
ción de tiro para blancos de superficie, en cuyos sistemas, na-
turalmente, no se determina ángulo alguno de elevación del blan-
co, sino tan sólo el ángulo azimutal del blanco y la velocidad
angular azimutal juntamente con la distancia radial y la veloci-
605 dad radial del blanco. Sin duda, la velocidad angular de un blan-
co de superficie, como por ejemplo un barco, es considerablemen-
te inferior que la de un blanco aéreo, y varía también más len-
tamente que en el caso de un blanco aéreo, por lo cual, desde
este punto de vista, no debería generalmente ser necesaria una
610 filtración muy exacta, con una compensación de la demora de fil-

308119

114



615 tración como la que se obtiene con la presente invención. Por otra parte, sin embargo, el tiempo de vuelo del proyectil será mucho más largo cuando se dispare contra un blanco de superficie que cuando se dispare a un blanco aéreo, por lo cual es necesario un valor exacto de la velocidad angular azimutal del blanco, y por consiguiente puede desearse una filtración de la señal proporcional a la velocidad angular azimutal del blanco.

620 Además, debería advertirse que, aun cuando la invención es particularmente ventajosa con relación a los computadores de dirección de tiro, que calculan el punto de mira del arma entera o prevalentemente en el sistema de coordenadas polares, es naturalmente también posible emplear la invención con relación a computadores de dirección de tiro en los cuales las coordenadas polares y las velocidades de coordenadas del blanco
625 son convertidas primero en las correspondientes coordenadas cartesianas y velocidades de coordenadas, después de lo cual se calcula el punto de mira en el sistema de coordenadas cartesiano y por fin las coordenadas cartesianas del punto de mira vuelven a ser transformadas en las correspondientes coordenadas po-
630 lares.

REIVINDICACIONES

Se reivindican como de la propia y nueva invención la propiedad y explotación exclusivas de :

- 635 1). Un sistema de dirección de tiro, caracterizado por comprender un alza para determinar las coordenadas de un blanco en un sistema de coordenadas polares y los componentes de velocidad del blanco en las direcciones de las coordenadas de dicho sistema de coordenadas y para producir señales eléctricas proporcionales a dichos datos del blanco determinados por el alza, me-
640 dios para transmitir dichas señales eléctricas a un computador

308119

184



645 eléctrico de dirección de tiro para calcular a base de dichos
datos del blanco el punto de mira de un arma que tiene que dis-
pararle al blanco, comprendiendo dichos medios de transmisión
de la señal un dispositivo eléctrico de filtración para cada se-
ñal eléctrica producida por dicha alza proporcional a una velo-
650 cidad angular del blanco en una dirección de coordenada angular
de dicho sistema de coordenadas polares, medios para calcular
las aceleraciones angulares del blanco en dichas direcciones de
coordenadas angulares en la suposición de que el blanco se mue-
ve en línea recta, comprendiendo dicho dispositivo filtrante me-
dios amplificadores que tienen un terminal de entrada y un ter-
minal de salida y un acoplamiento en contrarreactión capacitivo
entre el terminal de salida y el terminal de entrada y un cir-
cuito integrador conectado con dicho terminal de entrada, una
655 señal proporcional a la aceleración angular calculada del blan-
co en la dirección angular coordenada asociada siendo suminis-
trada por dichos medios calculadores a dicho terminal de entra-
da del mencionado medio de amplificación, siendo una señal la
diferencia entre la señal suministrada por el alza proporcional
660 a la velocidad angular del blanco en la dirección de coordenada
angular asociada, estando conectada la señal de salida del me-
dio amplificador a dicho circuito integrador, constituyendo la
señal de salida de dicho medio amplificador la señal de salida
de dicho dispositivo filtrante.

665 2). Un sistema de dirección de tiro según la reivindicación 1),
caracterizado por el hecho de que dichos medios amplificadores
comprenden un servomotor mandado por la señal de entrada en di-
chos medios amplificadores de modo que gira en respuesta a di-
cha señal de entrada, estando acoplado con el árbol de dicho
670 servomotor un generador de señales para producir una señal de

308119

14 E



salida de dichos medios amplificadores y dicho dispositivo filtrante correspondientes al ángulo de rotación de dicho servomotor.

675 3). Un sistema de dirección de tiro según la reivindicación 2), caracterizado por el hecho de que dichos primero y segundo potenciómetros están acoplados con el árbol de dicho servomotor, siendo alimentado dicho primer potenciómetro con un voltaje continuo constante y siendo alimentado su voltaje de salida en contrarreacción a través de una capacitancia al terminal de entrada de dichos medios amplificadores, siendo alimentado dicho segundo potenciómetro con un voltaje continuo constante así como con un voltaje alterno, estando conectado su voltaje de salida, a través de un filtro de bloqueo del voltaje alterno componente de dicho voltaje de salida, con dicho circuito integrador, y a través de un capacitor de acoplamiento con dicho computador de dirección de tiro.

680 4). Un sistema de dirección de tiro según la reivindicación 1), caracterizado por el hecho de que la señal de salida de dichos medios amplificadores y la señal suministrada por dicha alza, 690 proporcional a la velocidad angular del blanco en la dirección de las coordenadas angulares asociadas estén conectadas por cada resistor a través de un capacitor, estando conectadas la señal a través de dicho capacitor y la señal suministrada por dicho medio computador, proporcional a la aceleración angular computada del blanco en la dirección de las coordenadas angulares asociadas, a través de cada resistor, con dicho terminal de entrada de dicho medio amplificador.

695 5). Un sistema de dirección de tiro según la reivindicación 4), caracterizado por el hecho de que la señal a través de dicho capacitor está conectada con medios indicadores de señal. 700

308119 14



6). Un sistema de dirección de tiro según la reivindicación 1),
caracterizado por el hecho de que el alza determina el ángulo
azimutal sv_1 , el ángulo de elevación hv_1 y el alcance inclinado
705 Al_1 con el blanco y la velocidad angular azimutal \dot{sv}_1 , la ve-
locidad angular en elevación \dot{hv}_1 y la velocidad radial \dot{Al}_1 del
blanco y produce señales eléctricas proporcionales a dichos da-
tos del blanco, comprendiendo un dispositivo eléctrico de fil-
tración de cada una de dichas señales eléctricas proporcionales
710 a dicha velocidad angular azimutal y respectivamente a dicha ve-
locidad angular en elevación del blanco, estando previstos di-
chos medios calculadores para calcular una primera cantidad

$$- \dot{sv}_1^2 \operatorname{sen} hv_1 \cos hv_1 - 2 \dot{hv}_1 \frac{\dot{Al}_1}{Al_1}$$

y producir una primera señal eléctrica proporcional a dicha pri-
mera cantidad, que representa la aceleración angular en elevación
715 del blanco, estando conectada dicha primera señal eléctrica con
el dispositivo de filtración de la señal proporcional a la velo-
cidad angular en elevación del blanco, y para calcular una segun-
da cantidad

$$- 2 \dot{sv}_1 \frac{\dot{Al}_1}{Al_1} + 2 \dot{sv}_1 \dot{hv}_1 \operatorname{tg} hv_1$$

720 y producir una segunda señal eléctrica proporcional a la misma,
que representa la aceleración angular azimutal del blanco, estan-
do conectada dicha segunda señal con el dispositivo filtrante de
la señal proporcional a la velocidad angular azimutal del blanco.

7). Un sistema de dirección de tiro según la reivindicación 1),
725 caracterizado por el hecho de que dichos medios transmisores de
señal comprenden un dispositivo filtrante adicional del tipo men-
cionado para la señal producida por el alza y proporcional a la
velocidad radial del blanco, siendo suministrada dicha señal a
dicho computador de dirección de tiro a través de dicho disposi-
730 tivo filtrante y estando previstos dichos medios computadores

308119.14 EN



para calcular también la aceleración radial del blanco y producir una señal proporcional a la misma, conectada con dicho dispositivo de filtro adicional de la manera indicada.

8). "UN SISTEMA DE DIRECCIÓN DE TIRO". - - - - -

Consta la presente Memoria descriptiva de veintiseis hojas numeradas y mecanografiadas en una sola cara, a las que se adjuntan tres planos de dibujos para su mejor comprensión.

Madrid, 14 ENF. 1934

AKTIEBOLAGET BOFORS

P.p.

303419

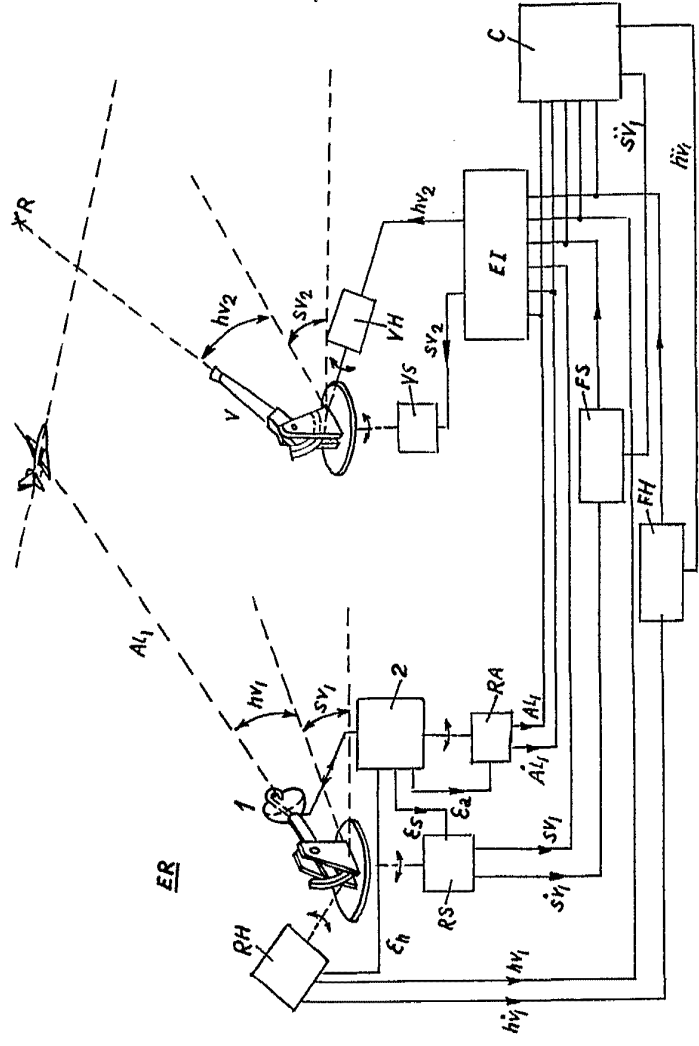


Fig. 1

Escala variable
Madrid 94 ENE. 1965
NB

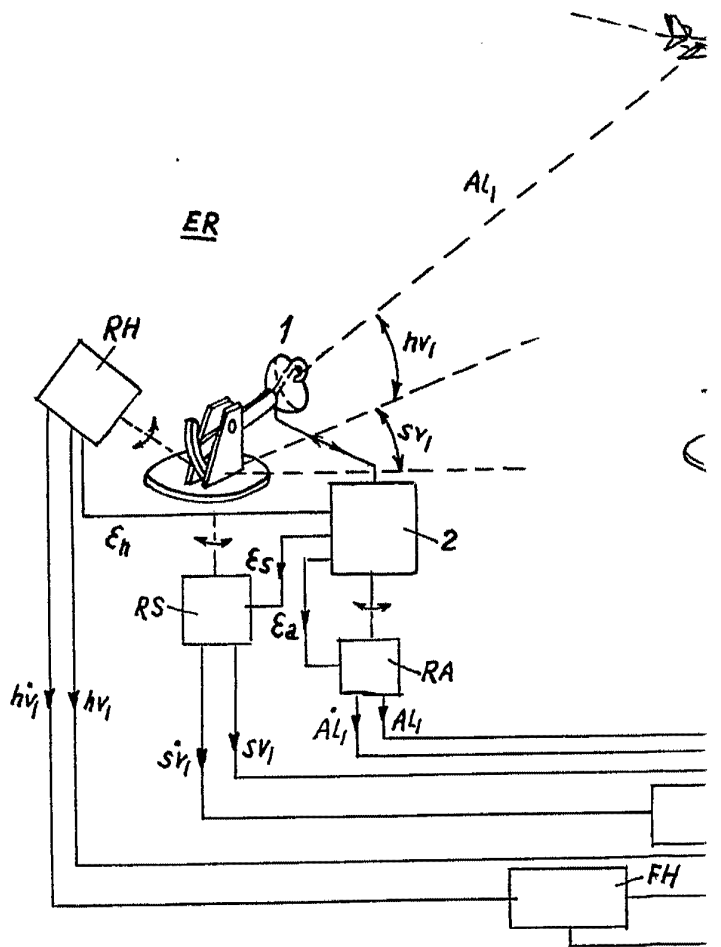


Fig. 1

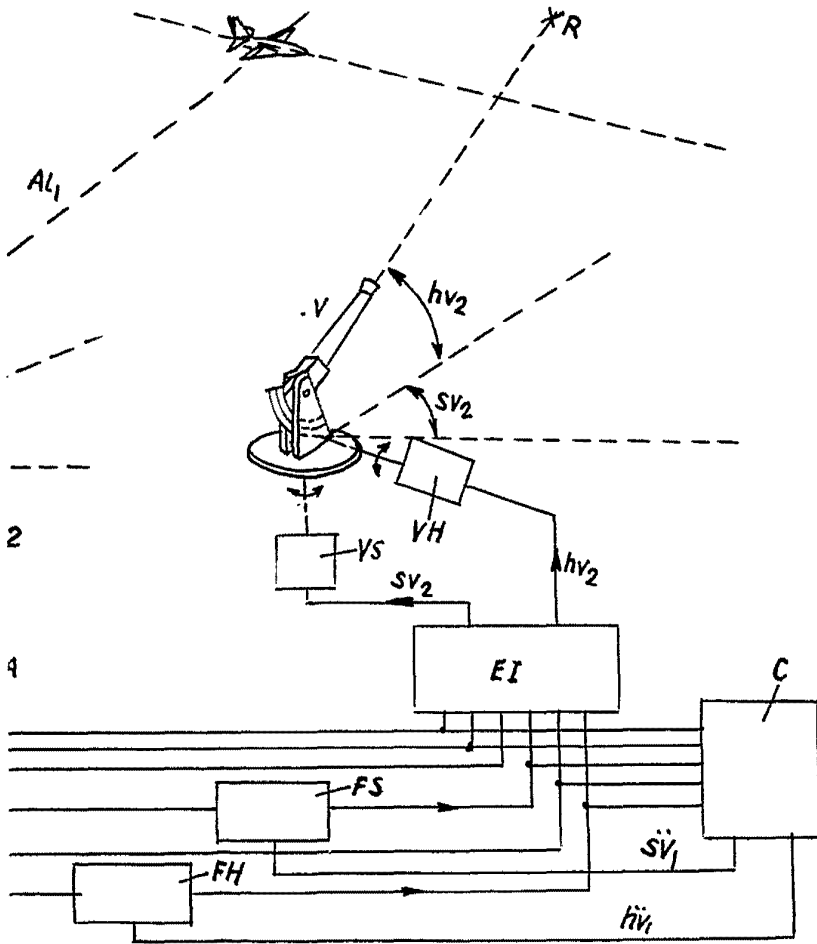


Fig. 1

Escala variable
Madrid: 94 ENE. 1966

MAKING
 THE
 THE

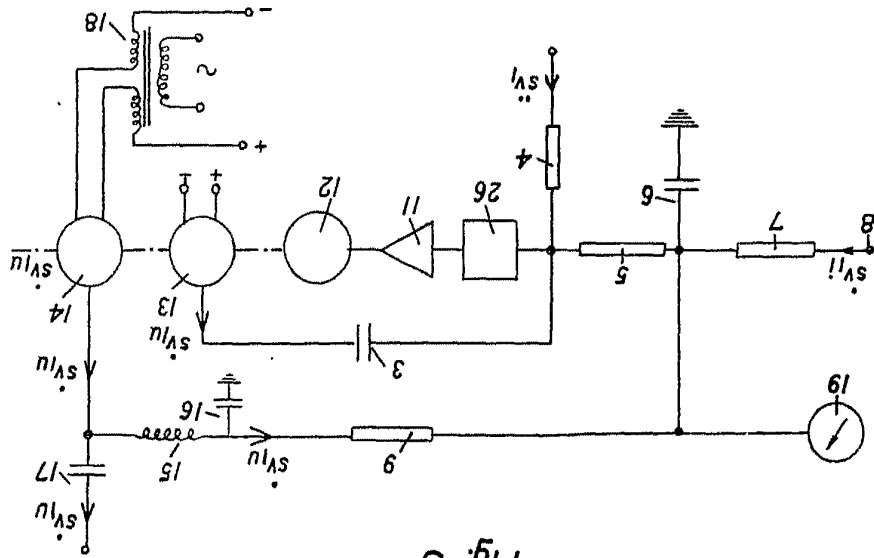


Fig. 3

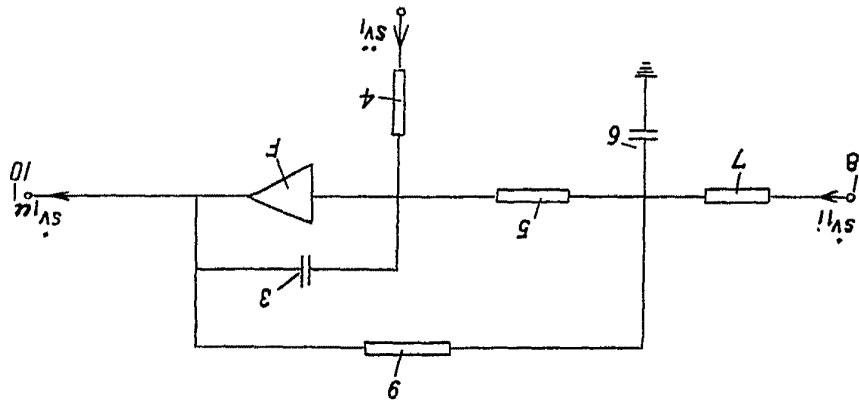


Fig. 2



II VPOH

3 HOPH 3

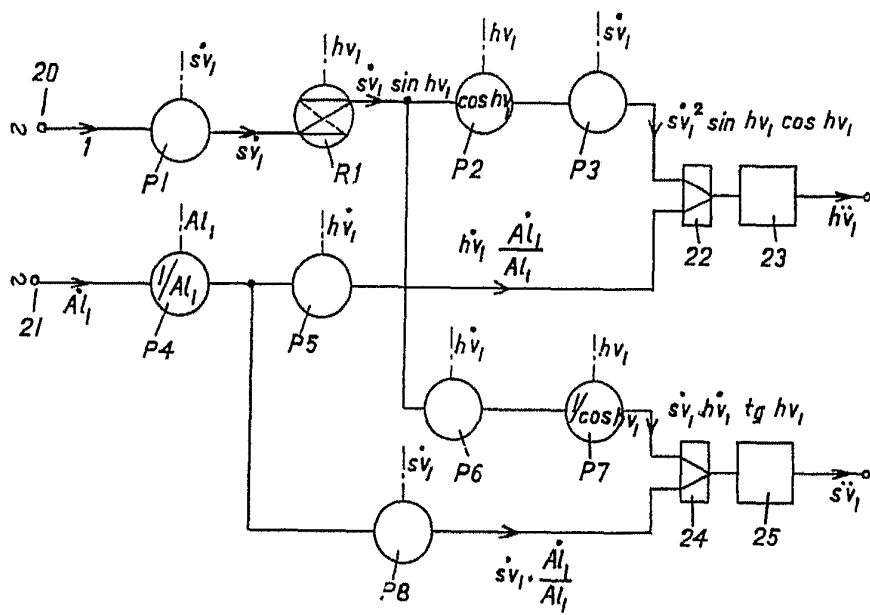
AMERICAN PATENT OFFICE

308119



1865

Fig. 4



ESCALA VARIABLE

MADRID. - 14 ENE. 1965

Handwritten signature or initials.