

El "radar"

Su fundamento y realización

Por F. GARCIA MORETON

(Dedicado al Cadete E. G. Moretón.)

La técnica de la radiolocalización tiene su principio en el radiogoniómetro, aparato destinado a darnos la demora respecto a otra estación que estuviera funcionando; y si bien su utilidad en la paz es satisfactoria, su uso en tiempo de guerra queda limitadísimo, casi nulo pudiéramos decir, ante la prohibición de usar estaciones que pudieran localizar al enemigo, y sin cuyo concurso el "gonio" queda sin uso.

Con el progreso de algunas ramas de la radiotecnica aplicada—tales son la generación de frecuencias ultraelevadas, antenas, dispositivos de conducción de ondas, tubos de rayos catódicos de alta sensibilidad, etc.—aparece el *radiotelémetro*, que sirve para darnos con gran exactitud distancias a un blanco, visible o no visible, y la demora a dicho punto; pero ésta de una forma aproximada.

Es en la última guerra mundial cuando aparece el "radar" como último perfeccionamiento del radiotelémetro, dándonos distancias, demoras, ángulos de situación, alturas de vuelo, vistas panorámicas de la costa o del terreno sobre el que se vuela, con una gran exactitud y precisión.

Sobre su historia y los diversos grados de perfeccionamiento por los que ha pasado se ha escrito ya mucho, y su utilización es, indudablemente, de todos conocida; y si no, fácilmente se puede deducir a base de los datos que con su uso se pueden obtener.

* * *

1. Las ondas electromagnéticas de frecuencia ultraelevada (F. U. E.) se comportan como ondas "casi ópticas" y siguen perfectamente las leyes de éstas; es decir, se pueden dirigir; al encontrar un obstáculo, se reflejan en él y se propagan en línea recta.

2. Un emisor de F. U. E. emite una serie de impulsos de una duración del orden de 0,75 microsegundos y con una frecuencia de repeti-

ción (tiempo entre un impulso y el siguiente) del orden de 0,002 de segundo, variable ésta según las características del aparato.

Estos impulsos llegan a la antena emisora, desde donde son radiados al exterior, hasta que al encontrar un obstáculo se reflejan.

En la antena receptora se reciben dos señales:

- a) Un impulso directo desde el emisor.
- b) La señal del eco producido por el blanco.

Entre la llegada de una y otra pasará un tiempo t , función de la velocidad de propagación de la onda y de la distancia recorrida por ésta desde la antena al blanco y retroceso, que viene dado por:

$$t = \frac{2D}{v},$$

siendo

D = Distancia al blanco.

v = Velocidad de propagación = $3,10^8$ m. s.⁻¹.

Estas señales pasan a un receptor detector, y de aquí a un amplificador, desde donde son aplicadas a las placas de desviación vertical de un tubo de rayos catódicos.

3. El tubo de rayos catódicos (T. R. C.), conocido también por tubo de Braum, por deberse a este profesor su realización, está constituido por:

— un cátodo emisor de electrones (C);

los electrones salen de éste en forma de chorro y pasan a través de

— una rejilla (R),

la cual, según el potencial a que se encuentre, hará que sea mayor o menor el número de electrones que pasan a través de su malla. Así, si se encuentra a cierto potencial negativo, repele a gran número de ellos y no los deja pasar; por el contrario, si se encuentra a un cierto potencial positivo, atrae a éstos, y el número de los

que atraviesan su malla es mayor, haciendo que el haz electrónico sea más denso.

— un ánodo (A1),

que se encuentra a potencial positivo, y que al atraer los electrones les produce una aceleración en el sentido del eje del tubo, acercando sus trayectorias a dicho eje, que pasan a través de

— un ánodo (A2)

a potencial positivo unas cuatro veces superior al de A1, que produce sobre los electrones una nueva aceleración y hace que éstos, por inercia, lleguen a incidir sobre la pantalla que lleva en el otro extremo el tubo, produciendo dicho choque un punto luminoso, cuya luminosidad se puede reforzar cubriendo la pantalla de una materia fluorescente o persistente, según el uso a que se destine.

El conjunto de la rejilla y los dos ánodos actúa como una lente electrónica, efectuando una concentración del haz para que éste sea más estrecho, y por tanto, más preciso el punto que nos marque.

Actuando sobre la tensión de A1 y A2, se varía el enfoque del punto sobre la pantalla.

Actuando sobre R, se aumenta o disminuye la luminosidad de dicho punto.

El haz electrónico, antes de llegar a la pantalla, pasa a través de un juego de cuatro placas, dos horizontales y dos verticales, que forman el sistema desviador:

— las placas XX se llaman de “desviación horizontal”;

si a una de ellas se le aplica una tensión positiva, el haz sufre una desviación, acercándose hacia dicha placa, y el punto luminoso se desplaza en el mismo sentido sobre la pantalla. Si hacemos que alternativamente cada placa se vuelva positiva, el haz oscilará de una a otra placa, dando lugar a que en la pantalla aparezca una traza luminosa horizontal, que se nos manifestará de una forma más o menos continua, según la frecuencia con que se repita el fenómeno.

— las placas YY se llaman de “desviación vertical”;

su uso y los efectos que producen sobre el haz electrónico son iguales a los ya vistos para las placas XX, sólo que los desplazamientos se efectuarán en dirección vertical.

4. A las placas de desviación horizontal del T. R. C. se aplica una tensión alterna de la mis-

ma frecuencia que la de repetición del emisor (500 c. p. s.), y ajustada de tal forma que el comienzo del desplazamiento del punto luminoso coincida con el momento en que se realice la emisión.

A las placas de desviación vertical se aplican las dos señales recibidas, una vez detectadas y amplificadas.

Al comenzar a desplazarse el punto luminoso (en su origen), la señal del emisor hace que el haz se desplace verticalmente, y el punto luminoso traza sobre la pantalla un pico A, que es el de la emisión.

Al cabo de un tiempo t , la señal del eco, aplicada a las mismas placas, se encuentra al haz separado de su origen una distancia correspondiente al tiempo t , y al producir su desplazamiento vertical, el punto luminoso traza sobre la pantalla otro pico, B (eco recibido).

El segmento AB sobre la pantalla es proporcional al tiempo t , y por tanto, a la distancia a que se ha producido el eco.

5. Siendo el segmento AB proporcional a la distancia, si calibramos la traza horizontal del tubo por medio de una serie de picos situados entre sí a distancias conocidas, por comparación con éstos podemos hallar la distancia a que se ha producido el eco.

Para esto, un generador de picos de calibración (G. P. C.) emite impulsos con una frecuencia tal que el tiempo entre un pico y el siguiente sea precisamente el que tarde en llegar la señal del eco de un objeto situado a la distancia unidad de calibración.

Si queremos calibrar de 1.000 en 1.000 metros:

$$t = \frac{2 \times 1.000}{3 \cdot 10^8} = \frac{2}{3} \times 10^{-5} \text{ segundos.}$$

Es decir: cada 6,6 microsegundos se generará un pico de calibración, que, una vez amplificado, se aplica a las placas de desviación vertical del T. R. C. y hace que aparezcan sobre la traza horizontal una serie de picos (en negro en la figura 1) separados entre sí 1.000 metros y ajustados de tal forma que el primero se produzca precisamente en el momento de la emisión.

Por comparación con éstos se puede hallar la distancia a que se ha producido el eco.

6. Con lo ya visto hemos logrado obtener distancias a un objeto, visible o no visible.

Veamos ahora algunas consideraciones:

6.1. La frecuencia de repetición de los impulsos del emisor debe estar de acuerdo con el alcance máximo del "radar" y la potencia del mismo, para que no pueda llegar a la antena la señal de un eco correspondiente a un determinado impulso emisor cuando ya se ha recibido en ésta el siguiente, pues de suceder esto, no sabríamos a qué impulso inicial referir dicho eco.

Para la frecuencia dada de 1/500 de segundo, la distancia máxima a medir será:

$$D = \frac{1}{2} \cdot t \cdot v = \frac{1}{2} \times 1/500 \times 3 \times 10^8 = 300.000 \text{ m.}$$

Ahora bien: el alcance del "radar" será bastante menor por la limitación que le imponga su potencia y la altura de la antena sobre el horizonte.

Si dicha frecuencia fuese de $1/3 \cdot 10^{-4}$ seg.^o, la distancia máxima a medir sería de 5.000 metros, y la señal de un eco producido a 6.000 metros llegaría al cabo de un tiempo

$$t = 4 \cdot 10^{-5} \text{ segundos} = 40 \text{ microsegundos;}$$

es decir, llegaría 6,6 microsegundos después de haber llegado el segundo impulso emisor, y aparecería coincidiendo con el segundo diente de calibración, como si se hubiese producido a 1.000 metros de distancia.

6.2. Siendo el alcance máximo inferior al que corresponde por la frecuencia de repetición (así, en el Radar 268 de exploración y navegación su alcance es de 60.000 metros y usa la frecuencia de 500 c. p. s.), nos sobra parte del recorrido del punto luminoso sobre la pantalla, y siendo ésta de tamaño reducido, con el fin de obtener más precisión, se limita la traza para que aparezca sólo durante el tiempo en el cual se pueden recibir señales de ecos.

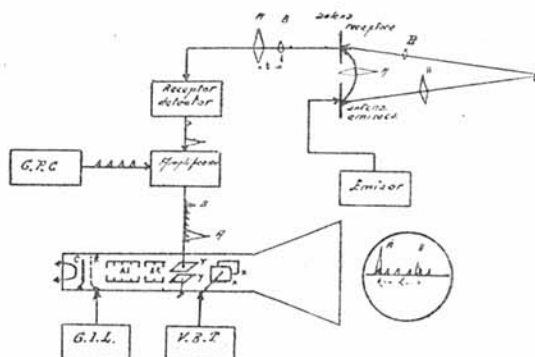


Fig. 1.

Esquema elemental del fundamento de un Radar.

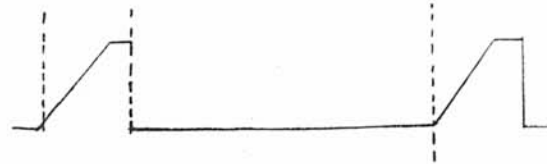


Fig. 2.

Voltaje Base de tiempo.

Para lograr esto se aplica a las placas de desviación horizontal una tensión de diente de sierra como la de la figura 2, cuya frecuencia es igual a la de repetición, y la duración de cada diente igual a lo que tarda en llegar el eco desde la máxima distancia que se pueda medir; así, para la distancia máxima de 60.000 metros, su duración será de 400 microsegundos.

El punto luminoso comenzará a desplazarse en T1, momento de la emisión, y acabará volviéndose a su origen en T2, cuando la tensión aplicada a las placas de desviación horizontal es cero. Al cabo de 1/500 de segundo, y coincidiendo con la nueva emisión, comenzará de nuevo a desplazarse, repitiéndose el ciclo anterior.

Esta tensión se llama "Voltaje base de tiempo" (V. B. T.).

Con el fin de obtener una mayor precisión, cuando se trate de medir distancias más pequeñas se aplican a las placas de desviación horizontal otros tipos de V. B. T., en los que únicamente varía la duración del diente de sierra, que estará de acuerdo con la máxima distancia que se pueda medir con el margen usado.

En el Radar 268 se usan tres márgenes de medidas:

- A, para 6.000 yardas.
- B, > 12.000 >
- C, > 60.000 >

6.3. Usando un margen de distancias menor al alcance máximo del equipo, podría suceder que un eco producido a mayor distancia, al llegar su señal a la pantalla después de T2 desviase al haz electrónico durante su retroceso, y marcaría un pico que nos daría una distancia falsa al encontrarse más cerca del origen, cuando en realidad debía caer fuera de la pantalla.

Para evitar esto se hace que el haz incida casi sin fuerza, por decirlo así, sobre la pantalla, y por tanto no produzca sobre ésta ningún punto luminoso, y por consiguiente, tampoco se marque la traza horizontal, aunque el haz sigue desplazándose. En resumen: se hace que el haz efectúe los movimientos ya vistos, pero sin marcar.

viación radial, y cada vez en una dirección distinta.

Debido a la elevada frecuencia de la desviación en la pantalla, vemos un radio luminoso continuo, y siendo su velocidad de giro (la de la antena) mucho menor, vemos cómo éste va girando.

A la rejilla del T. R. C. se aplican los mismos impulsos luminosos que se aplicaban al tubo monitor y con el mismo objeto.

La pantalla del P. P. I. lleva solidaria una corona circular graduada de 0° a 180° a banda y banda; girando las bobinas desviadoras se ajusta para que cuando la antena emita en dirección de la proa el radio luminoso pase por cero.

7.3. Ajustada de esta forma la pantalla y coincidiendo el impulso emisor con el centro de ella (origen del radio luminoso), la señal de un eco recibido, una vez detectado y amplificado, se aplica al cátodo del tubo P. P. I., produciendo en ese instante una mayor emisión de electrones, y, por tanto, sobre la pantalla, un punto más luminoso, que se marcará sobre ésta en una posición dependiente de la que ocupe el haz electrónico en ese instante, según la dirección en que estaba orientada la antena al recibir la señal, y alejado del centro una distancia función del tiempo, como ya se ha visto en el tubo monitor.

Todos los puntos del horizonte que emiten ecos producen puntos luminosos sobre la pantalla, que se ven reforzados al volver a pasar la antena por la misma posición en vueltas sucesivas. Todos estos puntos forman una mancha brillante sobre la pantalla, que es la vista panorámica a que antes nos hemos referido.

7.4. Los picos de calibración se aplican al cátodo del T. R. C., los cuales, al reforzar la emisión de electrones, producen sobre la pantalla puntos luminosos sobre el radio, que al ir girando dan lugar a una serie de círculos concéntricos llamados de calibración, con respecto a los cuales hallamos las distancias de los puntos que nos interesen.

8. Veamos algunas consideraciones respecto al uso de esta antena.

Teniendo la antena una abertura máxima fuera de la cual no puede recibir ninguna señal, su velocidad ha de ser tal que tarde más tiempo en girar dicho ángulo que el que emplee en llegar la señal de un eco producido por un objeto situado a la distancia máxima que se pueda medir, y al mismo tiempo ha de ser ésta lo suficientemente elevada para que al volver a pasar por una posición dada no dé tiempo a que se

borre la señal del punto luminoso sobre la pantalla.

La velocidad de la antena en el Radar 268 es de 22 r. p. m., y en el tiempo

$$t = 4 \cdot 10^{-4} \text{ segundos,}$$

que es lo que tarda en llegar el eco de un objeto situado a la máxima distancia, la antena ha girado sólo 0,048 de grado; es decir, que recibe el eco prácticamente en la misma posición en que ha realizado la emisión.

8.1. Al usar una sola antena para la emisión y recepción, se presenta el problema de aislar el receptor durante el período de emisión, con el fin de que llegue a la antena el máximo de energía y evitar el que pudiese quemarse éste al ser ya considerable el valor de la energía de radiación, y por otra parte, evitar que llegue a la cavidad del magnetrón parte de la energía de la señal del eco, que ya de por sí es pequeña y que de esta forma sufriría una atenuación mayor.

Esto se logra con el uso de dos válvulas de gas, montadas en unos alojamientos del tubo guía de ondas (figs. 5 y 7), que son las llamadas

- T. R. Transmisión-recepción.
- T. B. Transmisor-bloqueo.

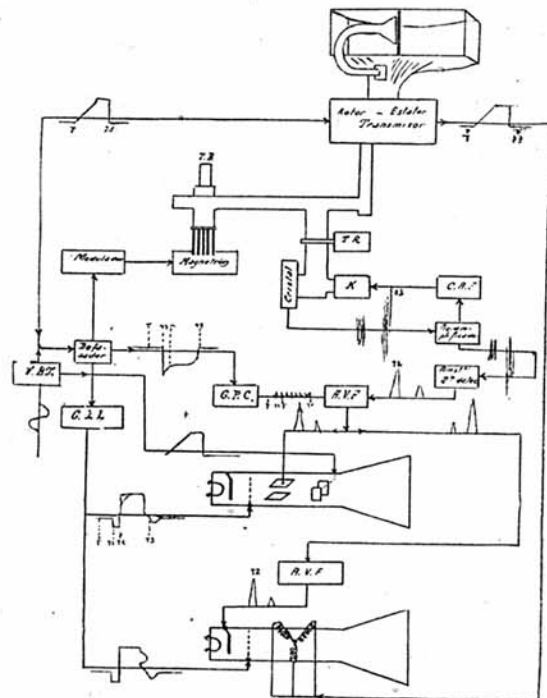


Fig. 5.

Esquema general y diagramático de un equipo de Radar completo.

La energía de F. U. E. de radiación del magnetrón ioniza el gas y hace que se produzca una descarga entre los electrodos de las válvulas, dando lugar a que se produzca un cortocircuito, que en el tubo guía principal da lugar a que aparezca una impedancia infinita por estar a un cuarto de longitud de onda; de esta forma la energía de F. U. E. seguirá hasta la antena sin entrar en el receptor.

Al recibirse la señal de un eco, su energía no es suficiente para ionizar el gas de las válvulas; pero la T. B. tiene soldada por detrás una lámina de metal que presenta un corte y que da lugar a que en el tubo guía, y por estar a tres cuartos de longitud de onda, aparezca una impedancia infinita que impide la entrada de la señal del eco en la cavidad del magnetrón.

8.2. Al obtener la vista panorámica respecto a la proa del avión o barco, se presenta el inconveniente de que al cambiar de rumbo, toda la imagen se desplaza y aparece durante un breve tiempo, *muy corto*, algo borrosa.

Para evitar esto se monta el tubo P. P. I. sobre un repetidor de la aguja giroscópica, que lo mantiene inmóvil respecto al norte verdadero, y

respecto a éste se forma la vista y se hallan las demoras de los ecos que nos interesan.

9. Con lo ya visto podemos pasar a ver el conjunto completo de un equipo "radar", que diagramáticamente se representa en la figura 5.

Los circuitos que se vean en puntos sucesivos están simplificados y acomodados para una mejor explicación.

El equipo principal está constituido por las siguientes unidades, que en puntos sucesivos se irán viendo.

10. El *monitor* (fig. 6) es la unidad encargada de producir el voltaje base de tiempo, los impulsos luminosos, picos de calibración, y gobierna las emisiones del magnetrón.

En dicha unidad van montados, además, el tubo monitor y un amplificador de video frecuencia.

10.1. V. B. T.

El suministro de un alternador de frecuencia 500 c. p. s. pasa a través de una válvula cuadradora y una multivibradora, en cuya rejilla aparece una tensión de la forma 6 a, que se apli-

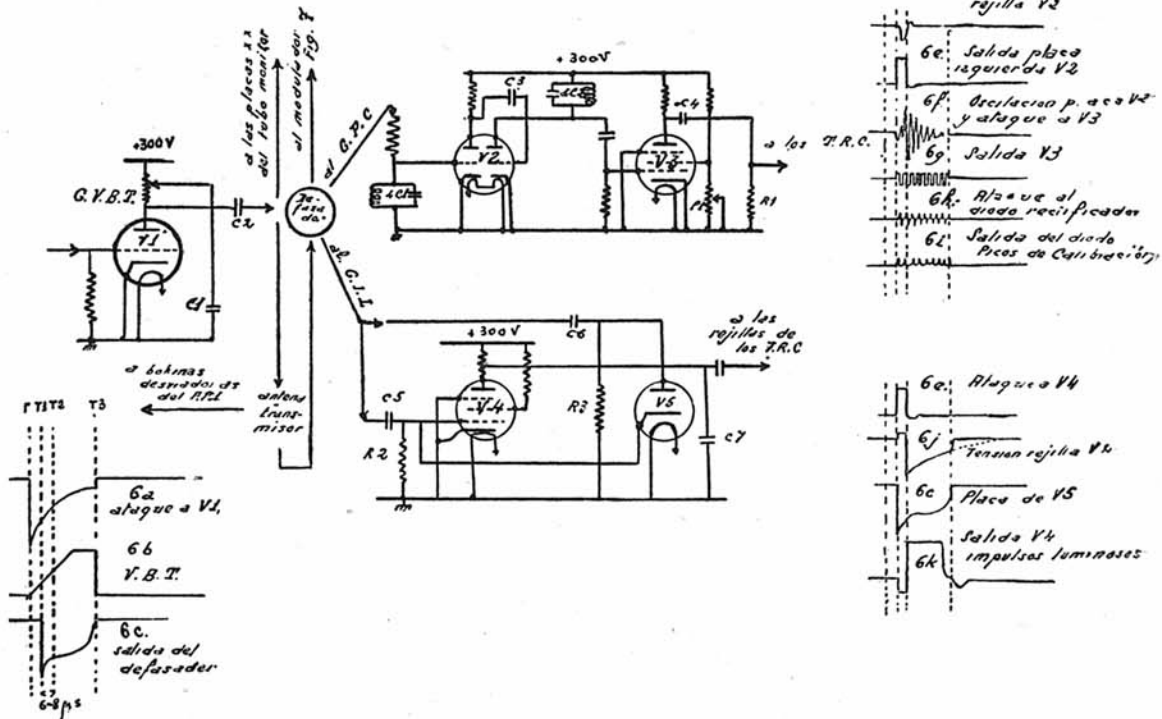


Fig. 6.

Esquema simplificado y diagrama de las operaciones que tienen lugar en la unidad "MONITOR".

ca a la rejilla de V₁, que es la generadora del voltaje base de tiempo.

La rejilla, al tomar una tensión negativa, hace que la válvula deje de conducir, y el voltaje de placa empieza a aumentar según se va cargando el condensador C₁, hasta que la rejilla, cuya tensión va aumentando, toma su tensión normal y hace a la válvula conductora en T₃, momento en el cual C₁ se descarga y el voltaje de placa cae, como se ve en 6 b.

El V. B. T., a través de C₂, se aplica a un paso de amplificación, y de éste salen dos derivaciones:

- a las placas de desviación horizontal del tubo monitor.
- y a la bobina rotor del transmisor de la antena, que de la forma ya vista produce el radio luminoso y giratorio en la pantalla del tubo P. P. I.

El retorno de la bobina del rotor se aplica a un circuito "defasador", formado por una válvula, que da una tensión de salida de la forma de 6 c, que es análoga a la 6 a, aunque se encuentra retrasada respecto a ésta unos 6 microsegundos (T-T₁).

La misión de este circuito es hacer que se produzca la generación de impulsos luminosos y picos de calibración en el mismo momento que la emisión del magnetrón.

Este voltaje 6 c es aplicado, por tanto, al

- modulador que dispara el magnetrón.
- generador de picos de calibración.
- generador de impulsos luminosos.

10.2. G. P. C.

El voltaje 6 c, aplicado al circuito oscilante LC₁, cuyo período de oscilación es de 6 a 8 microsegundos, hace que entre en oscilación y produzca una tensión de ataque de la rejilla de V₂ de la forma de 6 d, que hace aparezca en la placa una tensión rectangular 6 e, que a través del condensador C₃ se aplica a la rejilla de la sección de la derecha.

La válvula, al principio, conduce; pero al caer la tensión de ataque deja de conducir, y este choque hace que entre en oscilación el circuito LC₂, intercalado en el de placa de la válvula.

La constante de tiempo de este circuito está de acuerdo con la unidad que tomamos de calibración; así, para 1.000 metros es de

$$t = \frac{2 \times 1.000}{3 \cdot 10^6} = 6,6 \text{ microsegundos.}$$

El voltaje oscilante de este circuito de la forma 6 f es aplicado a la rejilla control de un péntodo, que normalmente está apagado. Al recibir cada impulso positivo la rejilla, se hace conductora la válvula y da una tensión de placa rectangular de la forma 6 g, de amplitud variable por medio del potenciómetro P₁, que actúa sobre la tensión de la rejilla pantalla.

Estos impulsos, a través de R₁ y C₄, cuya constante de tiempo es 0,1 microsegundo, hacen que el voltaje aplicado aparezca instantáneamente a través de R₁ y sea rápidamente transferido a C₄, dando lugar a que aparezcan una serie de impulsos positivos y negativos (6 h), coincidiendo con el principio y fin de cada semiciclo, que a su vez son aplicados a un diodo, que sólo deja pasar los semiciclos positivos, dando lugar a que aparezcan una serie de impulsos, picos de calibración, de la forma que se ve en 6 i, que, una vez amplificados, se aplican a las placas de desviación vertical del T. R. C. monitor y al cátodo del tubo P. P. I., como ya se vió anteriormente.

10.3. G. I. L.

El voltaje 6 c es aplicado a una válvula análoga a V₂, vista en el G. P. C., la cual, por no llevar circuito oscilante alguno intercalado en el de placa de su sección de la derecha, deja salir una tensión rectangular igual a 6 e, que se aplica a la rejilla control de V₄, que al hacerse positiva es recorrida por una corriente, que carga el condensador C₅, hasta que al final del impulso se descarga de una forma rápida, haciendo que la rejilla tome rápidamente una tensión negativa y luego, lentamente, vuelva a tomar su valor primitivo, como se ve en 6 j siguiendo la línea de puntos.

Sin embargo, es necesario que la rejilla llegue a tomar su valor normal en el instante T₃ (retroceso del haz en los T. R. C.), para evitar que sea marcado sobre las pantallas de los T. R. C. el retroceso del punto luminoso. Para evitar esto lleva el diodo V₅, cuya placa recibe tensión del circuito defasador, y que está en serie con R₂, teniendo su cátodo conectado a la rejilla control de V₄.

La tensión desde el circuito defasador aparece al principio a través de R₃, haciendo que la placa del diodo sea negativa respecto a tierra, y como el cátodo, por estar conectado a la rejilla de V₄, es positivo, el diodo no conduce. Conforme se va cargando C₆, la tensión de placa de V₅ va subiendo, según 6 c, hasta T₂, en que, por

ser la rejilla de V4 negativa, lo es el cátodo de V5, cuya placa ya tiene un cierto potencial positivo y deja pasar una corriente que, aplicada a la rejilla control de V4, hace que su tensión aumente más rápidamente, según la curva de trazo lleno 6 j.

Cuando la rejilla control de V4 se hace positiva, la corriente de placa se hace cero, y C7 se carga desde los + 300 V., con lo cual el voltaje de placa aumenta, según 6 k, hasta T3, en que vuelve a su valor normal.

Este voltaje 6 k forma el impulso luminoso, que se aplica a las rejillas de los T. R. C. de la forma ya vista.

10.4. Con lo visto hasta ahora hemos hecho que los T. R. C. hayan recibido:

- su voltaje base de tiempo.
- sus impulsos luminosos.
- sus picos de calibración.

En resumen: que los tenemos dispuestos para recibir la señal de cualquier eco y poder deducir inmediatamente su demora y distancia.

II. Unidad moduladora y sistema de F. U. E.

Está constituido por:

- un circuito modulador,

que es el encargado de modular la tensión que viene del circuito defasador y producir la descarga de

- una línea, llamada artificial,

cuyo voltaje de descarga, del orden 10 a 14 Kv. y una duración de 0,75 microsegundos, se aplica al cátodo de

- un magnetrón,

que es una válvula que produce una serie de impulsos de F. U. E. (9375 Mc.) de una duración de 0,75 microsegundos y una frecuencia de repetición de 500 veces por segundo, dando una potencia de salida (máxima) de 40 Kw. Estos impulsos de F. U. E. son conducidos por el interior de

- un tubo guía de ondas,

en el cual van montadas las dos válvulas que forman el llamado

— sistema doble, el cual, cumpliendo con su cometido, como se vió en el punto 8.1, hace que llegue a la antena el máximo de energía de F. U. E., la cual es reflejada al exterior, hasta que, al encontrar un obstáculo, se refleja y vuel-

ve a la antena, desde donde, conducida por el tubo guía y sistema doble, llega a la sección mezcladora, formada por

- un cristal "mixer",

en donde la señal del eco se heterodina con otra procedente de

- un oscilador local,

que es un klystron o válvula moduladora de velocidad.

Como resultado de esta mezcla sale una frecuencia de 31 Mc., llamada frecuencia intermedia (F. I.), que ha sufrido una primera detección, y que desde el cristal se aplica a varios pasos de preamplificación, que lleva la unidad de Control Automático de Frecuencia.

II.1. La tensión del circuito defasador se aplica a una válvula análoga a la V2, y en cuya placa obtenemos una tensión de la forma de 7 a, que se aplica a la rejilla de V6 (fig. 7), y que

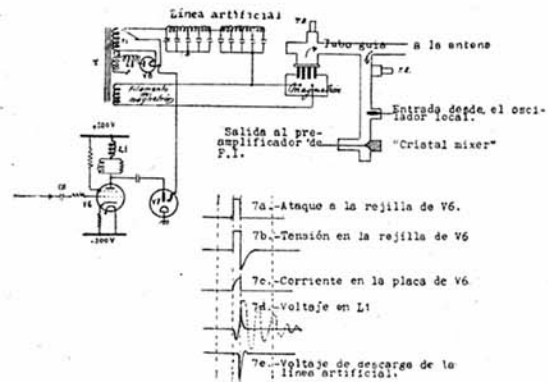


Fig. 7.

Esquema de la unidad moduladora y de F. U. E.

al tomar esa tensión positiva da lugar a que fluya una corriente, que carga el condensador C8, que al final del impulso se descarga y da lugar a que la tensión de rejilla caiga bruscamente, como se ve en 7 b, y luego, gradualmente, vuelve a tomar su tensión normal.

Al hacerse la rejilla positiva, la corriente de placa no aumenta rápidamente, sino que lo hace gradualmente, debido a la impedancia L1, hasta que, al hacerse negativa la rejilla, cae bruscamente, como se ve en 7 c, dando lugar a que entre en oscilación el circuito L1, cuya constante de tiempo es de unos dos microsegundos, y que da un pico de tensión de unos 10 Kv., como la de 7 d, que es aplicada al electrodo dispa-

dor de V7, que es una válvula trigatión CV125, que al descargarse amortigua la oscilación de L1, que, de no suceder esto, seguiría según la línea de puntos.

11.2. El secundario T2 del transformador T produce, a través de la impedancia L2 y el diodo V8, una tensión que carga la llamada línea artificial, la cual se comporta como un gran condensador, toda vez que su impedancia se puede despreciar al compararla con la de L2.

Al dispararse el trigatión V7, el cátodo del diodo V8 se hace más positivo que su placa y deja de conducir. Entonces la línea artificial se descarga, produciendo un pico de tensión de 10 a 14 Kv. y de una duración de 0,75 microsegundos, que, aplicada al cátodo del magnetrón, produce la emisión de F. U. E.

11.3. El resto de la unidad y su comportamiento ya se vió en el punto 11, y las conexiones y montaje del klystron carecen de interés, por lo que desde aquí pasamos a la siguiente unidad.

12. Unidad control automático de frecuencia (C. A. F.).

La necesidad de mantener constante la F. I. en su valor de 31 Mc. dió lugar al uso de esta unidad.

Este control puede efectuarse de tres formas:
Actuando sobre el klystron

- por variación de la cavidad de resonancia, por medio de un botón que lleva la misma válvula.

Actuando sobre el valor del voltaje del reflector del oscilador local

- automáticamente, por medio del C. A. F.;
- manualmente, usando la misma unidad.

En el caso de control *automático* el circuito está constituido por

- el preamplificador de F. I.,

al cual llega la F. I. desde el cristal y sufre una primera amplificación, pasando de aquí a

- un circuito discriminador,

el cual, según sea el valor de la F. I., da una tensión de salida, que pasa a

- un paso de amplificación,

cuya salida actúa sobre el voltaje del reflector del oscilador local y hace variar su frecuencia propia para que la "mezcla", al salir del cristal, sea de 31 Mc.

En el caso del control de la frecuencia a *mano*, se efectúa por medio de

- una válvula multivibradora, que ataca

- al paso de amplificación,

ya visto antes, que actúa sobre el voltaje del reflector, que se puede ajustar por medio de un potenciómetro, leyéndose el voltaje en un voltímetro montado a dicho efecto.

12.1. El circuito del C. A. F. se representa en la figura 8, en el que las partes en

rojo corresponden al uso del control en "automático";

negro corresponden al uso del control en "manual";

verde corresponden a partes del circuito comunes a las dos.

Los impulsos de F. I. desde el preamplificador, y por medio de la bobina L, sintonizada a la mitad del ancho de banda del preamplificador y acoplada inductivamente con las bobinas L1 y L2, se pasan a la válvula discriminadora V9.

L1 y L2 están sintonizadas para 30 Mc. y 32 Mc. y conectadas, a través de un filtro, con las rejillas de V9, cuyas placas toman tensión de +100 V., a través del potenciómetro P1, y resistencias de carga.

Si la señal recibida es de 31 Mc., los voltajes inducidos en L1 y L2 y las tensiones rectificadas de ataque a las rejillas de V9 serán iguales, y siéndolo también los voltajes de placa, no habrá salida alguna a la amplificadora V11; en

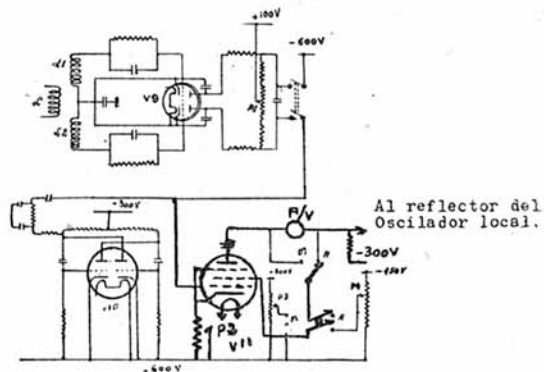


Fig. 8.

Esquema de la unidad C. A. F.

caso de no ser así, con P1 se pueden ajustar las tensiones de placa de V9 para que esto suceda.

Al ser la señal recibida de una frecuencia superior o inferior a 31 Mc., inducirá en una de las bobinas—la sintonizada a la frecuencia más próxima a la de entrada—un voltaje mayor que en la otra, que se traducirá en una d. d. p. entre los dos voltajes de placa, que se aplica a la rejilla de VII, desde donde, una vez amplificada, se aplica al reflector del oscilador local, produciendo en éste la variación de frecuencia necesaria para hacer que lleguen los 31 Mc. al preamplificador.

Con P2 y P4 se varían las tensiones de cátodo y pantalla de VII, con lo que se ajusta el valor de su ganancia.

Con el A/V. se mide la corriente de placa.

12.2. El control a mano se efectúa por medio del potenciómetro P3, que actúa sobre el voltaje del reflector.

La válvula V10, que está acoplada como un multivibrador, produce impulsos de una frecuencia de 1 a 2 c. p. s., que, una vez filtrados por un sistema de resistencias y capacidades, da una salida de tensión casi sinusoidal, que ataca a la rejilla control de VII, después de haber sido reducido su valor para que dé una salida en ésta de 15V.

El A/V. nos marcará el voltaje del reflector.

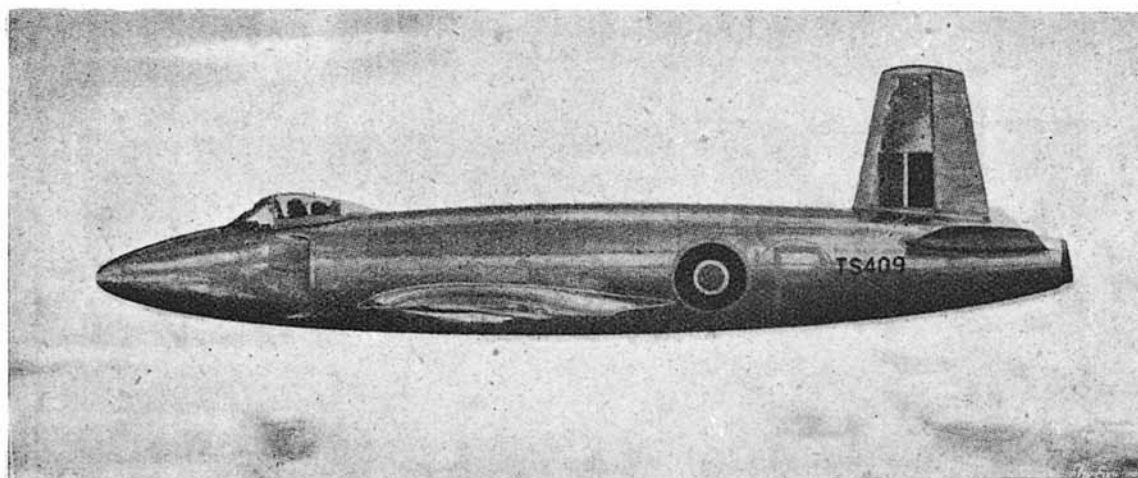
13. Hasta ahora hemos logrado:

- tener los T. R. C. en disposición de recibir cualquier señal;
- haber lanzado al espacio en todas las direcciones los impulsos de emisión;
- recibir las señales de los ecos;
- heterodinar dichas señales y mantener constante la F. I.

Ahora dichas señales pasan a un amplificador principal de F. I., a un *segundo detector*, y a los amplificadores de video-frecuencia, desde donde pasan a los tubos de rayos catódicos monitor y P. P. I., para dejar impresos los ecos recibidos.

El detector presenta la particularidad de estar ajustado, para no detectar impulsos de una duración superior a 0,75 microsegundos, que es la duración de los ecos recibidos; de esta forma se evita la detección de señales extrañas, que pudieran dar lugar a confusiones.

El amplificador presenta la característica de que la rejilla del primer paso está polarizada *negativamente*, y a ella se aplican los impulsos del V. B. T.; de esta forma no conduce y el receptor no está activado más que durante la duración de dichos impulsos, que es el tiempo máximo que puede tardar en llegar una señal; así evitamos posibles perturbaciones por emisiones enemigas durante el resto del tiempo o que puedan entrar ecos falsos.



Vickers "Supermarine" 10/440, denominado "Attack", caza de retropropulsión, utilizado también para reconocimiento fotográfico.