

La espoleta electrónica

Por CARLOS FRANCO GONZALEZ-LLANOS

Comandante de Artillería.

Diplomado de la Escuela Politécnica.

INTRODUCCION

Uno de los descubrimientos más importantes que tuvieron lugar durante la última guerra ha sido la espoleta electrónica o radioespoleta. Esta espoleta es conocida con el nombre de espoleta de proximidad ("proximity fuse"), o también V. T. F. ("variable time fuse"), y fué empleada con bastante profusión por los aliados, en especial en lo que concierne al tiro contra aviones y para combatir las bombas volantes. Los americanos llegaron a emplearla también en las operaciones terrestres para batir tropas ocultas, lo cual tuvo lugar por primera vez en los campos de Europa durante la ofensiva alemana de las Ardenas.

La espoleta de proximidad está fundada en la técnica del radar y toma como base el efecto Doppler, que más adelante detallaremos; el proyectil hace explosión de una manera automática cuando se encuentra a una distancia determinada del blanco; distancia que tiene que estar comprendida dentro del radio de acción eficaz del proyectil para que los efectos de la explosión del mismo sean apreciables. No cabe duda que de esta manera se ha logrado eliminar la determinación de un dato de tiro, la graduación de espoleta, y que en el caso del tiro contra blancos aéreos evita la operación engorrosa de su graduación y los errores inherentes a su determinación, si bien el cálculo de la duración de la trayectoria correspondiente al avión futuro hay que seguir realizándolo en la Dirección de Tiro para poder resolver el problema de las predicciones.

La eficacia del tiro antiaéreo aumentó

considerablemente gracias a este nuevo dispositivo, lo cual nos lo pone de manifiesto la actuación de las baterías antiaéreas de la defensa de Londres contra las bombas volantes; baterías que estaban dotadas de esta clase de espoletas y con sus equipos de radar para la dirección del tiro, lograron abatir un tanto por ciento grande de las bombas lanzadas por los alemanes.

Fundamento.

La espoleta electrónica es en esencia un equipo de radar de onda continua no modulada, el cual, como su nombre indica, emite de una forma continuada un tren de ondas electromagnéticas, cuya frecuencia es del orden de 300 Mc/seg. (longitud de onda de un metro), las cuales, al chocar con el blanco son reflejadas en parte por él, y una pequeña cantidad de la energía reirradiada por el mismo es captada de nuevo por la radioespoleta.

La frecuencia de emisión del pequeño transmisor de radar es constante, y la que corresponde a las ondas captadas por la espoleta una vez reflejadas por el blanco es distinta de la anterior y variable en virtud del efecto Doppler, como luego veremos; esta diferencia de frecuencias depende de la velocidad relativa del proyectil y blanco.

El mismo paso que desempeña la función de emisor (oscilador) actúa a la vez como mezclador, y en él tienen lugar la heterodinación o mezcla de frecuencias, las correspondientes a las ondas emitidas y a las reflejadas; la onda de tensión, cuya frecuencia es la diferencia de las dos anteriores, se envía a un paso amplificador; finalmen-

te actúa sobre un interruptor electrónico que hace funcionar el cebo de la espoleta y produce la explosión del proyectil.

Vemos, por tanto, que la radioespoleta está fundada:

1.º En la reflexión de las ondas electromagnéticas en aquellos objetos o blancos que presenten una cierta discontinuidad en las constantes eléctricas del medio en que se propagan las ondas.

2.º En el efecto Doppler, el cual se manifiesta por un cambio de la frecuencia de emisión, debido al movimiento relativo entre proyectil y blanco.

3.º En el fenómeno de heterodinación o batido de frecuencias.

Por lo que respecta a su constitución, esta clase de espoleta está compuesta por un paso emisor, que genera las oscilaciones de alta frecuencia, y un receptor, constituido por un paso mezclador, que es el mismo que hace de oscilador; un paso amplificador de audiofrecuencia y un paso final, constituido por un interruptor electrónico tipo thyatrón, que hace funcionar el cebo de la espoleta.

Reflexión de las ondas electromagnéticas.

En todo circuito eléctrico por el que circula una corriente eléctrica alterna posee la propiedad de irradiar una cierta cantidad de energía eléctrica en forma de ondas electromagnéticas. Estas ondas se propagan en el espacio con una velocidad igual a la de la luz (300.000 kms. por seg.), y están formadas por campos electrostáticos y electromagnéticos, que forman entre sí un ángulo de 90 grados.

Las características de estas ondas vienen determinadas por la frecuencia de las mismas, intensidad, dirección de propagación y plano de polarización.

Las características de propagación dependen del valor de la frecuencia; así, a frecuencias medias (comprendidas entre 100 y 1.500 Kc.), la atenuación que sufren es pequeña durante la noche y grande por el día; las comprendidas entre los 1.500 y 6.000 kilociclos la atenuación sigue siendo pequeña durante la noche y no muy grande por

el día. Cuando la longitud es inferior a un metro (microondas) presentan unas características de propagación muy semejantes a las ondas luminosas; se propagan en línea recta y sufren una reflexión cuando encuentran en su camino objetos que presentan una discontinuidad en las propiedades eléctricas del medio en que se propagan. Estas propiedades eléctricas son: la conductibilidad eléctrica, constante dieléctrica y permeabilidad magnética; cuando alguna de estas características sufre alguna variación da lugar a que se induzcan corrientes en la superficie del obstáculo, que originan una nueva radiación de energía electromagnética desde el mismo.

Los blancos del radar se pueden clasificar en conductores y dieléctricos, según que la corriente inducida en el mismo sea una corriente de conducción o bien una corriente de desplazamiento. El blanco del radar actúa como un elemento reflejante de la energía electromagnética, el cual la dispersa en todas direcciones, y únicamente una parte muy pequeña de la total que choca con el blanco es recibida de nuevo por el aparato receptor.

Efecto Doppler.

Si tenemos un emisor de ondas electromagnéticas, la frecuencia de las ondas recibidas por un receptor situado a una cierta distancia del primero es la misma con que se emiten, siempre que el transmisor y receptor se encuentren en reposo.

Cuando uno de estos elementos, o ambos a la vez, están en movimiento, la frecuencia de las ondas recibidas diferirá del valor que tienen en la antena emisora en una magnitud tal que depende de la velocidad relativa con que se mueven entre sí.

Este fenómeno es debido al efecto Doppler, y de él tenemos una muestra en el silbido de una locomotora que se acerca o se aleja a un observador; éste recibe un sonido agudo cuando la locomotora se acerca y percibirá claramente un cambio de tono, es decir, un tono más bajo, cuando el móvil se aleja.

Consideremos ahora una onda cuya longitud es λ ; este espacio será recorrido por

la misma en un período T ; por tanto, se podrá establecer la tan conocida fórmula:

$$\lambda = c \cdot T; \quad [1]$$

en donde c es la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas. Si suponemos que la fuente radiante de energía está en movimiento con una cierta velocidad v , en el intervalo de tiempo T (período de la radiofrecuencia) habrá recorrido un espacio igual a $v \cdot T$, y la longitud de onda vendrá modificada en esta magnitud; es decir, que la onda recibida por el observador ya no tendrá una longitud λ , sino que será $\lambda \pm v \cdot T$; el doble signo tiene en cuenta el sentido en que se mueve el emisor: si se aleja del receptor, se considerará el signo más, y si el movimiento es en la dirección de propagación de las ondas se pondrá el signo menos.

En resumen, la longitud de onda modificada es:

$$\lambda' = \lambda \pm v \cdot T;$$

y si ponemos en lugar de λ su valor dado por la ecuación [1], resulta que

$$\lambda' = c \cdot T \pm v \cdot T = T(c \pm v);$$

o bien, en función de la frecuencia,

$$\lambda' = \frac{c \pm v}{f}. \quad [2]$$

Por la ecuación [1] se tiene:

$$T = \frac{\lambda}{c};$$

y como hemos dicho que

$$T = \frac{1}{f},$$

tendremos:

$$f = \frac{c}{\lambda};$$

la frecuencia correspondiente a la onda de llegada es:

$$f' = \frac{c}{\lambda'} = \frac{cf}{c \pm v}.$$

El incremento o variación de la frecuencia es igual a

$$f' - f = \frac{cf}{c \pm v} - f = f \frac{\pm v}{c \pm v}.$$

Consideremos el caso de que la fuente de energía electromagnética se aleje del receptor; la frecuencia f' de recepción es igual a

$$f' = \frac{c}{c+v} f < f;$$

la frecuencia ha disminuído, el tono se ha hecho más grave (caso de audiofrecuencias).

Cuando el emisor se acerca al receptor, la frecuencia toma entonces el valor

$$f' = \frac{c}{c-v} f > f;$$

aumenta de valor y el tono será más agudo.

La velocidad relativa que existe entre el receptor y emisor es prácticamente despreciable en comparación con la de las ondas electromagnéticas; la variación de frecuencia toma el valor

$$\Delta f = \pm \frac{v}{c} f,$$

sustituyendo en lugar de la frecuencia su valor $\frac{T}{1}$ y recordando que $c \cdot T = \lambda$, resulta en definitiva para f el valor

$$\Delta f = \pm \frac{v}{\lambda};$$

lo que nos dice que la variación de frecuencia debida al movimiento relativo del emisor y receptor tiene por valor el cociente de la velocidad relativa de ambos por la longitud de la onda emitida.

En el caso de un proyectil dotado de espoleta electrónica lanzado contra un blanco, la onda irradiada por la espoleta con una frecuencia f es recibida por el blanco, donde ya se debe apreciar un cambio en la misma de magnitud igual a $\frac{v}{\lambda}$; esta onda es reflejada hacia el receptor de la radioespoleta, y la onda captada por él ha sufrido de nuevo otra variación de valor igual a la anterior; la variación total sufrida en la frecuencia de la onda emitida es igual a la suma de ambas variaciones, o sea: $\frac{2v}{\lambda}$.

Hasta aquí hemos considerado que el foco-emisor (proyectil) se mueve en dirección del blanco y que éste está fijo; es decir, el

ángulo que forma la dirección de marcha (supuesto que sea una línea recta) con la línea que une en cada instante el emisor con el blanco es cero (véase fig. 1).



Fig. 1.

En el caso que estas dos direcciones formen entre sí un cierto ángulo, como sucede cuando un proyectil es lanzado contra un avión, en lugar de considerar la velocidad v de la fórmula general, habrá que tomar la componente de esta velocidad con relación a la recta que une al proyectil con el blanco en cada instante.

En la figura 2 representamos por P el proyectil en un instante cualquiera y por B la posición del blanco en dicho momento; el incremento o variación de frecuencia será:

$$\Delta f = \frac{2v \cos \phi}{\lambda} ; \quad [3]$$

en donde ϕ es el ángulo formado por la dirección de marcha del proyectil y la línea que lo une con el blanco.

En la fórmula anterior, v viene expresada en metros por segundo; la longitud de onda λ , en metros, y Δf , en ciclos por segundo.

El valor de ϕ es generalmente pequeño, y considerando que está muy próximo a los cero grados, se tiene entonces $\cos \phi = 1$; la velocidad v podemos considerarla del orden de los 500 metros por segundo; resulta para Δf un valor igual a 1.000 c/s. cuando la longitud de onda emitida es del orden de un metro.

Heterodinación o batido de frecuencias.

En este principio están fundados los receptores superheterodinos, los cuales utilizan una válvula convertora o mezcladora, sobre la que actúan la oscilación procedente de la señal y otra oscilación generada por la misma válvula.

En la radioespoleta el primer paso es el que desempeña la función de oscilador y mezclador, con la diferencia de que en este

caso las dos oscilaciones se aplican a la rejilla de mando de la válvula triodo en lugar de hacerlo sobre electrodos distintos, como sucede en los receptores superheterodinos.

Si en la rejilla de mando se aplica una tensión alterna procedente de la señal captada por la antena del receptor, la corriente que se tiene en el circuito de placa es de la forma

$$I_p = S \cdot E_o \cos \omega_o t ; \quad [4]$$

en donde S representa la conductancia mutua o pendiente de la válvula. Este valor de la pendiente no es constante, porque generalmente se trabaja en el trozo recto de la característica; S se puede representar como una función de la tensión de rejilla, es decir:

$$S = f(U_g).$$

Si a la rejilla de control se le aplica también la oscilación procedente de un oscilador local contenido en el mismo receptor, se verifica que la pendiente S variará en función de los nuevos valores que adquiere la tensión de rejilla; es decir que

$$S = f(U_g + E_s \text{ sen } \omega_s t).$$

$E_s \text{ sen } \omega_s t$ es la oscilación generada por el emisor de la espoleta.

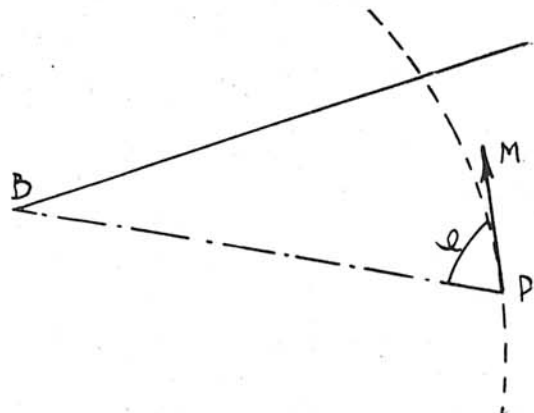


Fig. 2.

El valor de S es una función periódica; por consiguiente, podrá descomponerse, en virtud del teorema de Fourier, en una suma de funciones senoidales puras de la forma

$$S = S_o + S_1 \cos \omega_s t + S_2 \cos 2 \omega_s t + \dots$$

Sustituyendo esta expresión en la fórmula [4], resulta:

$$I_p = S E_o \cos \omega_o t = (S_o + S_1 \cos \omega_s t + S_2 \cos 2 \omega_s t + \dots) E_o \cos \omega_o t,$$

desarrollando y haciendo algunas transformaciones trigonométricas, se tiene:

$$I_p = S_o \cdot E_o \cos \omega_o t + S_1 E_o \cos \omega_s t \cos \omega_o t + S_2 E_o \cos 2 \omega_s t \cdot \cos \omega_o t + \dots = S_o E_o \cos \omega_o t + \frac{S_1 E_o}{2} [\cos (\omega_o + \omega_s) t + \cos (\omega_s - \omega_o) t] + \frac{S_2 E_o}{2} [\cos (2 \omega_s + \omega_o) t + \cos (2 \omega_s - \omega_o) t] + \dots$$

El término $\frac{S_1 E_o}{2} \cos (\omega_s - \omega_o) t$ es la única componente de frecuencia $\omega_s - \omega_o$ o frecuencia audible; los demás términos del desarrollo cuyas frecuencias sean distintas de la anterior, pueden ser eliminados del paso siguiente mediante la colocación de capacidades y autoinducciones que cortocircuiten dichas componentes e impidan su aplicación al paso amplificador.

Circuitos.

El esquema teórico de los circuitos de la radioespoleta se representa en la figura 3, y para su estudio consideramos separadamente el transmisor y el receptor.

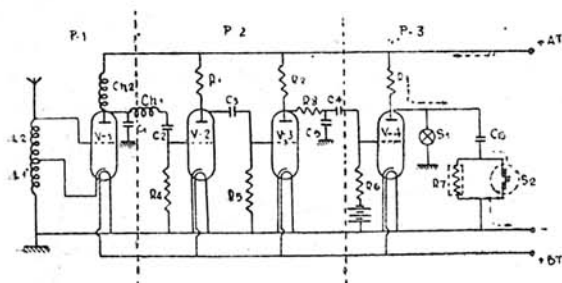


Fig. 3.

El transmisor está formado por un solo paso P-1, funcionando como oscilador; en él se generan las oscilaciones de alta frecuencia ($f \sim 300$ Mc/s.) que son radiadas al espacio por el elemento del proyectil que hace de antena.

El receptor se compone de tres pasos distintos: a) Paso mezclador, en donde tiene lugar la mezcla o conversión de frecuen-

cias de las ondas generadas por el transmisor y las procedentes de la reflexión en el blanco; este paso es el mismo que hace de oscilador.

b) Un paso P-2, amplificador de tensión, acoplado a resistencia y capacidad, cuyo objeto es amplificar las tensiones de baja frecuencia obtenidas como resultado de la conversión o batido de frecuencias.

c) El último paso P-3, que podríamos llamar paso disparador, está constituido por un triodo gaseoso o thyatron, que, como veremos más adelante, funciona como interruptor electrónico y hace funcionar el cebo de la espoleta.

Transmisor.

El transmisor está constituido por una válvula triodo funcionando como osciladora.

Un oscilador eléctrico es en esencia un dispositivo capaz de transformar en energía alterna la energía suministrada por una fuente de corriente continua. Las partes principales de un oscilador son: un sistema formado por una serie de elementos capaces de almacenar y suministrar una cierta energía de uno a otro, a intervalos de tiempo dados, fijados por las características de los elementos componentes. En el caso de circuitos oscilantes eléctricos, estos elementos son capacidades y autoinducciones, y en función de sus valores respectivos se determina la frecuencia de la oscilación; aparte de este sistema, es necesario que exista una fuente de energía o una cierta fuerza que sirva para reponer las pérdidas naturales del circuito, pues, sin este requisito, las oscilaciones se irían amortiguando más o menos rápidamente; por último, es preciso que esta liberación o suministro de energía se efectúe en el momento preciso para que sirva de ayuda a la oscilación, este dispositivo es, generalmente, un amplificador.

Ejemplo clásico de un oscilador lo tenemos en un reloj, en éste el volante y la espiral son los elementos principales del sistema, y, a la vez, fijan el ritmo de la oscilación; la fuente de energía que alimenta la oscilación es la cuerda del reloj, y, por último, el dispositivo disparador, que hace que esta fuerza se aplique en el momento oportuno para el mantenimiento de la oscilación, es el escape.

De todos los osciladores eléctricos el más importante es la válvula electrónica, y en virtud de la propiedad que tiene de amplificar las tensiones que se aplican a la rejilla de mando, es donde se deriva su aptitud especial para generar oscilaciones; de esta manera, en el circuito de placa se tendrá una tensión mucho mayor que la inicial introducida en la rejilla, y si por un procedimiento cualquiera hacemos que esta energía de placa realimente al circuito de rejilla, se conseguirá que la válvula oscile, siempre y cuando que esta tensión de realimentación tenga una cierta magnitud y una fase correcta.

Existen infinidad de circuitos capaces de cumplir las condiciones anteriores, es decir, de generar oscilaciones, pero solamente hablaremos, y para eso de forma muy ligera, del circuito Hartley, por ser el que se utiliza en el transmisor de la radioespeleta.

El circuito Hartley está representado en la figura 4. La corriente del circuito de placa circula por L_1 , e induce en el arrollamiento L_2 una f. e. m. de autoinducción que se opondrá a la variación anterior; suponiendo que ambos arrollamientos son en el mismo sentido, la tensión desarrollada en L_2 , que se aplica entre cátodo y rejilla, está, aproximadamente, 180° fuera de fase con relación a la tensión de placa, condición necesaria para que las oscilaciones sean mantenidas. La corriente continua pasa fácilmente a través de la bobina de choque Ch_1 y no puede pasar a través del condensador C; con respecto a la corriente alterna, suceden las cosas en orden inverso, condensador y choque sirven para separar la componente continua de la alterna, de la corriente generada.

En altas frecuencias, como en el caso que consideramos, varía el detalle de constitución, aunque no su fundamento, que sigue siendo el mismo. En este caso juegan un papel importante las capacidades interelectrónicas y que será preciso tenerlas en cuenta, no solamente debido al gran valor de la frecuencia de oscilación, sino también por ser ellas las únicas que entran en acción.

Receptor.

El receptor está compuesto por un paso mezclador, dos pasos amplificadores de ten-

sión y un paso final, que lo designaremos con el nombre de disparador.

El paso mezclador está constituido por el mismo oscilador; la oscilación generada en él se mezcla con la procedente de la onda reflejada en el blanco, y en virtud del fenómeno de la heterodinación, la componente de frecuencia $f_0 - f_s$ es la única que pasa al siguiente paso, debido a que la reactancia de la bobina de choque es muy elevada para valores grandes de frecuencia; las componentes de alta frecuencia quedan localizadas en el primer paso mezclador.

El paso amplificador de tensión está constituido por dos válvulas, montadas como amplificadoras de tensión acopladas a resistencia y capacidad. Este acoplamiento goza de la propiedad de producir una amplificación uniforme dentro de un margen amplio de audiodfrecuencias.

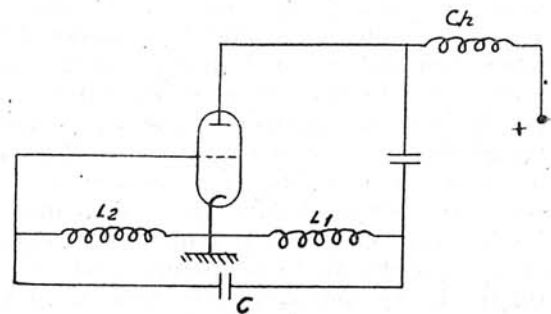


Fig. 4.

La tensión amplificada se aplica a la rejilla del último paso a través del condensador C-4. Este paso está constituido por un thyratron, cuyo fundamento exponemos a continuación.

Consideremos una válvula en cuyo interior existe un gas (fig. 5); si aplicamos a la placa una cierta tensión positiva, se establecerá una corriente de electrones de cátodo a placa, formada por los electrones que se desprenden del cátodo en virtud de la emisión termoiónica y de los electrones libres que existen en el gas en pequeña cantidad; esta corriente inicial es de un valor muy pequeño. Si se aumenta paulatinamente la tensión de placa, la corriente de electrones aumentará también, y la energía con que éstos se mueven será mayor, los cuales, al chocar con los átomos neutros, darán lugar a un desprendimiento grande de calor. Cuando la tensión aplicada a la placa toma un

cierto valor crítico, marcado en la figura 6 con la letra A, los electrones están dotados de energía suficiente para que al chocar con los átomos arranquen de ellos electrones libres, dando lugar a la formación de partículas con carga positiva. En este momen-

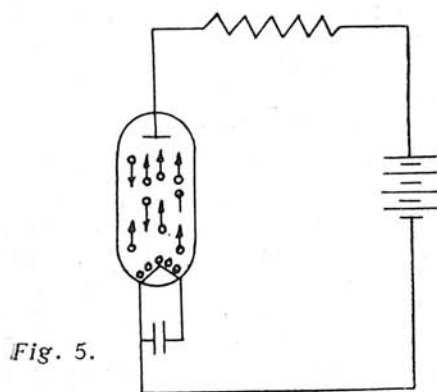


Fig. 5.

to se ha producido la ionización del gas, y a partir de entonces existe en el interior del mismo un sistema de transporte de la corriente que lo hace buen conductor de la electricidad. La corriente aumenta de una forma brusca, y la tensión necesaria para mantener la intensidad de la misma es un poco menor que el valor de la tensión de ionización; este punto se indica en la figura con la letra B. Si la intensidad de descarga sigue aumentando, llegará un momento en que los electrodos sufrirán un calentamiento elevado, y, como consecuencia, el cátodo será capaz de producir una emisión más abundante, lo que da origen al cebado del arco; la tensión necesaria para mantenerlo es más pequeña que la necesaria para mantener la corriente en el trozo CB.

La curva característica de la descarga a través de un gas se puede considerar dividida en tres partes: 1.ª Zona de descarga inicial y oscura, indicada en la figura por el trozo OA. 2.ª Zona de descarga luminiscente, comprendida entre el punto B y C, y en ella la corriente aumenta, permaneciendo constante la tensión. 3.ª Zona de descarga de arco, contada a partir del punto D, y tiene unas características análogas a la anterior, pero con la diferencia de que se requiere una tensión menor para mantener la corriente a través del tubo.

Hasta ahora hemos considerado una válvula de dos electrodos; no obstante, el thyatron contiene además otro electrodo, llama-

mado rejilla, cuya función es la siguiente: si la rejilla tiene un cierto potencial negativo con relación al cátodo, crea un campo electrostático, que impide la marcha de los electrones hacia la placa, y no cabe duda que si queremos que esta corriente se restablezca es preciso aumentar el valor del potencial aplicado a la placa; para cada tensión de rejilla existe una tensión de placa capaz de producir la ruptura del gas a través de la válvula.

Conocido en líneas generales el funcionamiento de la válvula thyatron, pasemos ahora a describir el funcionamiento del último paso de la espoleta. Acoplado al paso amplificador, por intermedio del condensador C-4, va el último paso, constituido por el thyatron V-4; cuando el proyectil es lanzado se pone en funcionamiento la fuente de alimentación de los circuitos de placa y filamentos, y en tanto no entre señal en la rejilla de mando del thyatron, la tensión negativa a que está sometida tiene un valor suficiente para impedir el paso de corriente a través de la válvula. La espoleta lleva dos seguros; uno de ellos, representado por S-2, deja de actuar cuando el proyectil

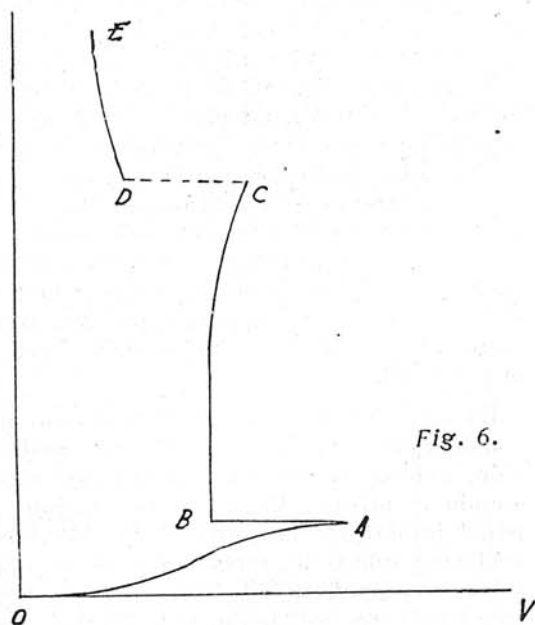


Fig. 6.

ha recorrido un cierto espacio de su trayectoria, lo cual da tiempo suficiente a que el condensador C-6 del circuito de placa se cargue por medio de la fuente de alimentación anódica; el circuito seguido por la corriente de carga está indicado en la figura por me-

dio de flechas de puntos. La cápsula R-7 queda en cortocircuito por intermedio del citado seguro S-2. Este seguro está formado por una gota de mercurio retenida por un diafragma de papel entre dos cilindros de metal, de forma que establezcan entre ellos un perfecto contacto eléctrico. Cuando el proyectil se dispara, el diafragma de papel se rompe y la gota de mercurio se separa de los dos cilindros, los cuales, al quedar aislados el uno del otro, hacen que la cápsula de la espoleta quede insertada en el circuito y en condiciones de entrar en funcionamiento. El otro seguro, S-1, es un seguro de fuerza centrífuga, cuya misión es

tensión, en un momento determinado, toma un valor mayor que la tensión crítica, en cuyo momento la válvula se hace perfectamente conductora, y el condensador C-6 se podrá descargar a través de ella y de la resistencia que le presenta la cápsula detonadora. El valor de la intensidad de corriente que se establece es, aproximadamente, de 90 miliamperios, valor suficiente para provocar el funcionamiento del detonador.

Constitución interna.

La radioespoleta pesa unos 280 gramos, a los cuales hay que añadirles 160 gramos de la batería de alimentación; las válvulas son del tipo miniatura, cuyo diámetro es de 9,6 mm. y de una longitud de 50 mm. En la figura 7 está representada un tipo de radioespoleta, cuyos elementos más importantes son: 1, antena; 2, ojiva; 3, envuelta de goma de las válvulas; 4, patilla de contacto; 5, envuelta metálica; 6, elementos de pila anódica; 7, recipiente que contiene el electrólito; 8, pila catódica; 9, seguro S-2; 10, cebo. (La figura 7, así como los datos anteriores, están tomados de la obra *Applicazioni della Radio e della Tecnica Elettronica*, de Montú.)

La fuente de alimentación está formada por una pila anódica tipo Volta (85 voltios) y una pila catódica de 1,5 voltios. La primera está formada por una serie de 60 discos de aluminio, en las caras de los cuales está depositada, en forma de fina capa, los dos metales que han de desempeñar la función de electrodos; la segunda pila la forman solamente dos elementos de gran superficie. Para excitar dichas pilas, el electrólito va contenido en una pequeña botella, 7 (figura 7), la cual se rompe en el momento del disparo, y el electrólito se esparce en forma conveniente a través de los diferentes discos que componen las pilas, los cuales están separados por una serie de anillos aislantes, en los que hay practicados unos orificios destinados a facilitar la circulación del electrólito.

En las espoletas destinadas a las bombas de Aviación y para aquellos proyectiles no dotados de movimiento de rotación, la fuente de alimentación está constituida por una turbina de aire que acciona un pequeño generador eléctrico que suministra las tensiones necesarias para el funcionamiento de los circuitos.

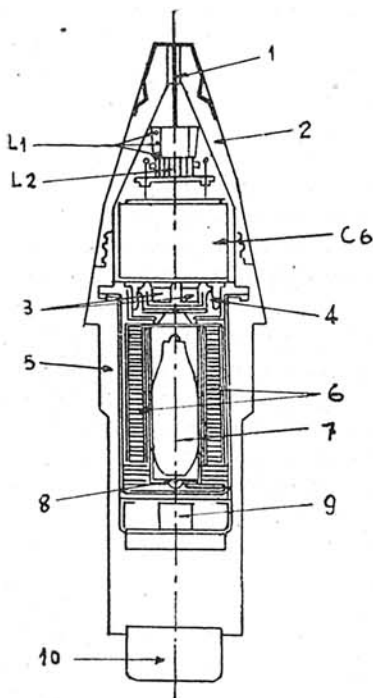


Fig. 7.

conectar a masa el ánodo del thyatron; consiste en dos láminas que están en contacto cuando el proyectil está en reposo, pero que en el momento del disparo, en virtud de la fuerza centrífuga, se separan, desapareciendo el contacto a masa del ánodo. Este seguro entra en funcionamiento en el momento del disparo.

Cuando en el receptor de la espoleta se verifica la mezcla de las ondas emitidas y recibidas y la tensión de batido es amplificada en las válvulas V-2 y V-3, se tiene entonces que en la rejilla del thyatron se aplica una tensión de audiofrecuencia superpuesta a la polarización fija negativa. La