

# PROXIMITY (VT) FUZE MK.45



## Introduzione

La **spoletta di prossimità** è stata sviluppata attraverso la cooperazione britannica e americana durante le prime fasi della Seconda Guerra Mondiale. Venne utilizzata per la prima volta nella Battaglia delle Ardenne nel 1944. La segretezza e l'importanza del progetto erano seconde solo al Progetto MANHATTAN. Era costituita da un dispositivo elettronico radar miniaturizzato per l'innesco dell'esplosivo dei proiettili di artiglieria da 155 mm. La detonazione veniva attivata dal segnale riflesso del bersaglio, ricevuto da una distanza di 20-75 piedi (6-21 metri). Questa VT "Variable Time" (così veniva chiamata) venne prodotta in notevolissime quantità dalla Crosley Corporation, dalla Radio Corporation of America ed altri costruttori, mentre le speciali valvole sub-miniatura utilizzate nel circuito (dovevano sopportare il G del cannone) ed erano di fabbricazione esclusiva della SYLVANIA. Frequenza di lavoro 180-220 MHz.



La spoletta originale completa



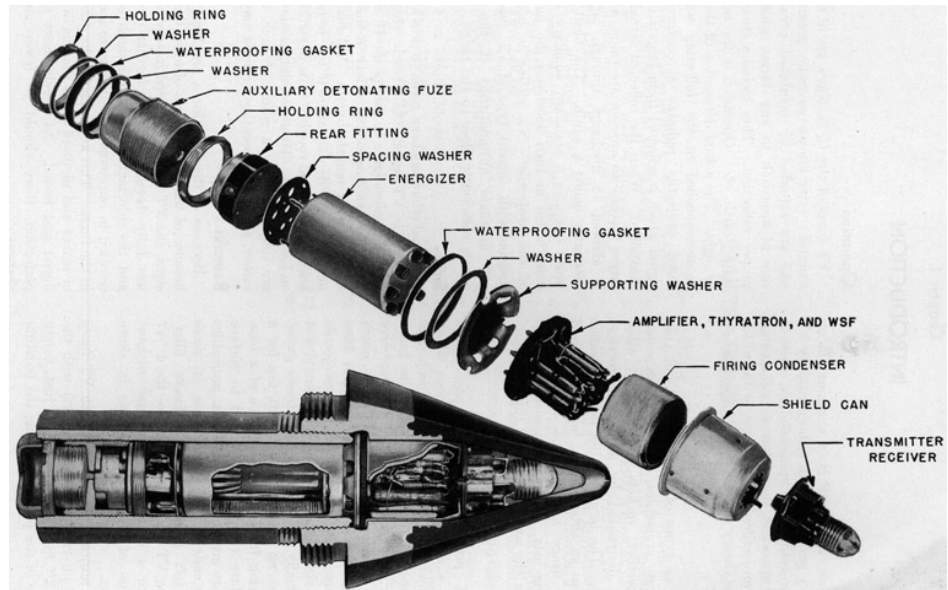
Le marcature originali

La spoletta VT è composta dalle seguenti parti:

1. **spoletta** o contenitore,
2. gruppo trasmettitore-ricevitore o gruppo oscillatore,
3. amplificatore, thyatron e dispositivo di soppressione d'onda (WSF),
4. riserva di energia (batteria),
5. attacco posteriore,
6. corpo ausiliario **spoletta** detonante.

Dal momento che lo spazio è limitato, le parti sono disposte al fine di sfruttare al massimo gli spazi.

Il risultato finale vede la collocazione del dispositivo di accensione posizionato posteriormente all'amplificatore, thyratron e gruppo WSF.



Sezione ed esplosione di una tipica VT Fuze

### Trasmettitore-ricevitore

Il rice-trasmettitore è costituito da un unico tubo rivelatore oscillante e un'antenna. L'antenna è costituita da un tappo metallico conico modellato nel nasello di plastica. Il tubo della radio triodo si trova in una presa di gomma per la protezione da urti e viene montato all'interno di una forma plastica attorno alla quale la bobina trasmettitore-ricevitore viene avvolta. Quando viene attivata la batteria, il trasmettitore irradia onde radio continue nello spazio circostante la spoletta. Il rice-trasmettitore è in grado di ricevere le onde radio che vengono riflesse da un bersaglio. Come la [spoletta](#) si avvicina al bersaglio, l'intensità dell'onda riflessa aumenta producendo ciò che è noto come un segnale di destinazione .

### Trasmettitore

Un diagramma schematico di un circuito trasmettitore-ricevitore è mostrato in Fig. 1. Si tratta di un circuito oscillatore Hartley modificato con "griglia a massa". Le [spolette di prossimità](#) della Marina (VT Fuzes) potevano utilizzare anche una modifica del circuito oscillatore Colpitts.

Il circuito accordato comprende la bobina, la capacità distribuita (in gran parte tra l'antenna e il corpo del proiettile) e le capacità inter-elettrododiche del tubo stesso. Questa "capacità distribuita" è rappresentata nel diagramma da un condensatore collegato in parallelo alla bobina da linee tratteggiate. La placca è collegata al corpo del proiettile per mezzo del condensatore di bypass.

Come tutti gli oscillatori a radiofrequenza, l'oscillazione avviene per mezzo della tensione elettrica parassita nel circuito immesso sulla griglia del tubo. L'oscillazione è amplificata dalla valvola e parte di essa re-immessa dalla placca alla griglia in fase e in frequenza attraverso il circuito risonante. L'energia in eccesso a quella necessaria per sostenere l'oscillazione viene emessa dall'antenna come segnale radio.

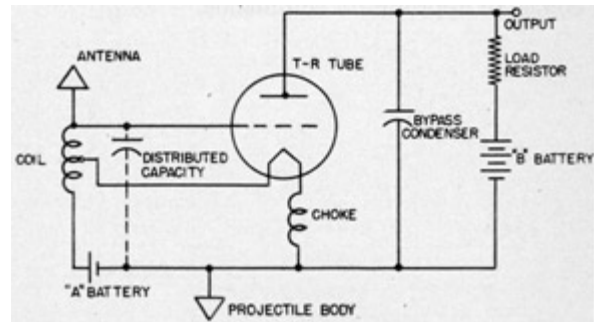


Fig. 1 - Schematic diagram of T-R circuit

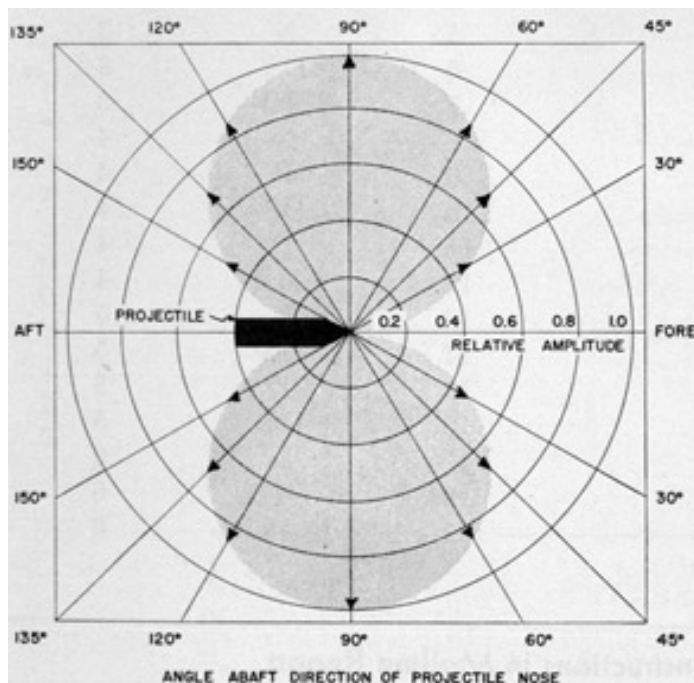


Fig. 2 - Standard dipole radiation pattern

Il diagramma di irradiazione è quello di un dipolo standard con la sua più grande forza perpendicolare all'asse del corpo del proiettile. Questo viene modificato dalle caratteristiche dell'amplificatore per produrre un pattern di sensibilità efficace che più si avvicini al modello di frammentazione. Il pattern dipolo standard viene mostrato in Fig. 2 e il pattern di sensibilità effettiva è confrontato con il pattern di frammentazione di un proiettile in Fig. 3. L'ampiezza dell'onda irradiata varia anche con la distanza dal proiettile, come mostrato nella Fig. 4.

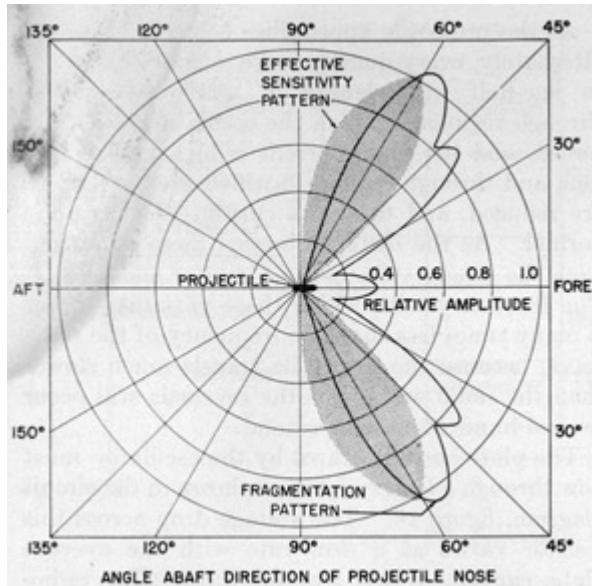


Fig. 3 - Effective sensitivity pattern of a VT fuze compared with fragmentation pattern of a five-inch projectile

Se si verifica ciò, il segnale torna all'oscillatore con un numero esatto di cicli ritardati. Come mostrato in Fig. 5 (a destra), il segnale riflesso sarà, quindi, della stessa polarità del segnale trasmesso.

Le due tensioni vanno a rafforzare la griglia dell'oscillatore.

Ciò comporta una maggiore ampiezza di oscillazione al contrario di ciò che si avrebbe se l'oscillatore fosse lontano da qualsiasi bersaglio riflettente. Questo provoca un incremento della corrente di placca media, come mostrato dalla Fig. 6.

Se l'oscillatore viene spostato in una posizione in cui la distanza totale dell'onda radio che deve viaggiare è un numero dispari di mezze lunghezze d'onda, come mostrato in Fig. 5 (a sinistra), le condizioni sono invertite.

## Ricevitore

In presenza di un bersaglio riflettente, una porzione dell'onda irradiata viene restituita all'oscillatore. Quindi al variare dell'ampiezza dell'onda irradiata, varia la distanza totale che l'onda deve percorrere per raggiungere il bersaglio e tornare all'oscillatore in un numero esatto di lunghezze d'onda.

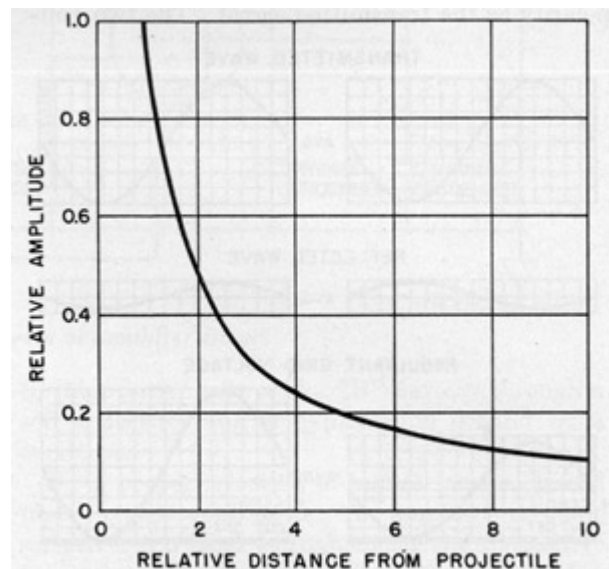


Fig. 4 - Variation of transmitted wave amplitude with distance from projectile



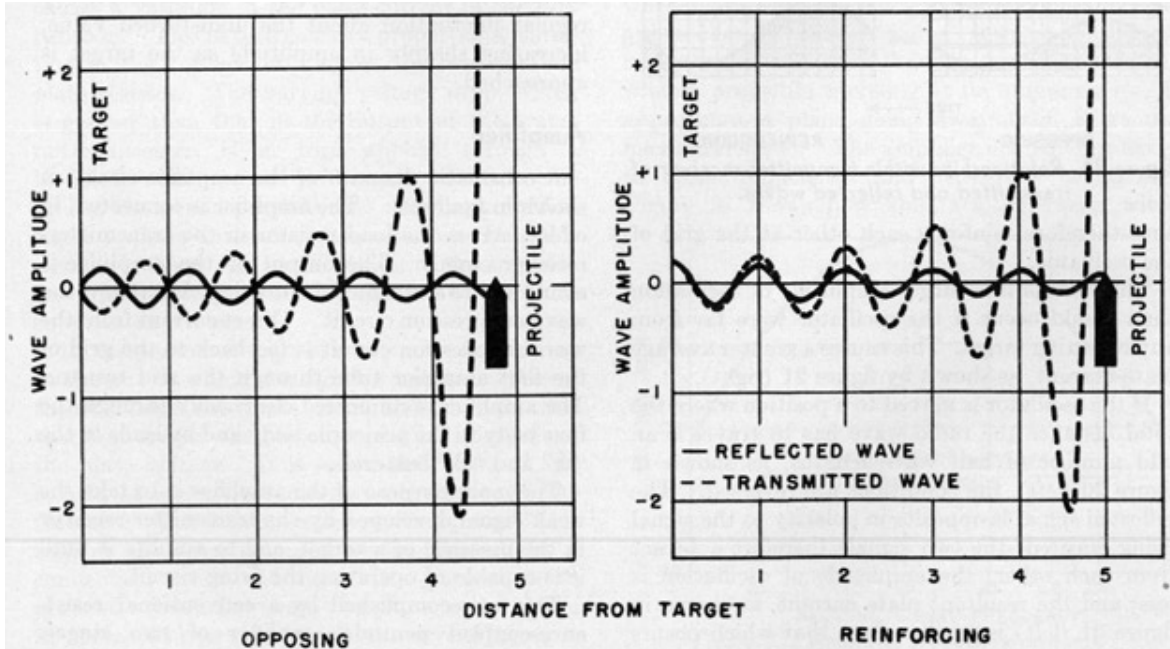


Fig. 5 - Wave relationships between transmitted and reflected waves

Il segnale riflesso sarà di polarità opposta al segnale emesso e, quindi, i due segnali si sottraggono l'uno con l'altro. L'ampiezza dell'oscillazione è minore e la corrente di placca, come mostrato in Fig. 6 (a sinistra), risulta essere minore di quella necessaria quando l'oscillatore è lontano da un bersaglio. Quando il proiettile si avvicina a un bersaglio, esso passa alternativamente, ogni lunghezza di quarto d'onda (pari a metà lunghezza d'onda del percorso totale), attraverso le zone in cui le oscillazioni sono rinforzate e la corrente di placca è più alta del normale e attraverso le zone in cui le oscillazioni sono ridotte e la corrente di placca è inferiore al normale. Con il diminuire della distanza, queste variazioni dallo stato stazionario diventano sempre maggiori.

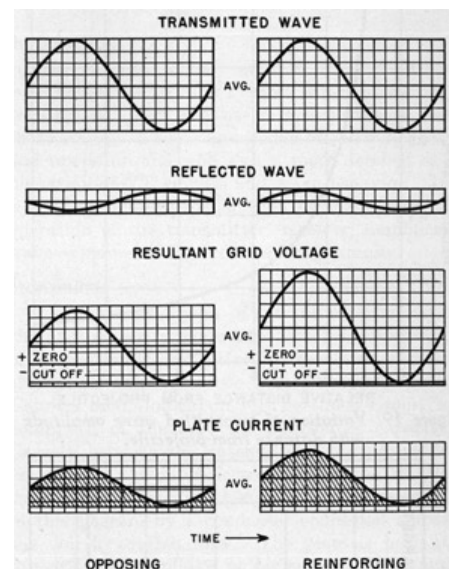


Fig. 6 - Relationship within T-R of transmitted and reflected waves

La frequenza con cui si verificano queste variazioni è molte volte inferiore alla frequenza dell'onda radio perché il proiettile viaggia a una velocità molto inferiore del segnale radio ma le inversioni si verificano ancora diverse centinaia di volte al secondo.

La corrente di placca dell'oscillatore deve scorrere attraverso una resistenza di carico, come illustrato nello schema elettrico in Fig. 1. La caduta di tensione attraverso questa resistenza varia lentamente con la corrente di placca media assorbita dal tubo. La corrente a radiofrequenza non passa attraverso la resistenza, ma torna per mezzo del condensatore di bypass.

Questa è una figura ideale; in effetti la forza di un'onda riflessa da un bersaglio, ad esempio un aereo, varia in modo complicato in quanto la direzione del bersaglio cambia. Nonostante la complessità di questo segnale, esso è caratterizzato da una regolare fluttuazione rispetto al valore indisturbato aumentando bruscamente in ampiezza il bersaglio in avvicinamento.

#### Amplificatore, thyatron e (WSF) Wave-Suppression Feature Group

Le parti del gruppo amplificatore, thyatron e WSF, con i tubi e le prese di gomma, sono montati su una modanatura plastica. I cavi elettrici del trasmettitore-ricevitore sono collegati ai pin di contatto nella base plastica.

#### Amplificatore

L'amplificatore è costituito da due tubi pentodi sub-miniatura con le loro resistenze e relativi condensatori. La sua funzione è quella di aumentare l'ampiezza del segnale bersaglio presente all'uscita del rivelatore oscillatore finché non è in grado di funzionare il circuito di accensione. Senza amplificazione, il segnale di destinazione, anche in prossimità del bersaglio, avrebbe una magnitudo troppo bassa per un servizio efficiente. Un diagramma schematico del circuito amplificatore è mostrato in Fig. 7. L'amplificatore in effetti è collegato, attraverso la resistenza di carico al circuito trasmettitore-ricevitore. L'uscita dell'amplificatore è collegata all'ingresso del circuito di accensione e al circuito di soppressione d'onda. La corrente continua dal circuito di soppressione d'onda viene re-immessa nel primo tubo amplificatore attraverso la resistenza di griglia. L'amplificatore è collegato elettricamente attraverso il corpo spoletta al corpo proiettile e alle batterie "A" e "B".

Lo scopo principale dell'amplificatore è di prendere il segnale debole sviluppato dal trasmettitore-ricevitore in presenza di un bersaglio e di amplificarlo finché possa far funzionare il circuito di accensione. Questo viene realizzato con un amplificatore pentodo resistenza ad accoppiamento convenzionale a due stadi.

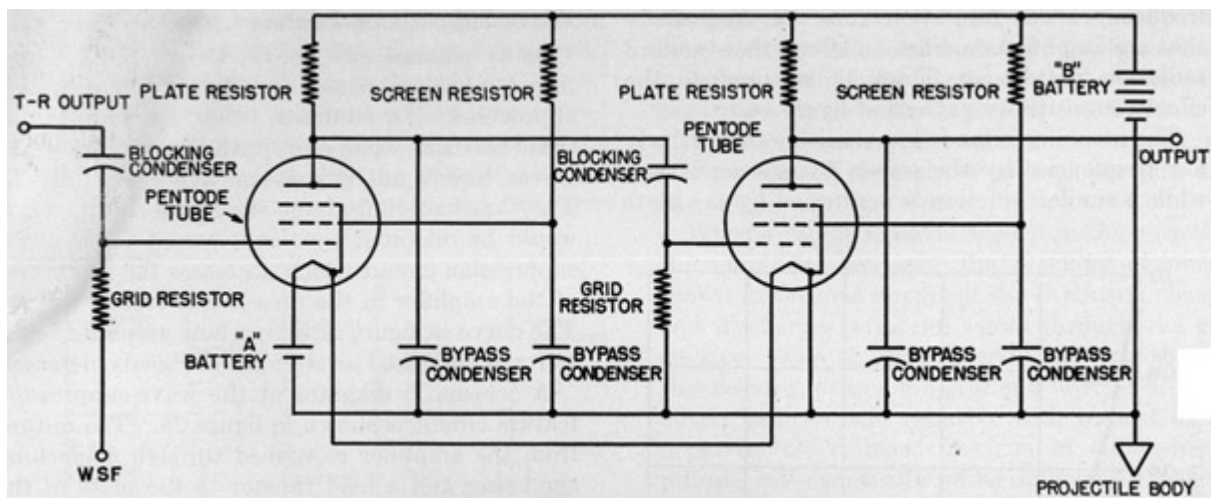


Fig. 7 - Schematic diagram of amplifier circuit

Il condensatore di blocco in ingresso mantiene positiva la tensione di placca nel circuito del primo pentodo ma cariche e scariche variano la tensione ai capi della resistenza di carico dell'oscillatore. Questa carica di corrente fluisce attraverso la resistenza di griglia del primo pentodo e, quindi, invia un segnale alternato in griglia. Il potenziale variabile sulla griglia controllo del primo pentodo provoca una variazione di corrente nella placca dello stesso tubo. Questo, a sua volta, provoca una variazione proporzionale della caduta di tensione attraverso la prima resistenza di placca. La caduta di tensione variabile, che è maggiore di quella all'uscita del trasmettitore-ricevitore è a sua volta applicata, attraverso un condensatore di blocco, alla resistenza di griglia e alla griglia del secondo pentodo e un segnale amplificato simile appare tra la sua placca-resistenza. Il segnale che esce dall'amplificatore gestisce il circuito di accensione ed il circuito di soppressione onda. Nei pentodi ci sono due griglie in aggiunta a quella a cui è applicato il segnale. Una di queste schermo la placca dal filamento e rende la corrente di placca indipendente dalla sua tensione.

Si chiama “schermo” e viene conservato ad una tensione positiva rispetto al filamento. L'altra griglia è chiamata “soppressore” e si trova allo stesso potenziale del filamento E' collegata all'interno del tubo. Il suo scopo è quello di impedire il passaggio di corrente dalla placca alla griglia schermo in quei casi in cui la griglia schermo è più positiva rispetto alla placca. La griglia schermo è collegata al lato positivo della batteria “B” attraverso una resistenza e viene bypassata a terra da un condensatore. Con una corretta scelta di valori per i condensatori di bypass per la griglia schermo e la placca, l'amplificatore viene reso sensibile a determinate frequenze e insensibile ad altre. La frequenza di un segnale bersaglio si trova tra due estremi: la frequenza generata quando un proiettile viaggia alla velocità massima e si avvicina un aereo proveniente verso di essa a velocità massima e quella generata quando un proiettile viaggia alla sua velocità minima e si avvicina ad un aereo per poi andare via da esso alla velocità massima. La Fig. 8 mostra come l'amplificazione varia con la frequenza.

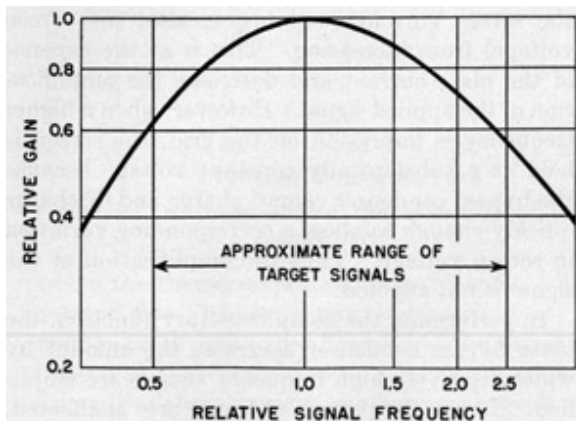


Fig. 8 - Amplifier frequency-response characteristics

L'amplificatore è reso meno sensibile alle frequenze relativamente basse dal condensatore di bypass della griglia schermo mentre una funzione simile viene eseguita dal condensatore di bypass della placca. Quando una frequenza relativamente bassa viene immessa sulla griglia del pentodo, la tensione di griglia aumenta ed il condensatore di bypass non impedisce alla corrente di griglia schermo di aumentare.

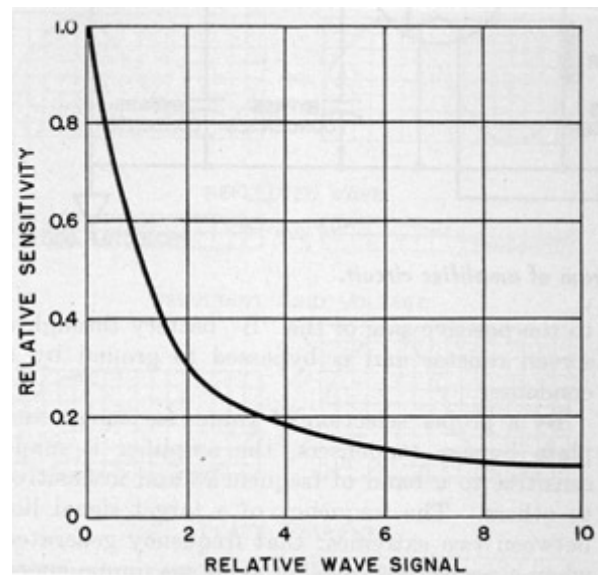


Fig. 9 - Wave-suppression-feature sensitivity curve



Ciò va a scapito della corrente di placca che diminuisce l'amplificazione del segnale applicato. Tuttavia, quando una frequenza più alta è immessa sulla griglia, lo schermo viene mantenuto ad una tensione sostanzialmente costante perché il condensatore di bypass non può caricare e scaricare abbastanza rapidamente da consentire una corrispondente variazione di tensione di griglia schermo. In questo modo l'amplificazione del segnale rimane inalterata. Il condensatore di bypass di placca ha una funzione complementare; diminuisce la quantità di segnali amplificati di frequenza relativamente alta. Le variazioni di frequenze più basse sono ininfluenti ed il segnale amplificato può produrre una tensione d'uscita equivalente.

### Wave-Suppression Feature

Il circuito di soppressione d'onda è composto da un tubo diodo e varie resistenze e condensatori di filtro o di blocco. La sensibilità dell'amplificatore si riduce in presenza di segnali continui. In questo modo la **spoletta** viene resa insensibile ai segnali relativamente costanti, riflessi dalle onde quando il proiettile viene sparato su una traiettoria troppo bassa. Questo serve ad impedire che la **spoletta** venga attivata dai segnali riflessi dalle onde.

Per evitare questo problema viene utilizzato un circuito di soppressione d'onda che diminuisce la sensibilità dell'amplificatore in presenza di segnali continui. La curva in Fig. 9 mostra come la sensibilità dell'amplificatore diminuisca con l'aumentare dell'intensità di segnali continui. Un diagramma schematico del circuito di soppressione d'onda caratteristica è mostrato in Fig. 10. L'uscita dell'amplificatore è applicata attraverso un condensatore di blocco e una resistenza di carico alla placca del tubo diodo nel circuito "Wave-Suppression Feature" dell'amplificatore.

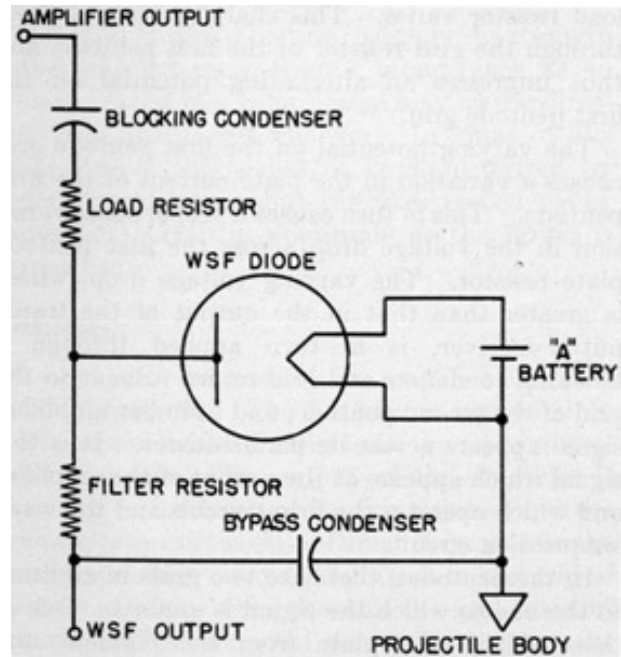


Fig. 10 - Schematic diagram of Wave-Suppression Feature (WSF) circuit

Quando il segnale è positivo, il diodo assorbe corrente ed il conseguente calo della resistenza impedisce alla placca del diodo di diventare molto positiva. Se invece il segnale è negativo, nessuna corrente circola nel diodo e la placca rimane negativa come il segnale in uscita dall'amplificatore. La tensione media DC raddrizzata sulla placca è quindi negativa di una quantità proporzionale alla uscita dell'amplificatore. Questa tensione media in DC viene filtrata per mezzo di un filtro resistenza e condensatore bypass ed applicata alla griglia del primo pentodo amplificatore. Questo tubo è progettato in modo che la sua amplificazione diminuisca all'aumentare della tensione negativa sulla griglia. La resistenza di filtro e il condensatore di bypass non possono seguire il rapido aumento di ampiezza del segnale quando il bersaglio viene raggiunto, così che il segnale finale si ottiene attraverso l'amplificatore il quale gestisce il circuito di carica.

### Firing Condenser

Il condensatore di Firing è un condensatore anulare inserito nel circuito di accensione. Esso fornisce un mezzo per immagazzinare una carica elettrica, ricevuta dalla batteria, che può essere rapidamente scaricata, se richiesto, per l'accensione del petardo.

### Firing Circuit

In Fig. 11 è riportato un diagramma schematico del circuito di accensione. Quando il colpo è sparato, i flussi di corrente dalla batteria "B", attraversano la resistenza di carica nel condensatore di tiro. Questo condensatore, come detto, fornisce un mezzo per immagazzinare energia elettrica che può essere speso rapidamente, se richiesto, per sparare il petardo.

La percentuale di energia che si accumula nel condensatore è limitata dalla resistenza di carica. Prima che sia trascorso il tempo di attivazione elettrica, l'energia contenuta nel condensatore risulta insufficiente per attivare lo squib ma, dopo l'inserimento, vi è un eccesso di energia per assicurare un funzionamento affidabile. Ciò è mostrato dalla curva in Fig. 12.

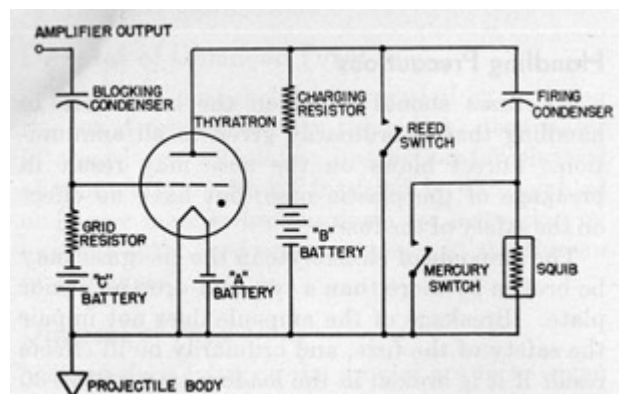


Fig. 11 - Schematic diagram of firing circuit, with safety switches circuit

Il thyatron è un interruttore elettronico che scarica il condensatore attraverso lo squib quando il proiettile è vicino ad un bersaglio. Si tratta di una valvola radio (TRIODO) contenente una piccola quantità di gas ARGON. La griglia di questo tubo è normalmente mantenuta ad una tensione negativa rispetto al filamento di AC o batteria griglia mostrato nello schema circuitale di Fig. 11. Questa tensione negativa impedisce qualsiasi passaggio di corrente nel tubo .

Quando un segnale bersaglio è presente in uscita dall'amplificatore, tuttavia , il condensatore di blocco mostrato nel circuito di griglia carica e scarica il thyatron con il segnale attraverso il resistore di griglia. La corrente di carica, che fluisce attraverso questa resistenza, determina la fine della griglia che sia alternativamente positiva e negativa rispetto alla tensione negativa della batteria "C".

Un segnale di ampiezza sufficiente finirà per essere abbastanza positivo per superare il comando fornito dal voltaggio negativo della batteria "C" e la corrente può fluire nel thyatron .

Non appena la corrente inizia a circolare, il gas argon nel thyatron ionizza , e una elevata quantità di corrente, per mezzo degli ioni argon , inizia a circolare tra la placca e il filamento del thyatron.

Questo flusso di corrente, che ora è indipendente dalla tensione sulla griglia, è così elevato che la placca del thyatron è effettivamente in corto con il filamento ed il condensatore carica-scarica rapidamente attraverso il thyatron e lo squib fa esplodere il detonatore.

### Thyatron

Il thyatron è un tubo radio triodo con una piccola quantità di gas argon nel bulbo. Esso agisce come un interruttore elettronico per scaricare il condensatore di Firing attraverso lo squib quando il proiettile è vicino ad un bersaglio.

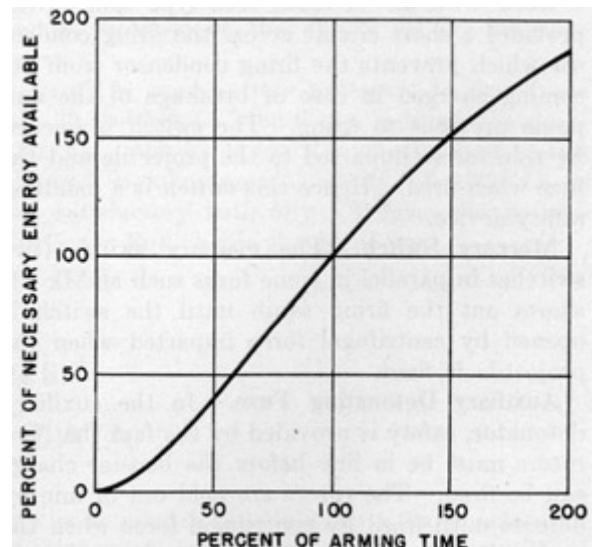


Fig. 12 - Caratteristiche medie di carica condensatore

Quando il proiettile si avvicina al bersaglio, il segnale ricevuto dal thyatron dall'amplificatore diventa di entità sufficiente per abbassare il bias della griglia thyatron e permettere al condensatore di scaricarsi attraverso il petardo. Lo squib esplode per l'ondata di corrente.

#### Reserve Energizer (Batteria)

Tale componente si trova all'interno del cilindro del corpo [spoletta](#). Per mezzo delle sue clip di contatto viene accoppiata al trasmettitore-ricevitore. Questa è la fonte di energia elettrica per il funzionamento della [spoletta](#). Si compone di tre batterie a umido di tipo compatto, la batteria "A", la "B", e la "C". L'elettrolita delle batterie è contenuto in una fiala di vetro montato in una tazza di plastica morbida nella cavità centrale della batteria. L'ampolla poggia sull'interruttore che si inserisce nella parte inferiore della tazza di plastica. Le piastre sono costituite da rondelle di zinco piane, rivestite su un lato con il carbonio e assemblate in una pila che circonda la fiala. Esse sono separate l'una dall'altra mediante rondelle isolanti. Il tutto è contenuto in una lattina metallica rivestita con plastica. I fori nelle rondelle di zinco permettono la distribuzione dell'elettrolita quando la fiala è rotta. Quando l'elettrolita viene distribuito, ogni cella sviluppa una piccola tensione. Le batterie "A", "B" e "C" sono composte da un numero corretto di celle collegate in serie o in parallelo per produrre la tensione e la corrente per ogni alimentazione.

**SWL I-8000-PU, Antonio Fucci**

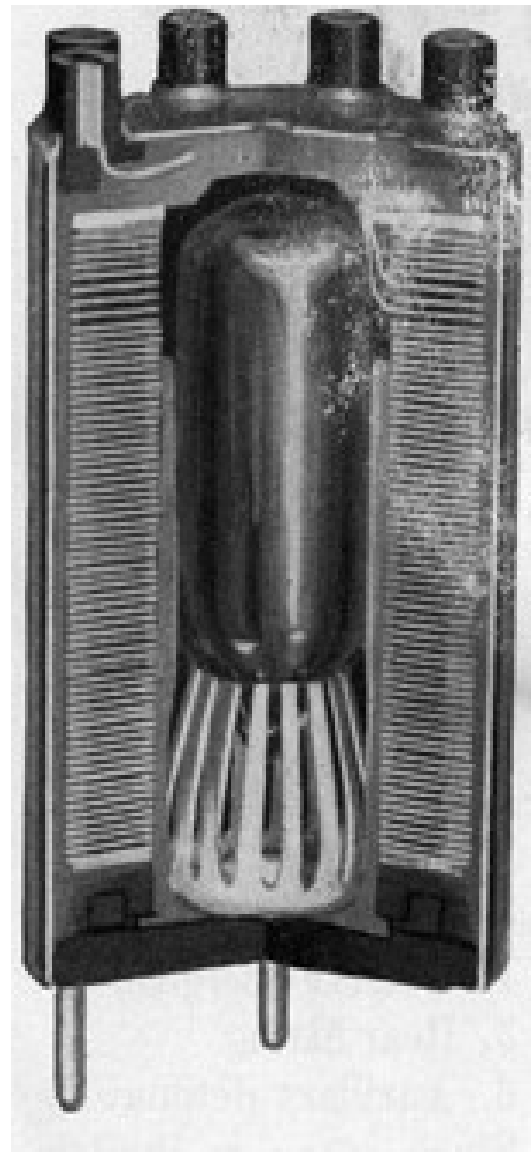


Fig. 13 - Batteria in sezione