

Radar per la direzione di tiro

Autor(en): **Klauser, H.U.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Rivista militare della Svizzera italiana**

Band (Jahr): **35 (1963)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-245714>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Radar per la direzione di tiro

di H. U. KLAUSER, Ing. dipl. Politecnico federale (Kilchberg Zurigo)

Introduzione. Sguardo al passato

IL termine RADAR ed il suo significato erano quasi sconosciuti prima della seconda guerra mondiale.

L'Inghilterra trovò scampo alla distruzione dei bombardamenti e la supremazia aerea inglese venne riconquistata grazie agli impianti Radar sviluppati e fabbricati con priorità già nel periodo precedente la guerra e durante i primi anni della stessa. Le informazioni dai paesi in guerra diedero a poco a poco la possibilità di farsi un'idea su questi misteriosi impianti i quali, come una rete invisibile, erano in grado di rilevare di giorno e di notte velivoli nemici e di segnalarli prima ch'essi raggiungessero la costa dell'isola, dando così la possibilità di combatterli.

Il termine *Radar*, introdotto in America, riporta le iniziali del procedimento «*Radio Detection and Ranging*». Nella versione inglese più precisa «*Radio Angle Direction and Ranging*», cioè «Misurazione degli angoli e della distanza tramite onde radio elettriche».

Contrariamente al sistema attivo di radiogoniometria «*Radiolocation*», il radar è un sistema passivo caratterizzato dal fatto che l'oggetto da determinare con le coordinate spaziali (velivolo, nave, punto geografico) non emette onde radio elettriche; in altri termini quest'ultimo non partecipa alla misurazione. Il sistema attivo richiede invece la partecipazione attiva dell'oggetto da determinare nello spazio, a mezzo di un ricevitore goniometrico, o tramite goniometria estranea usufruendo delle onde radio elettriche emanate dall'oggetto.

Lo sviluppo del sistema Radar ha una storia lunga. Il principio

* Vedere «L'apparecchio direttore di tiro Super-Fledermaus» del magg. U. Kappenberger, in questa rivista, 1960, pag. 142

di base, la riflessione su corpi solidi di onde radio elettriche è nota alla scienza da molto tempo. Nel 1904 venne conferito il primo brevetto radar a Hülsmeyer a Düsseldorf. Quest'ultimo si servì della riflessione di onde elettromagnetiche, per derivarne un sistema d'allarme per prevenire la collisione tra navi (D.P. Nr. 165'546). Con i mezzi tecnici di allora non fu possibile realizzare con successo l'idea dell'inventore. Il vero e proprio sviluppo della tecnica radar ebbe inizio soltanto nel 1935.

La tecnica raggiunta nel campo dell'alta frequenza e la conoscenza della propagazione delle onde decimetriche e centimetriche permise di sviluppare su una vasta base impianti radar; il crescente pericolo di guerra fece accelerare questi lavori.

L'Inghilterra fu indubbiamente la prima nazione che dispose avanti l'inizio della seconda guerra mondiale d'un sistema radar efficace sulla costa sud e est dell'isola, ciò che fu dovuto al lungimirante Sir Watson-Watt. All'inizio della guerra tutti gli ingegneri specializzati nel ramo, fisici, militari e civili vennero riuniti ed organizzati per continuare con intensità lo sviluppo della tecnica radar. Il dominio delle onde metriche (50 . . . 10 m) venne abbandonato per effettuare studi di base in quello delle onde decimetriche. Nel 1940 l'università di Birmingham sviluppò il «*Multy-Cavity-Magnetron*» un elemento d'importanza primordiale nella tecnica moderna del radar. Da esso ebbe inizio la tecnica dei *radar ad impulsi*. Questa soluzione permise la determinazione della direzione e della distanza oltre all'ingrandimento delle portate grazie all'alta potenza dell'impulso che raggiunse verso la fine della guerra, potenze massime fino a 1000 kW. Con l'entrata in guerra degli Stati Uniti d'America cominciò la loro stretta collaborazione con l'Inghilterra dove il radar aveva contribuito alla vittoria nella lotta aerea del 1940/41; l'impresa in grande stile dello sviluppo e produzione radar negli Stati Uniti portò infine alla supremazia degli alleati su tutti i fronti.

Anche in Germania cominciarono prima della guerra studi per sviluppare i mezzi radar, in modo particolare quanto riguardava le onde metriche e decimetriche. In seguito vennero realizzati potenti impianti radar, nei quali venivano però usati ancora quali tubi emettitori dei triodi ad alta potenza. Contro la tecnica delle onde centimetriche esisteva allora un certo pregiudizio in quanto motivi tecnici relativi alla

propagazione delle onde e la potenza dell'eco inferiore alle aspettative facevano concludere che la sua applicazione non fosse idonea ai sistemi radar. Gli impianti radar ad onde metriche vennero impiegati con successo fino a quando nel 1943 l'Inghilterra cominciò ad usare estesi mezzi di disturbo che ostacolarono fortemente la localizzazione a grande distanza. D'altra parte gli alleati avevano già messo in servizio *radar a micro-onde*, e la Germania non aveva mezzi tecnici sufficientemente sviluppati per disturbarli. Solo nel 1944 riprese ad esaminare la tecnica delle micro-onde, senza comunque riuscire a sfruttarla con efficacia ancora prima della fine del conflitto.

L'impiego del radar ha raggiunto oggi un'importanza fondamentale tanto nel campo bellico, quanto in quello civile. Il radar viene impiegato per la navigazione marina ed aerea, per la sorveglianza di porti e campi d'aviazione, per lo studio del tempo e per il controllo del traffico stradale. Nel settore militare il radar s'introduce sempre maggiormente per la localizzazione a grande distanza, per la condotta di tiro e nei sistemi di guida dei razzi. Il radar è così diventato un mezzo ausiliario indispensabile per la difesa contraerea moderna.

Basi fisiche della misurazione con radar

Come già rilevato a proposito della formazione del suo nome, il *radar* ha lo scopo di determinare a mezzo di onde radio (r. f.) o, meglio, onde elettromagnetiche, il luogo e la distanza d'un oggetto situato nello spazio.

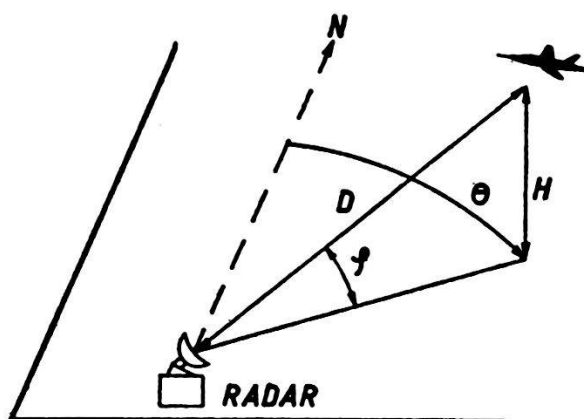


fig. 1 – Coordinate spaziali d'un bersaglio aereo.

N = direzione Nord; ϕ (greca) = elevazione; θ (greca) = azimuth;
H = altezza sopra il suolo; D = distanza del bersaglio aereo dal radar

Per determinare dal suolo un oggetto nello spazio con un impianto radar, composto d'un emettitore e d'un ricevitore, le coordinate necessarie sono:

l'azimut, l'elevazione e la distanza obliqua D. Per le misurazioni le posizioni zero sono:

- la direzione nord per l'azimut,
- il piano orizzontale per l'elevazione,
- la posizione del radar (precisamente l'antenna del radar per la distanza).

L'emettitore radar diffonde per mezzo dell'antenna direzionale fasci concentrati di onde elettromagnetiche di grande potenza. Queste onde battono contro il velivolo o bersaglio e vengono riflesse dalla fusoliera e dalle sue ali in tutte le direzioni.

Una minima parte delle onde riflesse ritorna all'apparecchio radar, dove vengono raccolte dall'antenna, registrate nel ricevitore ed utilizzate per un'ulteriore valutazione. Il tempo di propagazione delle onde elettromagnetiche (emissione — ricezione) determina la distanza obliqua del velivolo:

$$\text{formula 1} \quad D = \frac{c_0 \cdot \Delta t}{2}$$

c_0 = la velocità della propagazione delle onde elettromagnetiche = velocità della luce = $3 \cdot 10^8$ m/s.

t = il tempo in secondi di propagazione o dell'eco necessario per percorrere 2 volte la distanza obliqua D

Grazie all'apposita antenna direzionale, che emette l'energia dell'emettitore radar in fasci d'onde elettromagnetiche fortemente concentrate, è possibile determinare con grande precisione l'azimut e l'elevazione (procedimento simile a quello con fari). Così sono determinate le coordinate della posizione del velivolo e ciò con più precisione in funzione della concentrazione delle onde e dell'esattezza della determinazione del tempo « Delta t ».

L'antenna radar deve essere continuamente rivolta sul velivolo, o lo ricerca. Nel primo caso la misurazione della traiettoria di volo del velivolo si effettua senza interruzione, nel secondo caso ad intervalli.

La caratteristica fondamentale per la misurazione radar è la portata dell'apparecchio stesso. Quest'ultima è determinata con la nota formula radar (2) e rappresenta la base per la costruzione d'impianti radar. In essa non sono prese in considerazione l'attenuazione delle onde radar nell'atmosfera come pure le perdite d'energia nelle guide d'onde e nell'antenna. Questi fattori non sono tuttavia trascurabili nel campo delle onde centimetriche, ma l'emissione viene facilmente rimediata con una corrispondente correzione. La formula è:

$$\text{formula 2} \quad D_{max} = \sqrt[4]{\frac{N_s G_s A_e \sigma_z}{N_{e_{min}} (4\pi)^2}}$$

- N_s = potenza d'emissione
 $N_{e_{min}}$ = potenza minima del segnale di ricezione necessaria per la misurazione
 G_s = guadagno dell'antenna d'irradiazione
 A_e = superficie d'assorbimento dell'antenna ricevente
 σ_z = sezione di riflessione del bersaglio da misurare

Come già detto, nella tecnica radar bisogna padroneggiare più problemi:

- generazione di grandi potenze nell'emettitore radar
- forte concentramento dell'energia d'emissione con l'antenna direzionale
- realizzazione di ricevitori radar ultra sensibili per la ricezione dei segnali d'eco
- registrazione di processi veloci per la presentazione degli echi radar negli indicatori
- misurazione di tempi brevi per la determinazione della distanza.

Nell'ultimo ventennio vennero eseguiti in molti paesi studi impegnativi per risolvere gli anzidetti problemi. Ognuno d'essi sta in un settore speciale, nel quale si svolgono le ricerche di centinaia di scienziati ed ingegneri.

Per misurare il tempo dell'eco e con ciò la distanza del bersaglio, occorre modulare convenientemente le onde radar d'emissione. A questo si presta la modulazione d'impulsi e la modulazione di frequenza. Come caso speciale si può accennare al «Dopplerradar», il quale emette una oscillazione continua con frequenza fissa, che esclude la possibilità d'una

misurazione di distanza, ma permette d'altra parte di determinare la velocità con il filtraggio delle frequenze Doppler.

Qui di seguito viene descritto l'impianto radar ad impulsi, destinato in modo particolare per la sorveglianza e per la direzione di tiro di batterie di difesa contro-aerea.

Funzionamento e struttura del radar ad impulsi

Il radar ad emissione per impulsi è senz'altro il tipo maggiormente usato. Questo sistema permette di rilevare e riprodurre fedelmente sullo schermo simultaneamente numerosi bersagli, ciò che è molto difficile da realizzare con il tipo radar a modulazione di frequenza e con il Dopplerradar, accennati precedentemente.

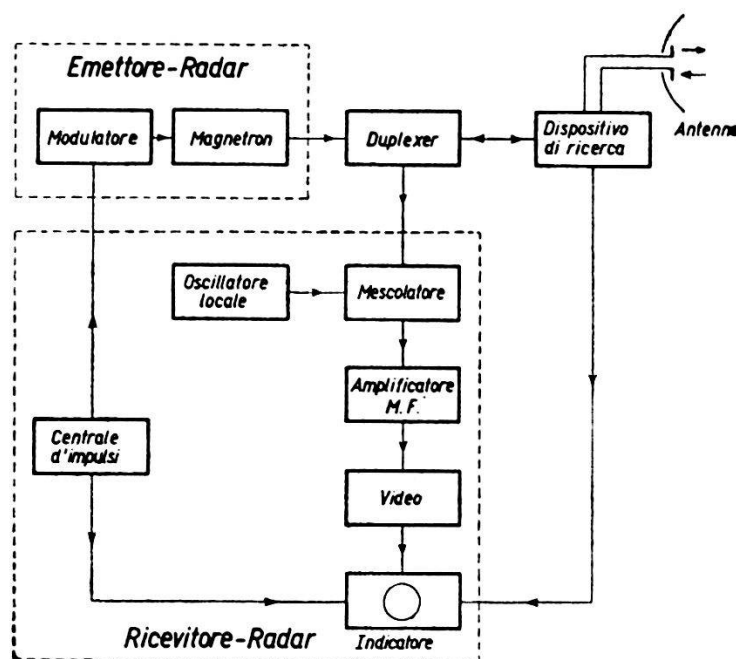


fig. 2 — Schema a blocchi d'un radar ad impulsi.

D'altra parte si può ricavare dall'effetto Doppler dei radioechi d'un radar ad impulsi una rappresentazione secondo il conosciuto metodo «Moving Target Indication» che è applicato nei radar di sorveglianza.

Gli elementi costruttivi ed il funzionamento d'un radar ad impulsi sono (fig. 2):

L'organo principale del trasmettitore è il *magnetron* a cavità, che

è un generatore a r. f., modulato ad impulsi. Il ritmo o frequenza di ripetizione di tutto l'impianto è imposto dalla centrale d'impulsi la quale fornisce al modulatore impulsi con la frequenza di ripetizione. Il modulatore ha il compito di generare impulsi d'alta tensione con la frequenza imposta, i quali alimentano il catodo del magnetron, che così produce nelle sue cavità onde centimetriche di breve durata e di potenza elevata. Questi ultimi vengono trasmessi all'antenna attraverso un dispositivo elettronico di scambio «Duplexer» detto anche «scatola di trasmissione-ricezione», guide d'onda o cavi coassiali. Dall'antenna l'energia viene emessa nella direzione del bersaglio da ricercare o da misurare.

La frequenza di ripetizione degli impulsi a r. f. è calcolata in modo che solo dopo la ricezione del radio-eco, dell'impulso precedente, si emette un nuovo impulso. Se per esempio la portata massima raggiungibile secondo la formula 2, per un bersaglio di sezione riflettente determinata, è di 150 km occorre un tempo d'eco, secondo la formula 1, di:

$$\Delta t = \frac{2 \cdot 150\,000}{3 \cdot 10^8} = 1 \text{ ms}$$

dalla quale risulta che la frequenza di ripetizione non deve superare 1000 cicli al secondo. Questa condizione deve essere realizzata per evitare la molteplicità di echi.

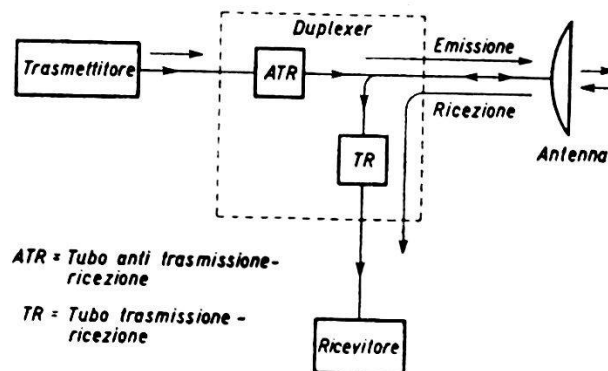


fig. 3 — Schema a blocchi del «Duplexer» d'un radar ad impulsi.

Trasmisione: ATR in funzione (Trasmittitore ➡ Antenna) TR bloccato (interruzione tra ricevitore e trasmettitore)

Ricezione: ATR bloccato (interruzione tra antenna e trasmettitore) TR in funzione (Antenna ➡ ricevitore)

Quando una radio-eco ritorna all'antenna passa dapprima per la stessa guida d'onda fino alla «scatola di trasmissione-ricezione» (fig. 3) nella quale si trovano il tubo anti-trasmissione-ricezione A.T.R. (Anti-Transmit-Receive-Tube) ed il tubo trasmissione-ricezione T. R. (Transmit-Receive Tube) i quali servono di scambio per gli impulsi da emettere o da ricevere. Come si vede nella figura 3, all'impulso di ricezione (eco) viene sbarrata la via verso il magnetron ed aperto il canale verso il ricevitore. Quest'ultimo è di tipo supereterodina, cioè la micro-onda ricevuta viene nel mescolatore superposta ad un segnale dall'oscillatore locale, e si ottiene così una oscillazione intermedia (M. F.) la quale viene amplificata, raddrizzata ed infine inviata nell'amplificatore video. All'uscita da quest'ultimo appare un impulso video che viene reso visibile in maniera conveniente servendosi dei tubi a raggi catodici. L'indicatore del radar riceve una tensione di deviazione nell'asse X sincronizzata con l'impulso del modulatore dalla centrale d'impulsi. Il segnale video (eco) viene inviato sulle placche di deviazione dell'asse Y e si ottiene così la rappresentazione, illustrata nella figura 4, chiamata «Indicatore-A» oppure «indicazione di distanza». Se vi sono ulteriori obiettivi nella portata dell'antenna, questi vengono rappresentati in funzione della loro distanza.

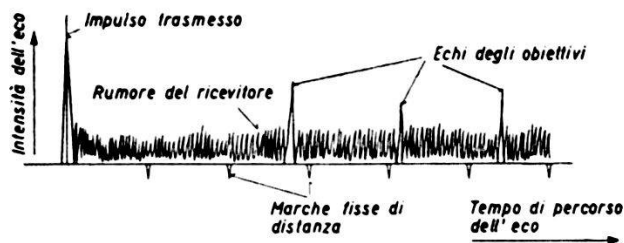


fig. 4 — Indicatore «A» con marche fisse di distanza.

Per sorvegliare, con l'apparecchio qui descritto, una zona più vasta, per esempio lo spazio sopra l'orizzonte, si gira l'antenna con il dispositivo di ricerca, cioè il sottile fascio radar gira intorno all'asse verticale. Nello stesso tempo, sincronizzato con questo movimento, automaticamente si gira la traccia elettronica del tubo a raggi catodici (indicatore). La traccia elettronica contiene gli echi degli obbiettivi che sullo schermo appaiono sotto forma di piccole macchie; questo ultimo ha una luminosità prolungata.

Questo sistema d'indicazione è conosciuto sotto la designazione «*Plan Position Indicator*», abbreviato *PPI* (fig. 5). Esso indica oltre alla informazione di distanza anche quella dell'angolo di deriva per numerosi bersagli.

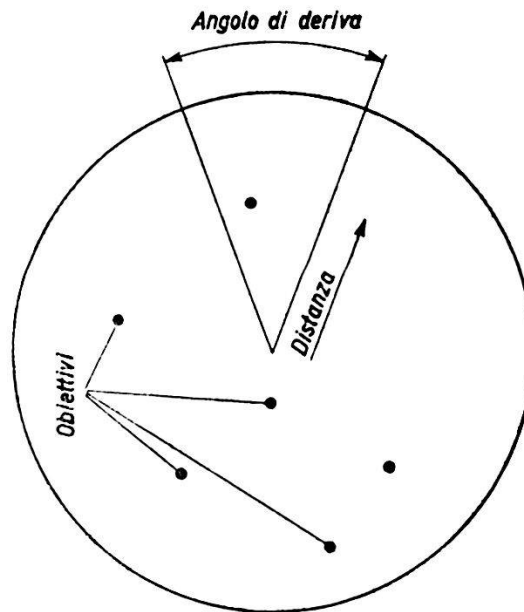


fig. 5 – Sistema di indicazione PPI

Il «*Plan Position Indicator*» viene praticamente utilizzato in tutti gli apparecchi radar a ricerca circolare. L'indicatore PPI si presta pure per le antenne a ricerca verticale ciò ch'è il caso nei radar di sorveglianza per il rivelatore d'altitudine «*Height-Finder*».

Tracciati così gli elementi fondamentali d'un radar ad impulsi, si può passare ai problemi particolari del radar di ricerca e direzione di tiro.

Tecnica e problemi del radar per la direzione di tiro

Prima che si avesse il radar si ricorreva ai mezzi ottici per stabilire la posizione d'un obiettivo in movimento ed al telimetro per la determinazione della distanza. Ovviamente queste misure dipendono dalle condizioni meteorologiche (in caso di cattivo tempo e di notte senza l'aiuto di fari essi sono totalmente inutilizzabili). Inoltre oggigiorno la portata degli apparecchi ottici è insufficiente per garantire un avviso preventivo in caso d'un attacco aereo. L'apparecchio radar porta quindi

un notevole miglioramento nell'individuazione degli aerei e nella determinazione della loro posizione. Il compito d'un radar per la direzione di tiro, come si può dedurre da quanto esposto, è di determinare (continuamente e con esattezza) le coordinate d'un obbiettivo in movimento che si intende colpire. Con l'aiuto d'un calcolatore balistico si determina il punto d'incrocio della traiettoria dei proiettili con quella dell'aereo, cioè il punto dove i proiettili colpiranno l'obbiettivo, sicchè per il tiro viene dato l'angolo di deriva ingrandito dell'angolo di previsione.

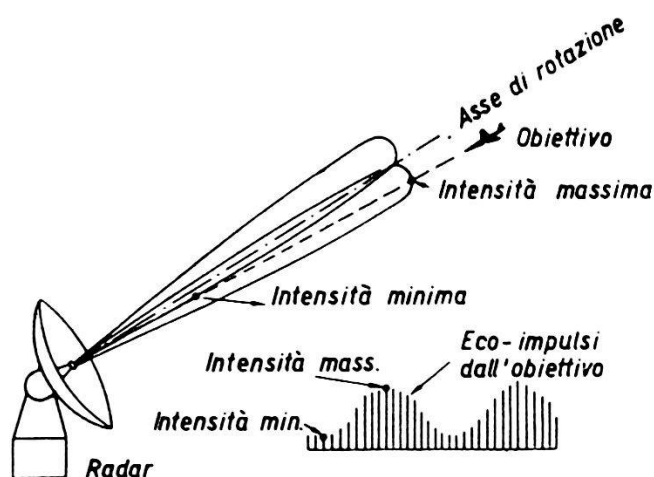


fig. 6 – Ricerca conica e modulazione dell'intensità degli echi.

Se il calcolo ed i parametri balistici sono esatti si ottiene il punto dove avverrà l'incontro proiettili-aereo (Problemi e tecnica del calcolatore balistico sono esposti in altro articolo) *.

E' di grande importanza che dall'istante nel quale l'obbiettivo viene localizzato con il radar, fino alla fine del fuoco, la determinazione delle misure sia continua ed esatta. Questo richiede che l'antenna sia sempre diretta verso l'obbiettivo. Per ottenere questo requisito si ricorre al noto sistema d'inclinare il fascio di onde leggermente per rapporto all'asse dell'antenna e di lasciare ruotare quest'ultimo attorno all'asse dell'antenna per ottenere una cosiddetta ricerca conica (Conical-Scan). Con questo sistema l'aereo, che si trova nella portata dell'antenna radar, viene bersagliato con impulsi d'intensità variata, cioè i radio-echi sono modulati con la frequenza di rotazione del fascio direzionale (fig. 6).

* Al prossimo fascicolo.

Se l'aereo vola nell'asse principale dell'antenna non si ha nessuna modulazione. Per uno spostamento angolare dell'aereo, per rapporto all'asse principale dell'antenna, si misurano la profondità e la posizione di fase della modulazione, le quali vengono trasformate in una tensione d'errore. Questa corregge la posizione dell'antenna per mezzo d'un servo-meccanismo annullando di nuovo la modulazione; ossia essa riporta l'aereo nell'asse principale dell'antenna.

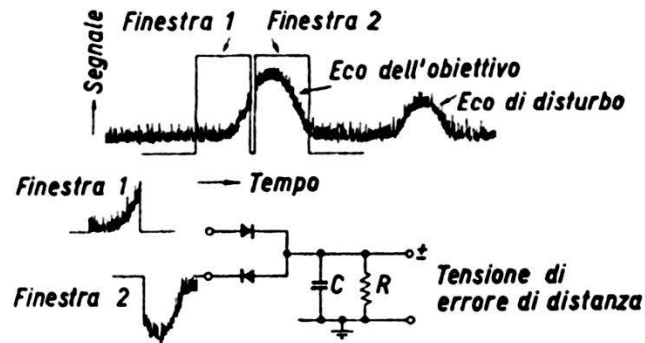


fig. 7 – Generazione della tensione d'errore di distanza.

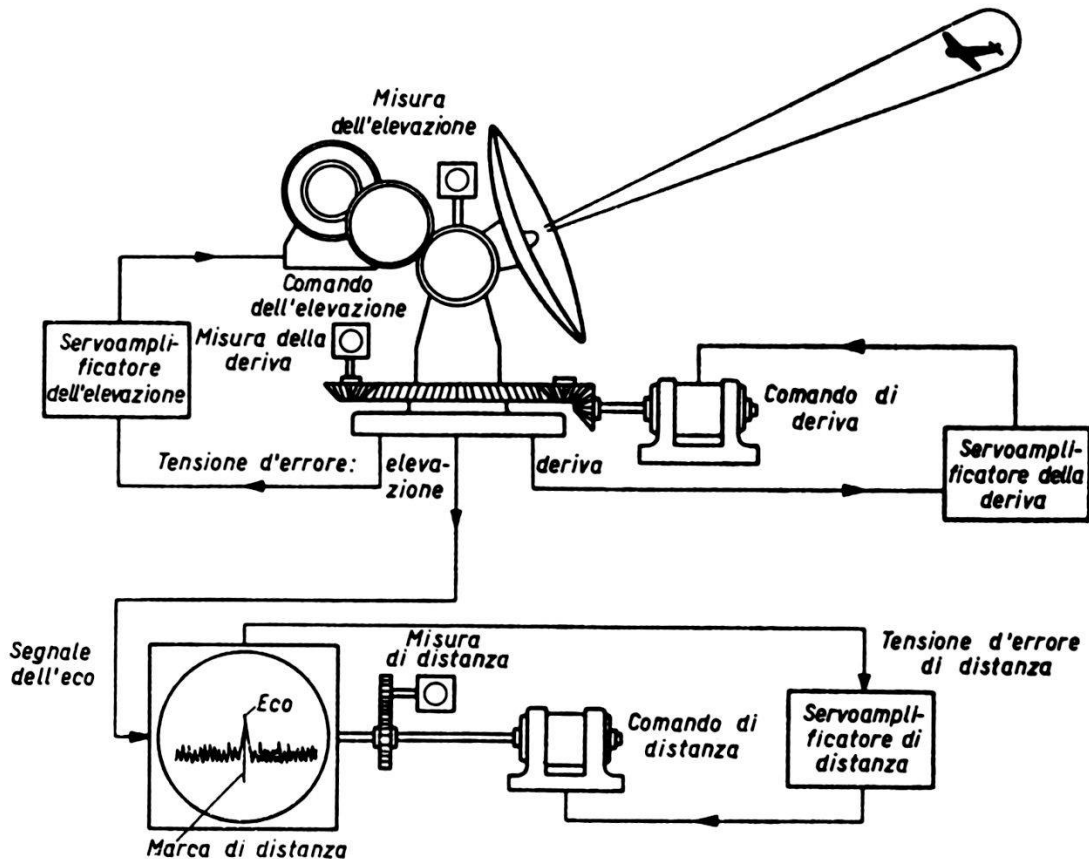


fig. 8 – Schema di principio d'un apparecchio radar completamente automatico per la direzione di tiro.

Un altro compito del radar per la direzione di tiro consiste nel determinare esattamente e continuamente la distanza del bersaglio. Ciò è ottenuto con una durata minima degli impulsi d'uscita a r. f. che hanno una durata di qualche decimo di microsecondo.

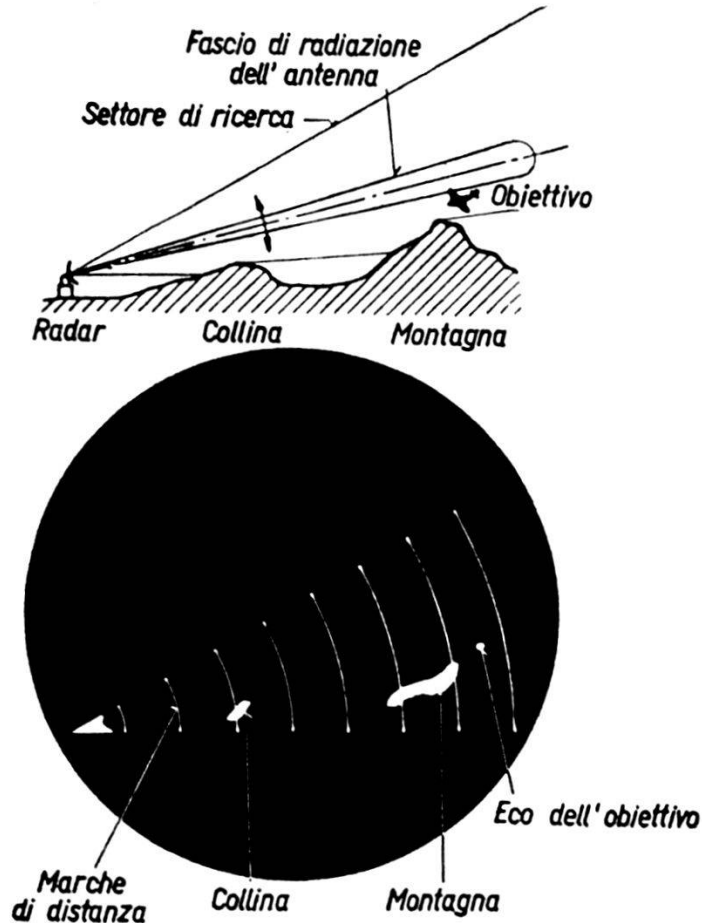


fig. 9 - Rappresentazione sull'indicatore R.H.I.

I radioechi ricevuti vengono suddivisi da due cosiddette «finestre» adiacenti e con la misura elettronica dell'energia contenuta nelle singole finestre si produce una tensione d'errore che a sua volta per mezzo di un servo-motore sposta le due finestre affinché esse dividano il radio-eco in due parti uguali. La metà della doppia finestra rappresenta la distanza del bersaglio ch'è segnalata con una marca di distanza. (La produzione della tensione d'errore di distanza è rappresentata nella figura 7).

Con questo procedimento si può determinare la distanza con una esattezza di qualche metro ciò ch'è impossibile con un telemetro.

Lo schema di principio per un radar automatico di ricerca e direzione di tiro (fig. 8) è ora facilmente comprensibile.

Un'altra funzione richiesta al radar per la direzione di tiro consiste nella propria ricerca degli obbiettivi. Questa richiesta è assai importante dato che vi sono numerosi sistemi di teleindicazione (radar tattico di ricerca, puntatore ottico esterno ecc.), con una determinazione in distanza più o meno precisa. La determinazione del bersaglio nei radar tattici di ricerca si limita all'azimut ed alla distanza. Un'informazione sull'altezza manca o non risulta con la necessaria precisione. In caso di perdita o mancanza d'un radar tattico è possibile rimpiazzarlo con un puntatore ottico per la teleindicazione degli angoli dei bersagli al radar per la direzione di tiro. Se questo sistema è inutilizzabile per mancanza di visibilità, si ricorre all'informazione dei radar di sorveglianza che indicano in quali settori si trovano velivoli nemici; ciò domanda da un apparecchio radar per la direzione di tiro la possibilità di effettuare movimenti di ricerca adatti per potere ricercare e localizzare automaticamente bersagli nel minor tempo possibile.

Per la nostra configurazione di terreno si sono dimostrati idonei il movimento di ricerca verticale e quello circolare. Essi si lasciano combinare convenientemente, in modo che si ottiene una ricerca in uno spazio a forma di piramide ed a forma sferica. Se d'altra parte si scelgono degli indicatori appropriati a questi movimenti si ottiene per la ricerca verticale una presentazione dell'elevazione e distanza RHI (*Range Height Indicator*) (figura 9), e per la ricerca circolare la presentazione PPI, illustrata precedentemente nella figura 5.

E' di grande importanza che la caratteristica di radiazione dell'antenna d'un radar per la direzione di tiro non abbia lobi laterali. E' noto che un'antenna dirigibile a micro-onde possiede almeno due lobi laterali che sono relativamente importanti. Essi possono essere soppressi mediante una accurata scelta delle misure meccaniche del riflettore parabolico e del «feeder». Si ottiene così un miglioramento nella localizzazione in un terreno di configurazione collinosa e una facilitazione d'inseguimento, specialmente per aeroplani che volano a bassa quota.

L'influsso dei lobi laterali di una antenna radar è illustrato nella figura 10 con la corrispondente presentazione del segnale sull'indicatore A.

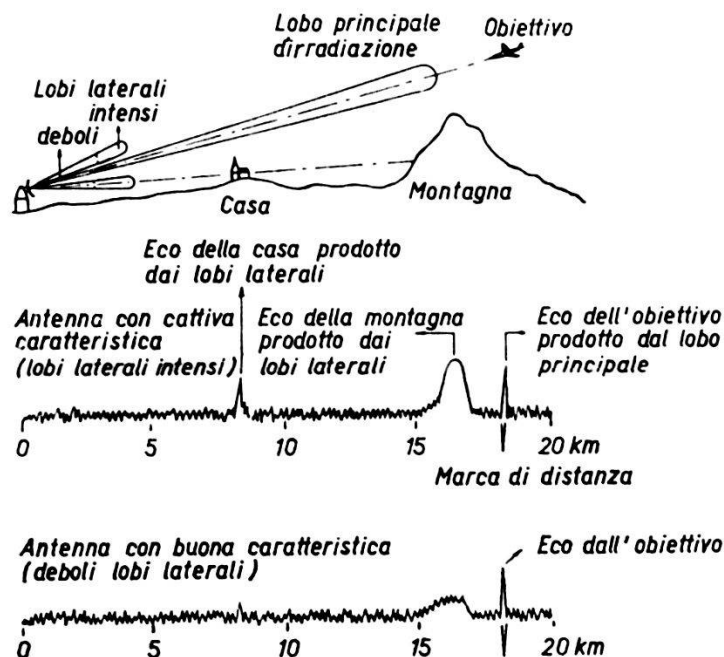


fig. 10 – Influsso dei lobi laterali di una antenna per la direzione di tiro.

Da quanto illustrato precedentemente si rileva che un apparecchio radar per la direzione di tiro deve possedere un grado possibilmente piccolo di risoluzione, ottenibile con un piccolo angolo d'apertura del fascio, un'antenna possibilmente senza lobi laterali e con una durata minima dell'impulso a r. f. In questo modo si ottiene di ridurre al minimo, nello spazio sotto controllo nel quale vola l'aereo, perturbazioni (echi indesiderabili) provenienti dalla riflessione del terreno o da altro, di modo che è possibile seguire l'aereo e misurarne con precisione la distanza.

Il radar per la direzione di tiro nel sistema completamente automatico «Super-Fledermaus»

Alcuni anni addietro la ditta ALBISWERK Zurigo S. A., Zurigo, realizzò un radar per la direzione di tiro che fa parte del sistema direzione tiro completamente automatico «Super-Fledermaus» della ditta Contraves S. A., Zurigo. Quest'ultimo dispone dei quattro requisiti principali descritti ed è combinato convenientemente con la parte del sistema tiro realizzato dalla Contraves S. A., Zurigo.

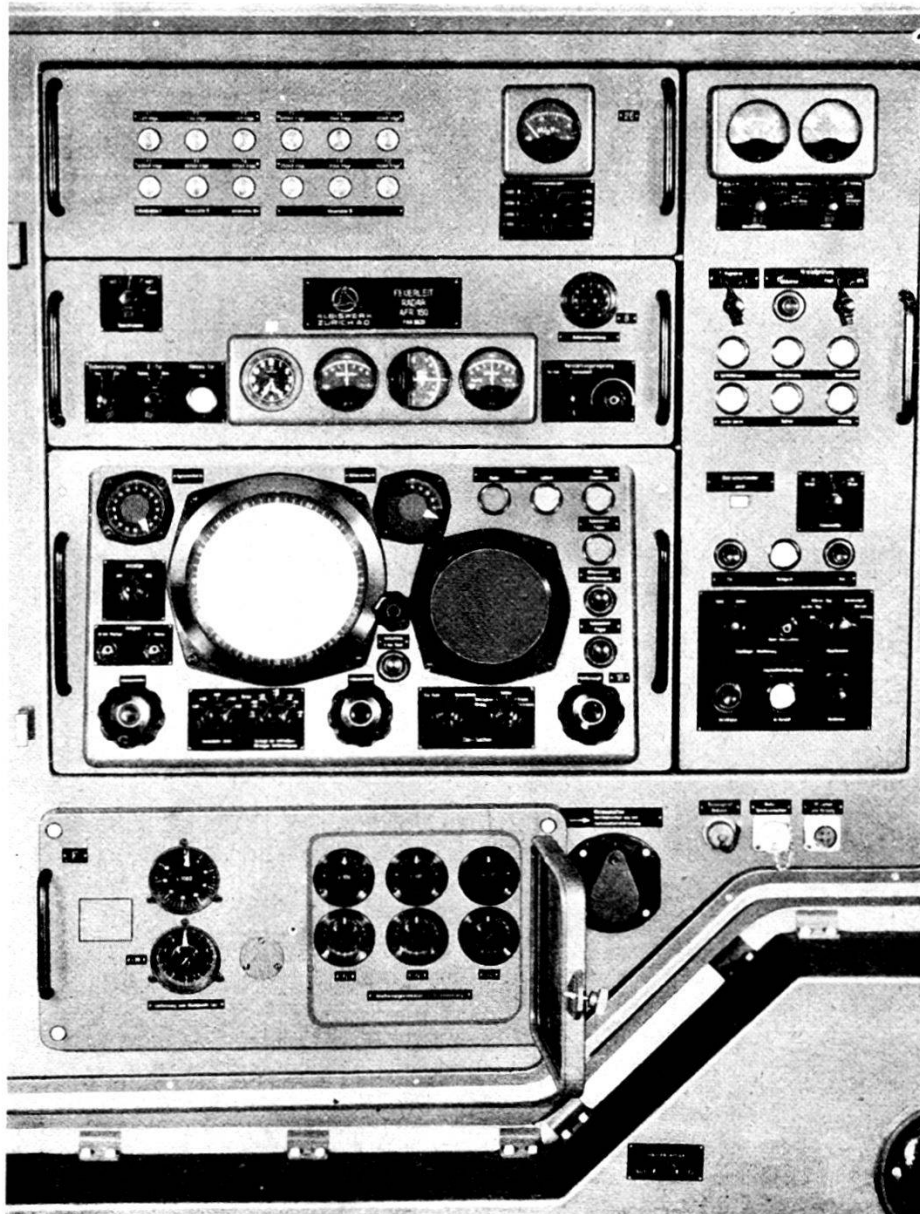


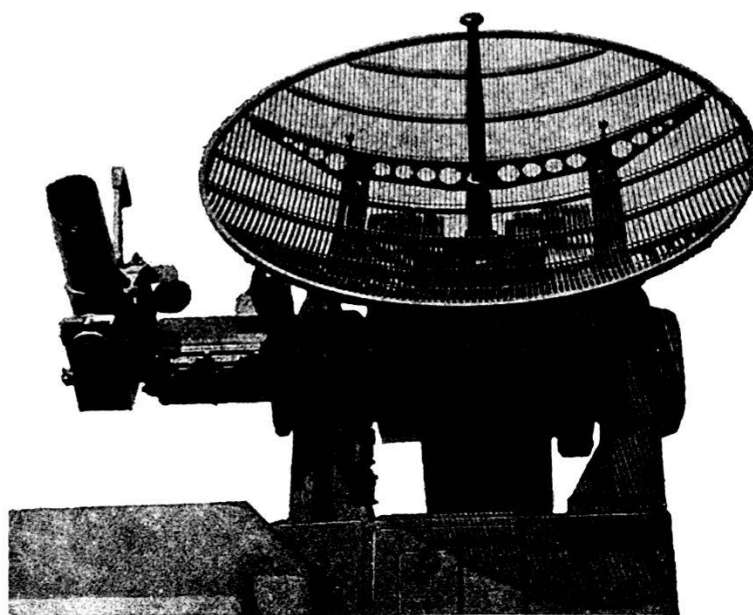
fig. 11 – Indicatori e pannello di comando dell'apparecchio «Super-Fledermaus»

Equipaggiato con dei magnetron di potenza elevata, questo radar, è in grado di ricercare e seguire un aereo, a seconda della sua sezione di riflessione, fino ad una distanza di 50 km. Esso possiede un movimento di ricerca verticale, con una rapida oscillazione comandata idraulicamente, ed un movimento circolare a spirale, che permettono la ricerca di bersagli in movimento in pochi secondi. Con la scelta del movimento di ricerca, viene automaticamente commutata la relativa rappresentazione (PPI o RHI). Un indicatore «A» dà il complessivo campo delle distanze ed inoltre contemporaneamente una rappresentazione ingrandita delle distanze degli obiettivi immediati. Questo ingrandimento permette all'operatore del radar di controllare l'inseguimento automatico e, quando occorre in caso di disturbi esterni, di intervenire con il comando a mano.

Il processo completo della ricerca e dell'inseguimento è in gran parte automatico, così che un solo operatore radar è in grado d'eseguire questa prima ed importante fase d'un combattimento antiaereo. Nella fig. 11 è illustrato il radar console con il pannello di comando e d'indicazione con i relativi schermi, quello per la fase di ricerca (PPI e RHI) e quello per l'inseguimento (Indicatore-A).

L'emettitore con la scatola ricezione-trasmissione e mescolatore di micro-onde, come pure il dispositivo idraulico-meccanico di ricerca verticale e quello per il movimento conico sono montati sulla piattaforma girevole dell'apparecchio «Super-Fledermaus» (fig. 12 e 13).

fig. 12 – Dispositivo di ricerca dell'apparecchio «Super-Fledermaus»



Il riflettore (antenna) è una costruzione a graticola smontabile per il trasporto. Un'antenna di riserva può rimpiazzare quella principale in caso ch'essa venga avariata a causa d'un attacco aereo. Inoltre si ha a disposizione un'antenna complementare per emanare onde di polarizzazione circolare le quali riducono l'influenza disturbatrice causata dalla pioggia.

Il radar è dotato di strumenti di misura per la verifica del corretto funzionamento ed è inoltre munito di dispositivi d'aggiustamento permanenti che danno all'operatore la possibilità di regolare la luminosità degli schermi.

Speciali provvedimenti contro i disturbi sono incorporati nel radar. Un certo numero di circuiti supplementari nel ricevitore ed emettitore permettono all'operatore di ridurre l'effetto dei disturbi estranei e di localizzarne la provenienza rintracciando, per lo più, velivoli nemici che possono, così, essere presi sotto fuoco.

Concludendo si può affermare che il livello raggiunto oggi nel campo radar, tanto nel settore tecnico quanto in quello tattico, ha permesso lo sviluppo e la costruzione di un apparecchio di un'attrezzatura radar di potenza elevata ed immune da disturbi per la direzione di tiro delle armi contraeree.



Nel prossimo fascicolo:

— Il Super-Fledermaus = apparecchio automatico a comando radar per la direzione di tiro — F. Buchmüller.