



Capitolo 1

Sul sonar in generale

1.1) Descrizione dell'insieme.

Il SONAR* è una macchina elettronica collegata ad uno o più sistemi di sensori acustico-subacquei. Esso consente la localizzazione e l'identificazione di una o più unità navali (bersagli), siano esse di superficie o subacquee; il suo funzionamento si basa sulla propagazione delle onde acustiche in mare. L'apparato può essere installato indifferentemente sulle navi o sui sommergibili, la sua struttura tipica è mostrata in Fig. 1.1.

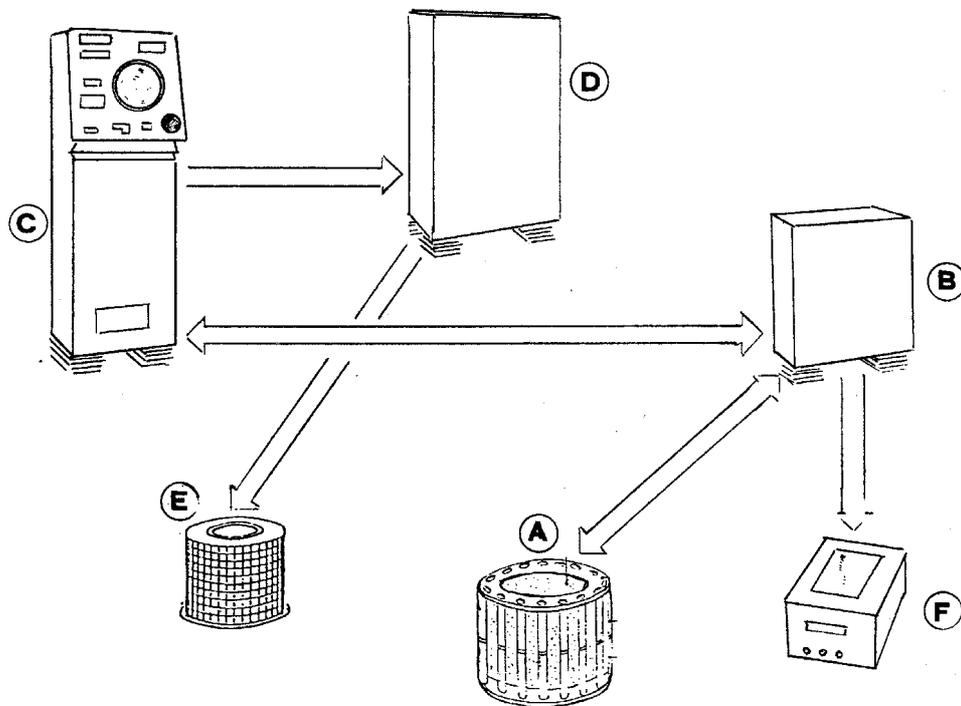


fig. 1.1 *Struttura tipica di un sonar.*

Essa comprende: un sistema di sensori elettroacustici riceventi A), un cofano di amplificazione ed elaborazione B), un complesso di presentazione e controllo C), un cofano trasmettitore D), un sistema di emettitori elettroacustici E) e un dispositivo di registrazione F). Questo insieme è diviso

*La dizione SONAR deriva dall'acronimo anglosassone SOund NAVigation and Ranging, che tradotto significa: navigazione e localizzazione con il suono.

in due parti funzionali: la componente passiva e la componente attiva; con la prima si localizzano i bersagli che emettono rumore, con la seconda si localizzano i bersagli con il metodo dell'eco.

Il sistema di sensori riceventi, detto base idrofonica è collocato all'esterno del battello in modo da restare completamente sommerso.

I rumori, irradiati dalle unità in navigazione, si propagano in mare e le onde acustiche colpiscono i sensori della base idrofonica. Essi, eccitati meccanicamente dalle onde acustiche, generano delle deboli tensioni elettriche che sono proporzionali all'eccitazione meccanica ricevuta.

Il cofano di amplificazione ed elaborazione riceve dagli elementi della base idrofonica le deboli tensioni elettriche prodotte, genericamente dette segnali idrofonici, e ne amplifica il livello in modo da renderle idonee per la successiva fase di trattamento.

I segnali idrofonici amplificati sono applicati al gruppo di elaborazione, questo estrae tutte le informazioni contenute in essi per fornirle al sistema di presentazione.

Il complesso di presentazione e controllo consente all'operatore del sonar di eseguire le azioni di localizzazione e di classificazione dei bersagli. Egli può vedere, su di uno schermo simile a quello televisivo, la rappresentazione topografica dello scenario subacqueo, nella quale si evidenziano, con strisce o archi luminosi, le posizioni dei bersagli. Agendo sugli appositi comandi l'operatore può collimare una marca luminosa sulle tracce dei bersagli ottenendo, su appositi indicatori numerici, i dati che consentono la localizzazione.

Il cofano trasmettitore è impiegato per la generazione dell'energia necessaria per la localizzazione dei bersagli che, non emettendo rumore, devono essere scoperti con il metodo dell'eco. Il trasmettitore produce impulsi di energia elettrica che vengono applicati al sistema di emettitori elettroacustici.

Il sistema di emettitori è collocato all'esterno del battello in modo da restare completamente sommerso. Gli impulsi di energia elettrica applicati agli emettitori acustici provocano la vibrazione di questi e la conseguente eccitazione delle particelle d'acqua circostanti. Si ha in questo modo la produzione di onde acustiche che si propagano in mare fino a colpire il bersaglio, questo riflette parte dell'energia acustica che lo ha colpito verso l'origine, dove viene captata e convertita in segnali elettrici dalla base ricevente.

Il dispositivo di registrazione consente il tracciamento continuo, su appo-

sito nastro di carta, delle evoluzioni di un bersaglio, scelto dall'operatore tra quelli localizzati dal sonar.

Il sonar ora brevemente descritto rappresenta una configurazione delle più semplici tra quelle oggi impiegate; tuttavia i sonar più sofisticati sono costituiti con strutture simili a quella descritta, perchè il loro funzionamento segue gli stessi principi fisici a cui si ispirano tutti i sistemi di localizzazione subacquea.

1.2) Bersagli del sonar.

I bersagli possono essere indifferentemente: navi, sommergibili, siluri in corsa, sopraelevazioni del fondo marino, isole, coste e si possono dividere in due classi:

classe dei bersagli passivi, quelli che per loro natura o per intendimento dell'uomo non irradiano rumori in mare;

classe dei bersagli attivi, quelli che irradiano rumore in mare.

Nella prima classe si possono collocare: navi alla fonda, sommergibili naviganti in assetto particolarmente silenzioso, isole e coste.

Nella seconda classe si possono collocare: navi in movimento, navi ferme con macchinari in moto, sommergibili in normale navigazione, siluri ecc.

Il sonar localizza e identifica i bersagli in due modi differenti in dipendenza dell'appartenenza di questi ad una classe o all'altra; per la localizzazione e la identificazione dei bersagli passivi esso utilizza energia acustica propria, in modo da provocare una riflessione parziale di questa da parte del bersaglio, che così viene rivelato (metodo dell'eco). In questo tipo di impiego il sonar utilizza la sua "componente attiva". Per la localizzazione e l'identificazione dei bersagli attivi esso utilizza il rumore irradiato naturalmente da questi, nel far ciò adopera la sua "componente passiva".

Il sonar non può operare contemporaneamente con la componente attiva e con quella passiva, ma con opportuni accorgimenti può realizzare una quasi contemporaneità dei due modi operativi.

Il sonar installato su di una nave è prevalentemente orientato al funzionamento attivo, poichè i rumori provocati dalle macchine non consentono che esso possa captare agevolmente il rumore irradiato naturalmente dai bersagli.

Il sonar installato su di un sommergibile è prevalentemente orientato al funzionamento passivo per due ragioni fondamentali: la prima è dovuta al fatto che il sommergibile, se impiegasse il funzionamento attivo, emettendo energia acustica in mare, sarebbe facilmente individuabile, mentre il

suo scopo precipuo è quello di passare inosservato; la seconda è dovuta al fatto che il sommergibile può silenziare il suo assetto e quindi porsi in condizioni ottimali per captare il rumore irradiato naturalmente dai bersagli. Il sommergibile impiega la componente attiva del sonar soltanto in casi eccezionali: durante la navigazione, in tempo di pace, se non è comandato ad effettuare opera di sorveglianza dello spazio subacqueo e durante le fasi critiche di attacco al bersaglio nemico, quando ormai è indispensabile correre il rischio.

Nelle pagine seguenti verrà posta l'attenzione esclusivamente alle problematiche relative ai sonar installati a bordo di sommergibili ed ai piccoli sonar, perché questi argomenti offrono un'ampia visione sui sistemi di localizzazione passiva.

1.3) Importanza della localizzazione nella navigazione dei sommergibili.

La localizzazione subacquea dei bersagli ha un ruolo fondamentale nella navigazione in immersione di un sommergibile, sia che la navigazione avvenga per scopi di spostamento, sia che avvenga per scopi di sorveglianza o attacco.

La posizione dell'unità nello spazio subacqueo può presentarsi nei più svariati aspetti, nella Fig. 1.2/a è indicata un'ipotetica situazione in cui il sommergibile indicato con la lettera a) è il protagonista, mentre gli altri elementi indicati con le lettere b), c), d), sono i bersagli.

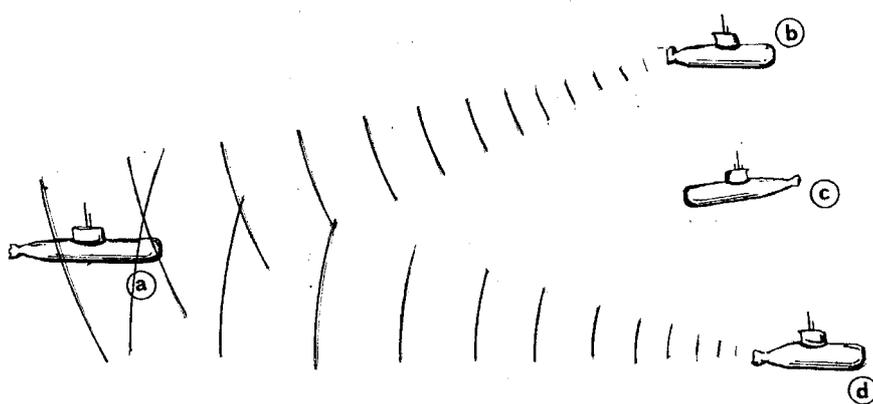


fig. 1.2/a Bersagli attivi

I bersagli b) e d) sono considerati attivi e il rumore da loro emesso è indicato sotto forma di archi di cerchio che si allontanano da essi verso il sommergibile, il bersaglio c) è passivo e non irradia rumore.

Se il sommergibile a), per non farsi scoprire, impiega nella ricerca la sola componente passiva del sonar, localizza soltanto i bersagli b) e d) e non rileva la presenza di c).

La situazione ora esaminata può essere modificata per necessità operative qualora il sommergibile debba localizzare tutti i possibili bersagli presenti nella zona, siano questi attivi o passivi. In questo caso il sommergibile a) impiega nella ricerca la componente attiva del sonar anche se ciò denuncia la sua presenza.

Nella Fig. 1.2/b è illustrata la nuova situazione, gli impulsi di energia acustica emessi dal sommergibile per produrre gli echi sono indicati sotto forma di ampi archi di cerchio che si allontanano da esso, gli echi di ritorno sono indicati sotto forma di piccoli archi di cerchio che si staccano dai bersagli.

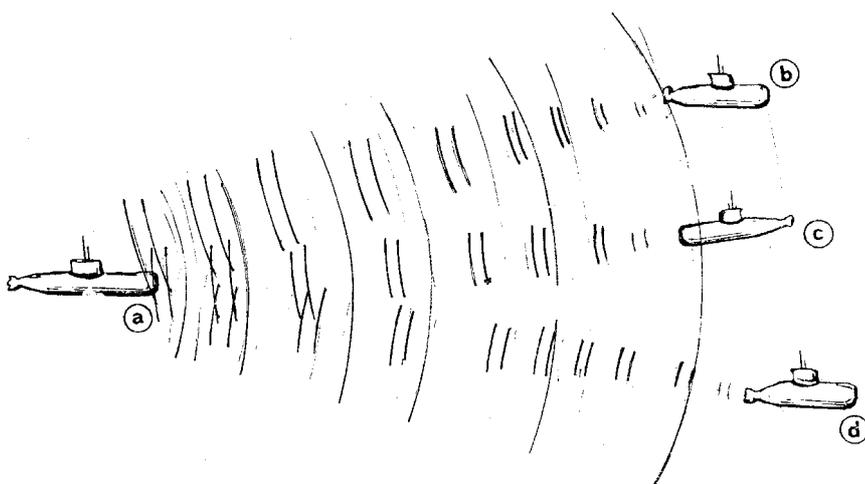


fig. 1.2/b Bersagli passivi

In figura non sono tracciati gli archi che mostrano i rumori irradiati naturalmente da b) e d) dato che in questo modo operativo non sono utilizzati dal sonar.

In entrambe le situazioni esaminate il sommergibile a) rileva con notevole precisione la posizione dei bersagli scoperti, localizzandoli angularmente, sia nel piano orizzontale, sia in quello verticale.

È facile intuire che l'importanza di questi rilievi è fondamentale per il som-

mergibile, in quanto rappresentano l'unico mezzo con il quale esso può spostarsi agevolmente nello spazio subacqueo, senza correre il rischio di urtare altri corpi immersi sia immobili che in navigazione, inoltre la localizzazione rende possibile al sommergibile l'emersione senza il pericolo di trovarsi sulla traiettoria o, quanto peggio, sulla chiglia di una nave.

Dal punto di vista tattico la localizzazione sonar costituisce un supporto importantissimo, tanto nelle operazioni di controllo dei mari nazionali, quanto nelle operazioni di difesa-offesa.

Il sonar associa la funzione di localizzazione con la funzione di identificazione dei bersagli. L'identificazione consente di stabilire, come vedremo in seguito, le caratteristiche più salienti dei bersagli, quali ad esempio la lunghezza, la velocità, il tipo di propulsione ed altri elementi che permettono di conoscere la classe della nave o del sommergibile oggetto della localizzazione.

1.4) Visualizzazione dei bersagli.

Dopo aver esaminato le caratteristiche dei bersagli vediamo come questi sono visualizzati all'operatore sul cofano di presentazione e controllo. A tal fine consideriamo il teatro di operazioni disegnato in Fig. 1.3, il sommergibile protagonista si trova in immersione in una zona di mare, tra coste ed isole, nella quale sono presenti due navi in movimento.

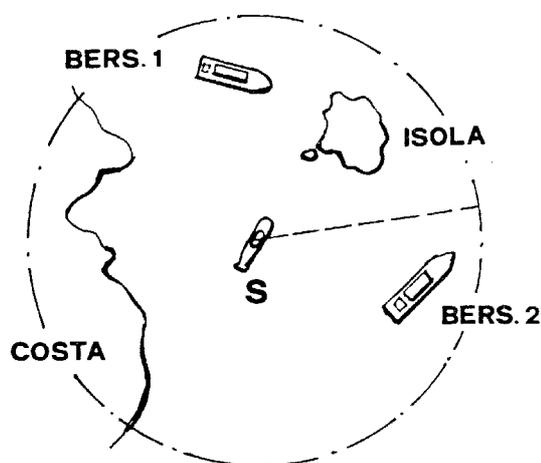


fig. 1.3 Teatro operativo

Dato che tutti i rilievi angolari del sonar sono effettuati facendo riferimento al sommergibile, esso diventa il centro della geometria della zona. Infatti, se tracciamo un cerchio facendo centro su S, tutto ciò che in esso è compreso sarà visualizzato sullo schermo circolare di presentazione con riferimento al punto centrale di questo, che rappresenta il sommergibile.

Nello schermo del sonar compaiono tracce diverse in dipendenza del suo modo operativo. Se si lavora in attivo gli echi di tutti i bersagli compaiono sullo schermo sotto forma di piccoli segmenti luminosi che delineano la topografia della zona circostante il battello, che compare come un punto luminoso al centro. Un raggio luminoso è fatto ruotare dall'operatore per collimare i bersagli.

Questo tipo di presentazione, con riferimento alla situazione di Fig. 1.3 è mostrato in Fig. 1.4.

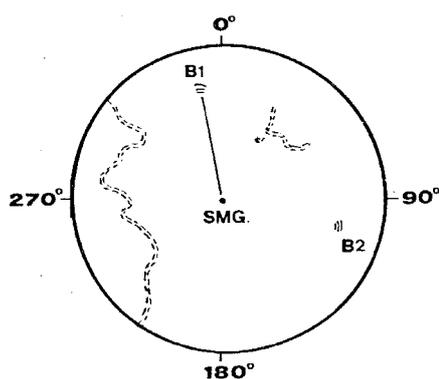


fig. 1.4 Presentazione bersagli passivi

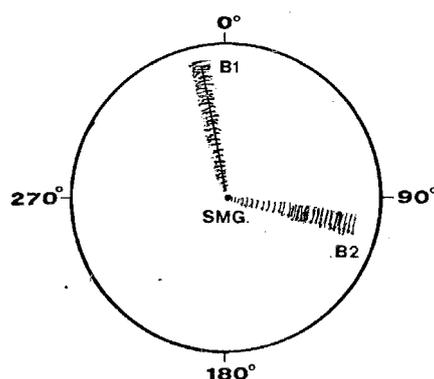


fig. 1.5 Presentazione bersagli attivi

Se il sonar lavora in passivo, i rumori irradiati dai bersagli compaiono sullo schermo sotto forma di tracce radiali che indicano la direzione di provenienza del suono rispetto al battello, che compare come un punto luminoso al centro. Anche in questo caso è presente l'indice luminoso per collimare i bersagli. Questo tipo di presentazione, con riferimento alla situazione di Fig. 1.3, è mostrato in Fig. 1.5.

1.5) Distanza e precisione di localizzazione di un bersaglio attivo.

In condizioni favorevoli, e vedremo più avanti quali sono, la capacità di "scoperta" di un sonar in funzionamento passivo si può stimare tra i quaranta e gli ottanta chilometri. Abbiamo parlato di "scoperta" e non di localizzazione del bersaglio perchè a grandi distanze è difficile una misura accurata della posizione angolare del bersaglio nel piano orizzontale, non parliamo poi dell'impossibilità di misurare la posizione angolare nel piano verticale.

Facciamo un semplice esempio con riferimento alla Fig. 1.6, in essa, che rappresenta una sezione orizzontale dello spazio subacqueo, è indicato il

sommergibile a) durante la fase di scoperta del bersaglio attivo b).

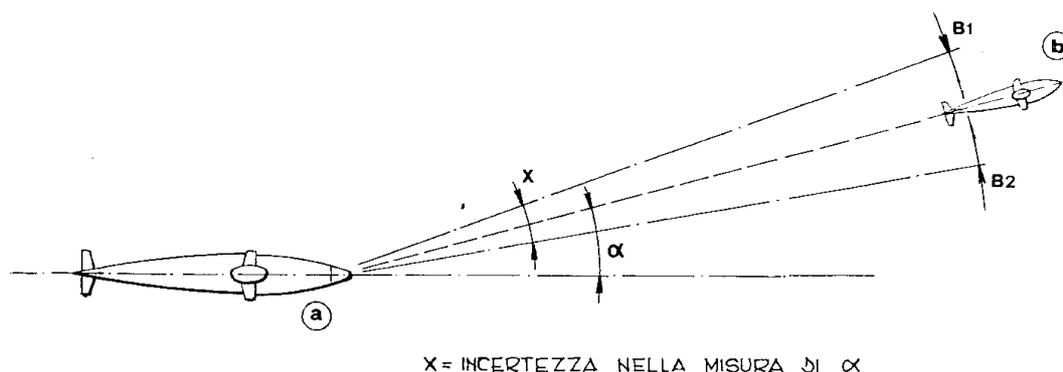


fig. 1.6 Precisione angolare di localizzazione

Supponiamo che la distanza tra a) e b) sia di 40 km e che l'incertezza nella misura dell'angolo α sia di 1.5° : in tali condizioni l'ampiezza dell'arco B1 – B2, in ogni parte del quale può essere indifferentemente posizionato il bersaglio, dal calcolo risulta essere dell'ordine di 1 km; in questa situazione l'impiego del sonar può sembrare inutile, ma non è così. Se si considera che la velocità di spostamento di un bersaglio può essere mediamente di 40 km/h e che se questo muove verso il sommergibile devono trascorrere almeno 30 minuti prima che la distanza si riduca dai 40 km iniziali a 20 km, si intuisce che in questo sensibile intervallo di tempo la situazione si evolve. Infatti, a mano a mano che il bersaglio si avvicina, l'arco B1 – B2 diventa sempre più piccolo, sia perché la distanza decresce, sia perché si riduce l'incertezza nella misura di α ed il sonar stabilisce con molta precisione la posizione del bersaglio. Si può dire, in questo caso, che il tempo fa il gioco del sonar.

La scoperta di bersagli molto lontani, anche con sensibili incertezze nella loro localizzazione, rappresenta pertanto un elemento di primaria importanza per la sicurezza e l'operatività del battello.

1.6) Distanza e precisione di localizzazione di un bersaglio passivo.

Le portate di scoperta di un sonar in funzionamento attivo sono subordinate alla quantità di energia acustica che il sonar emette per ottenere l'eco del bersaglio. Oltre certi limiti, aumentare l'energia emessa implica l'impiego di apparecchiature e di emettitori acustici le cui dimensioni non si adattano a tutti i sommergibili.

Questo fatto rende molto variabile la massima portata di scoperta che, in

condizioni favorevoli, è sensibilmente inferiore a quella ottenuta con la componente passiva.

La precisione di scoperta di un sonar in funzionamento attivo, nell'ambito delle distanze di normale operazione, è paragonabile a quella che si può ottenere in passivo.

Naturalmente la prudenza consiglia, per quanto possibile, di non emettere energia acustica con il sonar, ma di cercare di intercettare l'energia acustica emessa dal bersaglio per i suoi fini di localizzazione; in questo modo le distanze di scoperta del bersaglio, diventato da passivo attivo, aumentano notevolmente.

1.7) Costituzione dell'apparecchiatura sonar.

Nei paragrafi seguenti descriveremo le parti che compongono un sonar simile a quello illustrato in Fig. 1.1. La funzione che ciascuna parte è chiamata a svolgere può essere realizzata con strutture diverse in dipendenza dalle caratteristiche richieste, perciò tali strutture rappresenteranno ipotetiche soluzioni tra le tante possibili.

1.7.1) Componente del sonar per la localizzazione dei bersagli attivi.

1.7.1.1.) La base idrofonica.

La base idrofonica è un sistema di sensori elettro-acustici, detti idrofoni che hanno il compito di captare i rumori irradiati dai bersagli e di trasformarli in tensioni elettriche. Essa è formata da sensori indipendenti l'uno dall'altro, che possono essere montati, ad esempio, secondo una geometria cilindrica così come mostrato in Fig. 1.7.

Ciascuna coppia di idrofoni, in figura 1.7, è disegnata come una barra a sezione circolare disposta verticalmente, essi sono collegati ad un cavo che trasporta le deboli tensioni elettriche provocate dalle onde acustiche.

In questa ipotetica struttura la base riceve, in egual misura, le onde acustiche provenienti da tutto l'arco dell'orizzonte e ciascuna coppia di idrofoni è adibita a riceverle da un settore ben determinato.

La parte centrale della base, sulla superficie della quale sono schierati gli idrofoni, è costruita con materiale che assorbe le onde acustiche in modo che quelle che colpiscono un idrofono non si propaghino all'altro, diametralmente opposto, che è preposto a ricevere il suono da un diverso settore.

Le onde acustiche che colpiscono gli idrofoni hanno intensità variabili in funzione di molti fattori, tra questi: le dimensioni e la velocità del bersa-

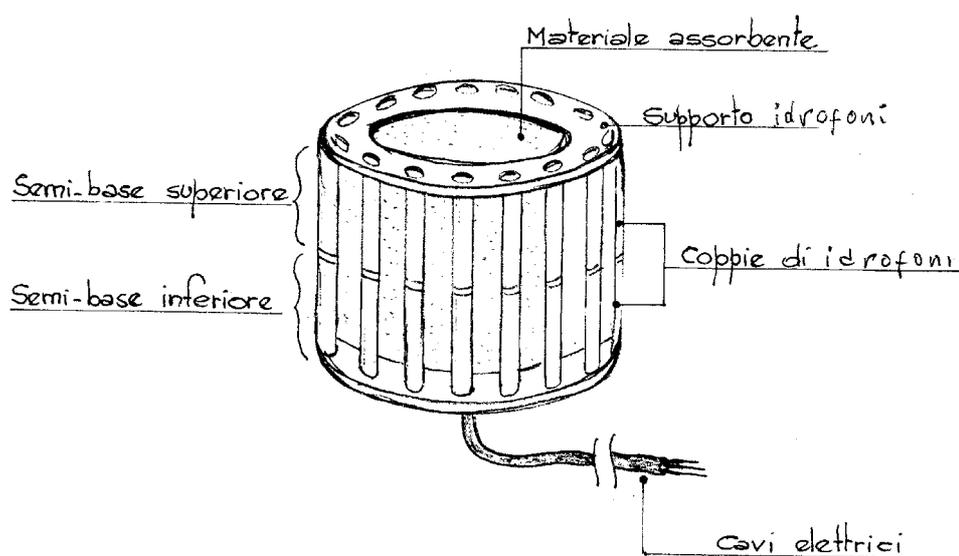


fig. 1.7 Base idrofonica ricevente

glio che le ha generate, la frequenza delle onde emesse, la distanza della sorgente e il modo di propagazione del suono nel mare. Si possono comunque quantizzare, indicativamente, i livelli minimi e massimi delle pressioni che colpiscono la base idrofonica.

I livelli minimi di pressione sono dell'ordine di $1/10$ di microbar.

Per avere un'idea comparativa di questa grandezza con una simile, relativa ad un caso comune, basta pensare che la voce umana, in una conversazione normale, genera delle pressioni acustiche medie di circa 100 microbar.

Le tensioni elettriche, che si generano ai capi degli idrofoni sottoposti alle minime pressioni indicate, sono dell'ordine di qualche milionesimo di volt.

Nel caso di bersagli molto vicini i livelli di pressione che colpiscono gli idrofoni sono naturalmente molto più elevati, dai 10 ai 100 microbar, le tensioni corrispondenti intorno ad alcuni millesimi di volt.

Le tensioni generate dagli idrofoni sono applicate con cavi schermati al cofano degli amplificatori in modo da essere il più protette possibile dai disturbi presenti nel battello,

La base presa a modello, avendo idrofoni su tutta la circonferenza, consente la misura della direzione di provenienza del rumore irradiato dai bersagli su tutto il piano orizzontale (vedi Fig. 1.8/a).

La base che ha coppie di idrofoni indipendenti, montati sullo stesso asse, forma due semibase circolari montate l'una sull'altra, la semibase inferiore e la semibase superiore (fig. 1.7); questo artificio, in via di principio, consente la misura della direzione di provenienza del rumore del bersaglio anche sul piano verticale (vedi Fig. 1.8/b).

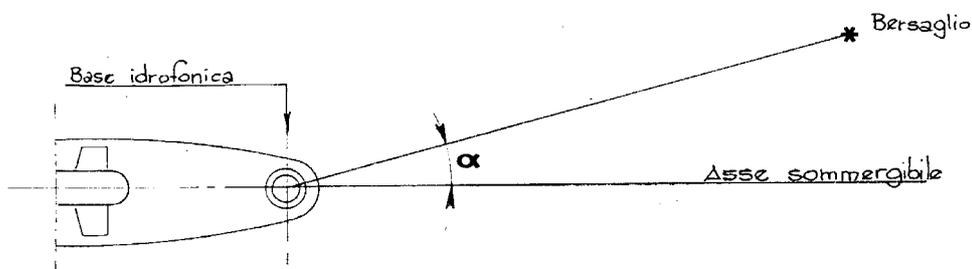


fig. 1.8/a Rilevamento sul piano orizzontale

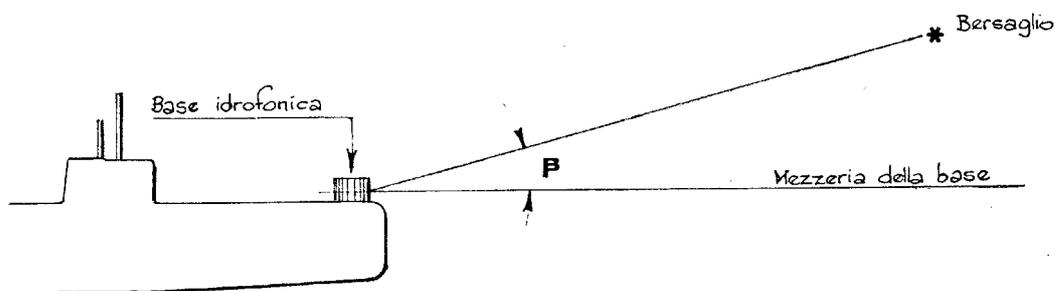


fig. 1.8/b Rilevamento sul piano verticale

1.7.1.2) Il cofano-amplificatori

Il cofano contiene tante schede elettroniche quanti sono gli idrofoni della base.

Ciascuna scheda riceve la tensione generata dal corrispondente idrofono ed opera su di essa tre trasformazioni successive, così come indicato schematicamente in Fig. 1.9.

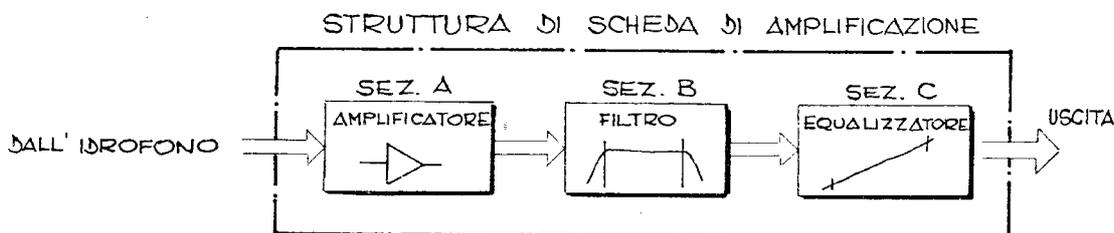


fig. 1.9 Ricevitore Sonar - scheda di amplificazione

Nella sezione A) la tensione dell'idrofono viene amplificata nell'ordine di diecimila volte per ottenere un livello accettabile ai fini della elaborazione seguente. Dato che i livelli delle tensioni idrofoniche sono molto piccoli, il rumore di fondo dell'amplificatore deve essere contenuto il più possibile per non inquinare. Questo fatto ha un'importanza fondamentale perchè la localizzazione dei bersagli dipende dalla predominanza dei segnali sul disturbo.

Nella sezione B) le tensioni idrofoniche amplificate subiscono una modificazione (filtraggio) del loro contenuto armonico, allo scopo di eliminare quella parte dello spettro delle frequenze che, in base alle caratteristiche di progetto del sonar, non è ritenuta utile ai fini della localizzazione.

Nella sezione C) le tensioni filtrate subiscono un'ulteriore alterazione dello spettro, le frequenze basse vengono attenuate rispetto a quelle più alte allo scopo di ridurre l'effetto dei disturbi presenti in mare che sono più intensi alle basse frequenze.

Questa alterazione dello spettro è detta "equalizzazione del disturbo".

Le tensioni in uscita dalle schede di amplificazione, che sono applicate al gruppo di elaborazione, saranno d'ora in poi chiamate "segnali".

1.7.1.3.) Il gruppo elaborazione e il cofano presentazione.

Il primo contiene le diverse unità di elaborazione necessarie al funzionamento del sonar, il secondo supporta gli organi di presentazione dei dati per l'interfaccia del sonar con l'operatore.

Il gruppo di elaborazione e l'unità di presentazione sono mostrati in Fig. 1.10.

Il gruppo di elaborazione riceve i segnali idrofonici provenienti dalle schede di amplificazione e da questi estrae le informazioni più significa-

tive per la localizzazione e l'identificazione dei bersagli, in particolare:

- A) Direzione di ogni bersaglio presente nell'arco dell'orizzonte (misura a media precisione).
- B) Direzione di un bersaglio scelto tra quelli presenti nell'arco dell'orizzonte (misura ad elevata precisione).
- C) Quota di un bersaglio scelto tra quelli presenti nell'arco dell'orizzonte.
- D) Timbro del rumore emesso da un bersaglio scelto come nei precedenti punti.
- E) Distanza e velocità relativa di un bersaglio scelto come nei precedenti punti (informazione fornita dalla sola componente attiva del sonar).

Le informazioni A) sono ricavate automaticamente dal sistema di ricerca dei bersagli nel piano orizzontale, blocco 1, e da qui sono inviate allo schermo video per la rappresentazione topografica dello scenario subacqueo.

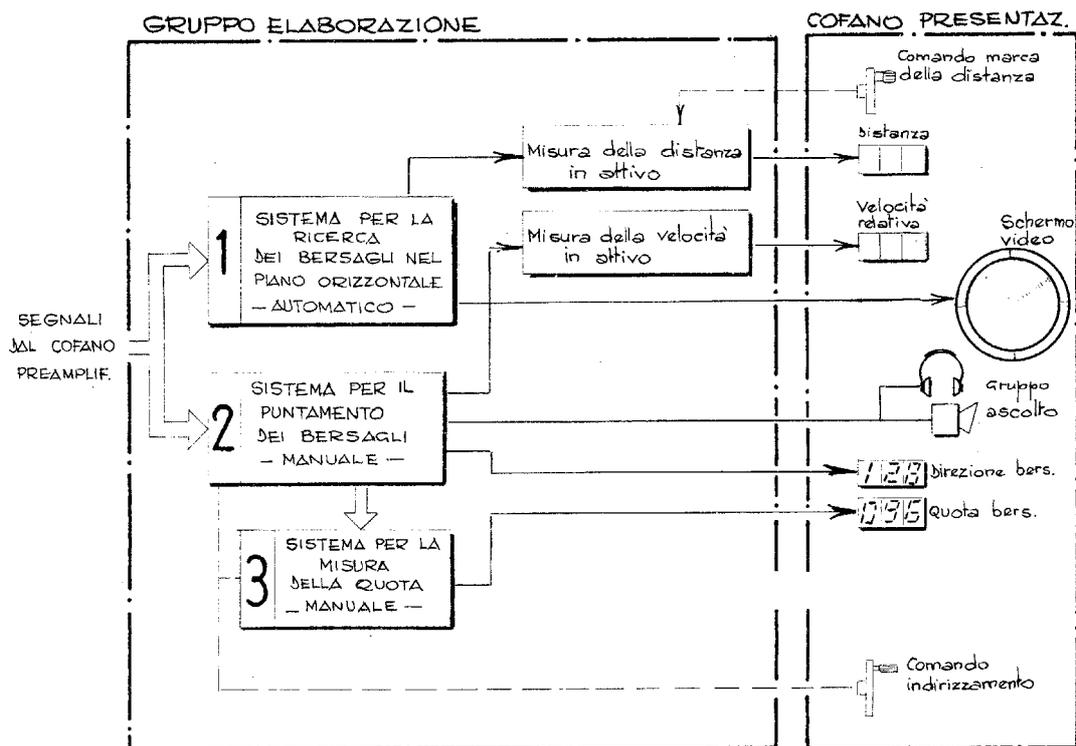


fig. 1.10 Ricevitore sonar - elaborazione e presentazione

Le informazioni B/C sono ricavate dai blocchi 2 e 3 mediante comando

dell'operatore che li indirizza sul bersaglio scelto, l'uscita dei blocchi è visualizzata su due indicatori numerici, posti sul cofano presentazione, nei quali si legge il valore preciso della direzione e la quota del bersaglio. Le informazioni D) sono ricavate sempre dal blocco 2 che viene indirizzato dall'operatore; una seconda uscita del blocco, collegata ad un altoparlante e ad una cuffia, consente all'operatore l'ascolto del rumore irradiato dal bersaglio.

Le informazioni E) si ottengono soltanto quando il sonar emette gli impulsi acustici (funzionamento attivo). La distanza viene ricavata dal blocco 1 facendo coincidere, manualmente, una marca luminosa sull'eco del bersaglio presentata sullo schermo video. A coincidenza effettuata l'operatore ha disponibile sull'apposito indicatore numerico il valore della distanza. La velocità relativa viene calcolata automaticamente ed è visualizzata su di un secondo indicatore numerico.

1.7.2) Componente del sonar per la localizzazione dei bersagli passivi.

1.7.2.1) Il cofano-trasmittitore.

Questa parte del sonar è utilizzata soltanto nella fase di funzionamento attivo; con essa si generano gli impulsi elettrici mediante i quali si eccita il sistema degli emettitori elettroacustici per l'invio dell'energia acustica in mare.

La struttura del trasmettitore è rappresentata in Fig. 1.11, in essa sono indicati i tre componenti principali:

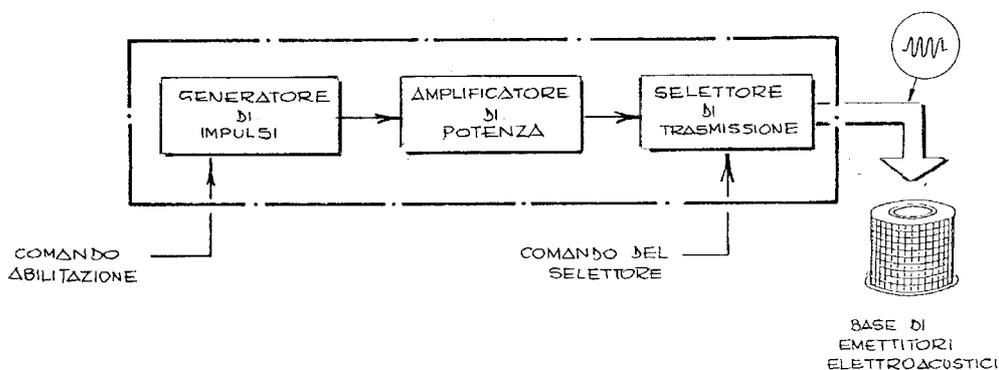


fig. 1.11 Trasmittitore sonar

Generatore di impulsi – Amplificatore di potenza – Selettore di trasmissione.

Il generatore riceve dal cofano presentazione l'abilitazione ad emettere gli impulsi e li trasferisce all'amplificatore di potenza. Gli impulsi emessi hanno durata, frequenza e ritmo di ripetizione, che sono stabiliti dalle caratteristiche operative del sonar.

L'amplificatore di potenza, ricevuti gli impulsi dal generatore, li fornisce al livello di tensione necessario per ottenere la voluta eccitazione degli emettitori elettroacustici.

L'entità della potenza elettrica fornita dipende dalle caratteristiche operative.

Il selettore di trasmissione riceve dall'operatore il comando per la scelta del modo di emissione, che può avvenire in tutto l'orizzonte subacqueo o su di un qualsiasi settore di questo.

1.7.2.2.) Gli emettitori elettroacustici.

Il sistema degli emettitori è formato da un supporto cilindrico sul quale sono inseriti, come in un mosaico, gli elementi vibranti (vedi Fig. 1.11). La base irradia gli impulsi acustici su tutto l'arco dell'orizzonte quando, su comando del selettore di trasmissione, gli elementi vibranti sono eccitati tutti contemporaneamente; irradia impulsi su di un settore stabilito quando il selettore comanda l'eccitazione dei soli elementi che interessano quel settore.

In questo modo è possibile dirigere l'emissione solamente in una direzione preferita concentrando in essa tutta l'energia disponibile: si aumenta così la distanza di localizzazione attiva e si riduce la probabilità che il sommergibile venga scoperto.

1.7.2.3.) Il sistema per la ricezione dell'eco.

Il sistema delegato alla ricezione degli echi dei bersagli è formato dalla stessa base idrofonica di fig. 1.7 con tutti i circuiti utilizzati per la ricezione dei segnali generati dai bersagli attivi già descritti nel paragrafo 1.7.1.3.

1.8) Complementi del sonar.

1.8.1) Basi idrofoniche trainate.

Nella fase di scoperta dei bersagli il sonar è ostacolato dai disturbi che

sono presenti in mare e da quelli prodotti dal battello su cui è installato. Naturalmente il settore più rumoroso del sommergibile è la parte di poppa, dove alloggiavano le eliche; è per questa ragione infatti che le basi idrofoniche vengono montate sulla parte estrema di prua che è meno influenzata dalla turbolenza della propulsione. Resta comunque il fatto che i bersagli che si trovano nelle direzioni verso poppa sono scoperti con maggiore difficoltà a causa del disturbo che abbiamo menzionato.

I sommergibili nucleari, in particolare, disponendo di elevate potenze di propulsione e di turbine a vapore, provocano forti disturbi nelle zone poppiere sì da impedire la scoperta in tali settori. Per ovviare a questo grave inconveniente è stato adottato un sistema particolare di base idrofonica, che in ausilio a quella sul battello, viene trainata da questo a centinaia di metri di distanza in modo da consentire la captazione dei rumori irradiati dai bersagli anche nel settore di poppa.

Le basi trainate hanno forma rettilinea e sono collegate al sommergibile con cavi speciali, così come mostrato in Fig. 1.12.

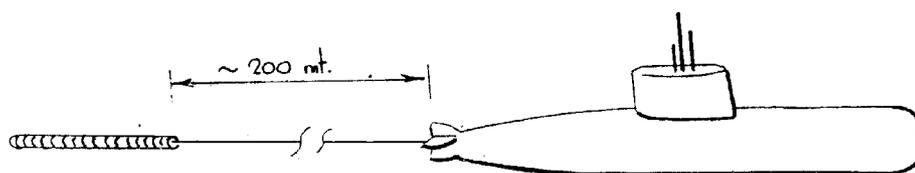


fig. 1.12 Sonar con base trainata

I segnali idrofonici della base, tanti quanti sono gli elementi che la costituiscono, raggiungono il sonar mediante un cavo elettrico a molti poli che è fissato alla fune del traino.

L'impiego di basi trainate di grandi dimensioni è reso possibile dalle avanzate tecnologie dei sonar che prevedono l'uso di potenti calcolatori per l'elaborazione dei segnali che provengono contemporaneamente dalle centinaia di sensori della base.

Molti fattori negativi dipendono dal traino e si ripercuotono sulla precisione di localizzazione, tra questi, ad esempio, l'assetto, non facilmente

prevedibile, e le oscillazioni dovute al moto ondoso: tutto ciò rende incerta la geometria della base.

Al di là di tutti i problemi resta la elevata capacità di questi sistemi ad effettuare la scoperta sonar a distanze non raggiungibili con le basi installate normalmente sul battello.

1.8.2) Il sonar come mezzo di comunicazione.

Nell'ambito dei sistemi di comunicazione di un sommergibile si inserisce a buon diritto la funzione del telefono subacqueo che può essere implementata nel sonar.

Il telefono subacqueo rappresenta un mezzo molto utile per le comunicazioni bidirezionali tra mezzi navali. Esso si avvale della componente attiva del sonar per l'invio di messaggi e della componente passiva per la loro ricezione.

L'implementazione del telefono nel sonar è resa possibile grazie all'impiego del cofanetto di comunicazione e ascolto mostrato in Fig. 1.13. nella figura sono tracciate le frecce che indicano i percorsi dei segnali tra cofanetto e sonar.

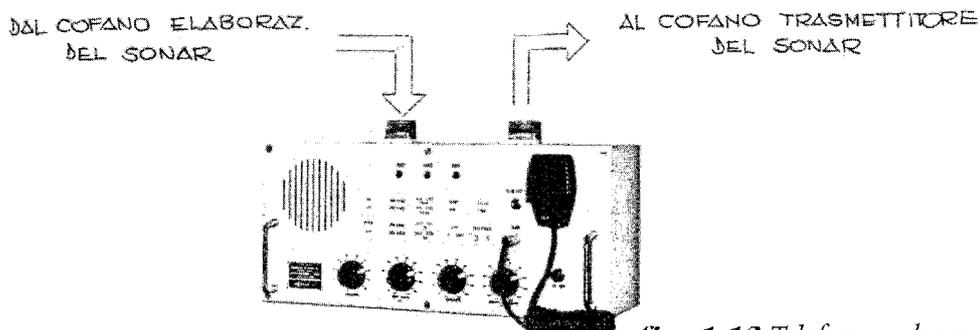


fig. 1.13 Telefono subacqueo

L'operatore che desidera comunicare con un corrispondente, dopo aver acceso il cofanetto del telefono, effettua una chiamata dal microfono, contemporaneamente i circuiti di modulazione comandano il cofanetto trasmettitore che eccita la base degli emettitori. L'energia acustica emessa si propaga in mare e viene captata dal sonar del corrispondente che, essendo in ascolto (l'operatore lo è sempre durante la navigazione), risponde alla chiamata con un telefono analogo.

Le onde acustiche del sonar corrispondente colpiscono la base idrofonica, i segnali da essa generati attraverso il cofanetto amplificatori e il cofanetto elaborazione raggiungono i circuiti di demodulazione del telefono che li tra-

sferisce, amplificati, alla cuffia per l'ascolto.

Quando un sonar riceve una chiamata telefonica, sullo schermo video del cofano di presentazione compare una traccia luminosa che indica all'operatore la direzione del battello che l'ha inviata. La chiamata però non viene captata soltanto dal battello al quale è destinata, ma da tutti i sonar in ascolto nella zona. Questo fatto limita notevolmente l'impiego del telefono se il sommergibile non vuole essere individuato. Per diminuire tale probabilità l'operatore può comandare l'emissione settoriale delle onde acustiche nel modo già visto nel capitolo 1.7.2.2.).

La forma di comunicazione vocale non è l'unica che si realizza con il sonar, sono molto frequenti le comunicazioni telegrafiche, ottenute emettendo e ricevendo impulsi secondo il codice Morse, oppure quelle cifrate, che avvengono con l'emissione di sequenze frequenziali secondo codici stabiliti o collegamenti a mezzo macchine telex. Questi diversi mezzi di comunicazione sono realizzabili attraverso gli stessi circuiti che compongono il cofanetto del telefono subacqueo.

1.8.3) Il sonar come mezzo di intercettazione.

Le capacità operative del sonar si estendono notevolmente affiancando alle componenti passiva e attiva la componente di intercettazione.

Questa componente funziona impiegando alcuni sistemi del sonar facenti parte delle altre due componenti.

Essa è utile per la localizzazione di mezzi navali nemici che emettono impulsi acustici a scopo di scoperta o attacco.

La descrizione del sonar come intercettatore richiede la conoscenza di concetti che sono sviluppati nei capitoli successivi e pertanto questa nota vale come anticipazione su quanto sarà descritto in seguito ed in particolare nel capitolo 6.

1.8.4) La componente per la misura passiva della distanza.

Nelle operazioni di sorveglianza o attacco è necessario che il sommergibile misuri, con il sonar, oltre che la direzione, anche la distanza del bersaglio.

Per far ciò esso può impiegare diversi metodi in base alla situazione contingente: se il bersaglio è passivo la distanza è misurabile soltanto impiegando la componente attiva, anche se questa azione denuncia la presenza del sommergibile.

Se il bersaglio emette rumore, invece, la misura può essere fatta con altri sistemi che non espongono il battello al rischio di essere scoperto dal nemico. Uno di questi, molto semplice, è applicabile soltanto in particolari condizioni di propagazione delle onde acustiche; esso consente la misura della distanza mediante opportuni rilievi angolari da eseguire con la normale componente passiva del sonar. Di queste tecniche parleremo nel capitolo dedicato alla propagazione del suono in mare.

Il sistema primario, che assicura un impiego più generalizzato, è formato da una speciale componente del sonar, che viene integrata con le altre componenti del complesso di localizzazione. Questa componente è chiamata "misuratore passivo della distanza"

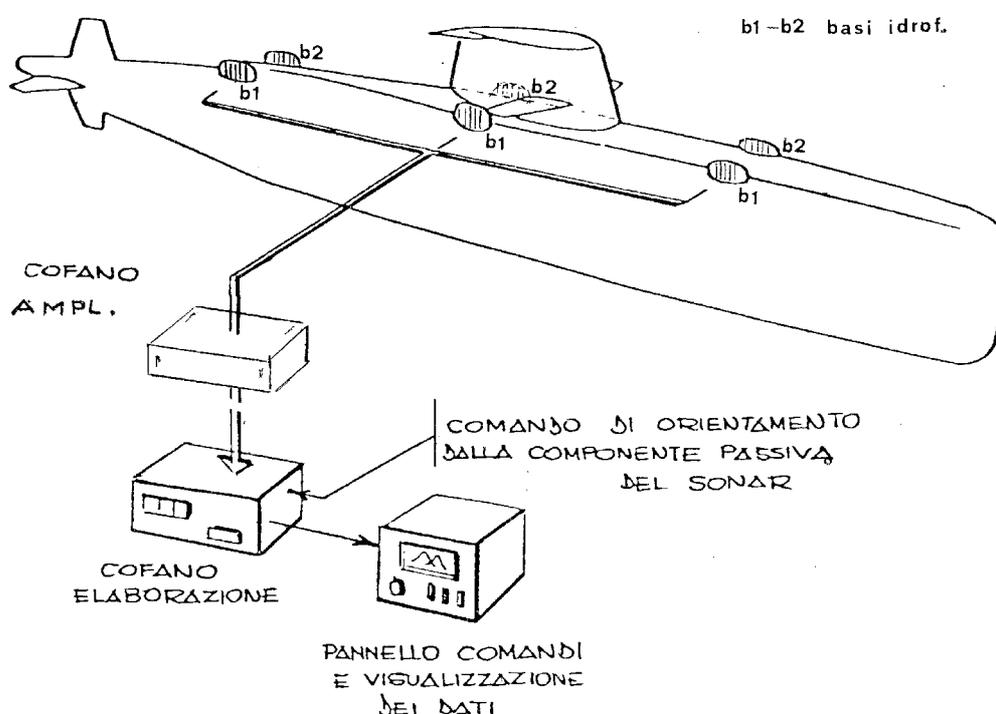


fig. 1.14 Misuratore passivo della distanza dei bersagli

Per il funzionamento del misuratore della distanza sono necessarie due basi idrofoniche ausiliarie, che vengono collocate sui fianchi del sommergibile. La composizione della componente è mostrata in Fig. 1.14; in essa si osservano: le due basi idrofoniche, ciascuna formata da tre gruppi di stecche idrofoniche che vengono disposti a notevole distanza l'uno dall'altro sui fianchi del battello; i cofani degli amplificatori, per il primo trattamento delle tensioni idrofoniche, il cofano di elaborazione, dove ven-

gono sviluppati gli algoritmi di calcolo e il pannello di comando e visualizzazione dei dati, che viene integrato nel cofano di presentazione del sonar. I principi di funzionamento di questa importantissima componente saranno descritti in seguito, quando il lettore avrà appreso i fondamenti su cui si basano i sistemi di localizzazione subacquea più semplici.

1.9) Piccoli sistemi sonar.

1.9.1.) La sonoboa.

Un caratteristico tipo di sonar installato su boe galleggianti è stato realizzato per il funzionamento abbinato con apparati di radiocomunicazioni: la sonoboa. Essa è strutturata come indicato in Fig. 1.15.

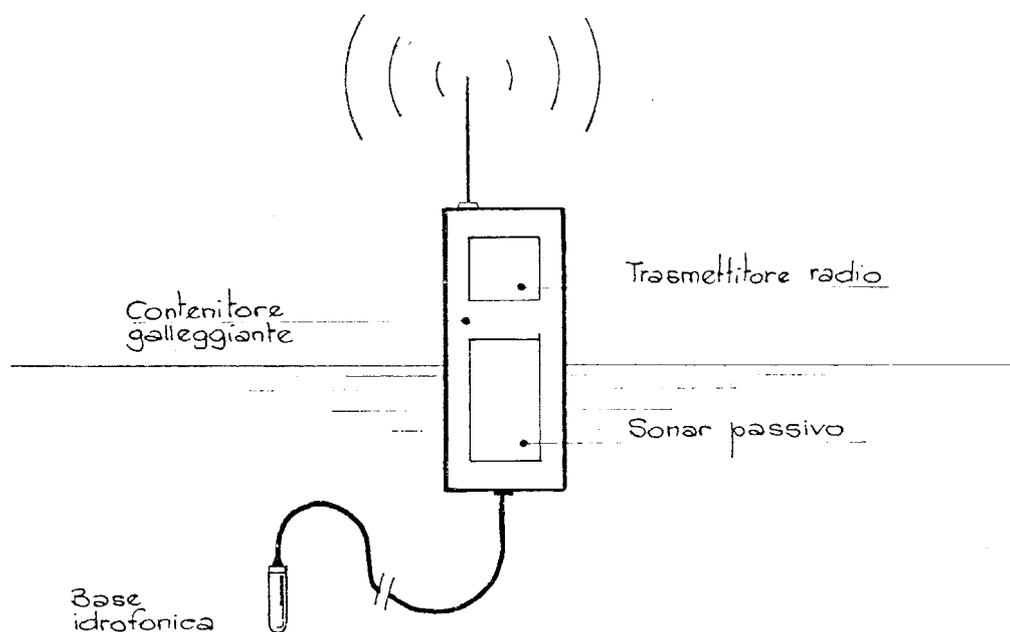


fig. 1.15 La sonoboa

Il corpo della boa ha funzione di galleggiante e di contenitore delle due sezioni abbinata: il sonar e il trasmettitore radio.

La base idrofonica, calata a notevole profondità, capta i rumori irradiati dai bersagli; le tensioni idrofoniche, mediante un apposito cavo di collegamento, raggiungono la sezione sonar che esplica soltanto la funzione di scoperta, limitandosi ad "ascoltare" il timbro dei bersagli. Questa informazione è inviata al trasmettitore che emette, tramite l'apposita antenna, un segnale radio modulato con il timbro del rumore del bersaglio.

La tecnica di impiego della sonoboa nella scoperta di bersagli subacquei è illustrata in Fig. 1.16.

Un aereo appositamente attrezzato porta la sonoboa sopra la zona di mare da sorvegliare. Prima del lancio la boa è chiusa e tanto l'antenna radio che la base idrofonica sono all'interno di essa. Dopo che l'aereo ha lanciato la boa in mare, l'antenna radio si eleva automaticamente e la base idrofonica cala in profondità.

In pochi istanti il sistema entra in funzione e dalla stazione radio-ricevente dell'aereo è possibile l'ascolto idrofonico trasmesso dalla boa.

Con l'impiego di una sola boa l'operatore sonar dell'aereo si limita ad ascoltare i rumori trasmessi che denunciano la presenza di eventuali bersagli. Se si utilizzano più boe contemporaneamente e si dispone sull'aereo di una speciale e molto complessa apparecchiatura di elaborazione dei segnali, si localizza il bersaglio come con un sonar tradizionale.

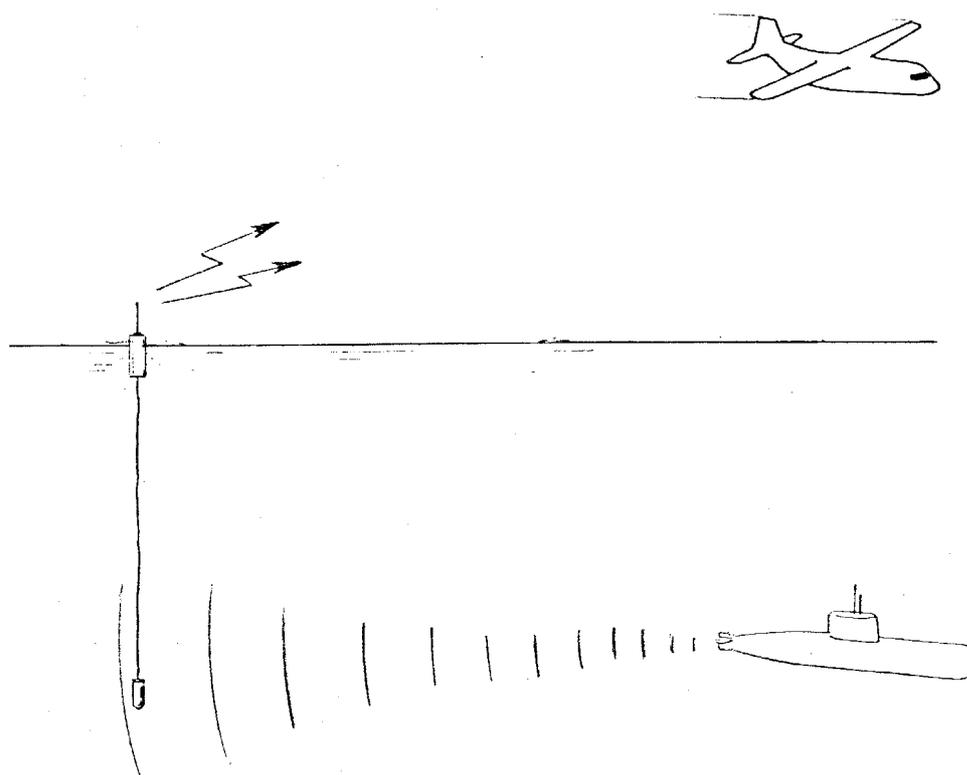


fig. 1.16 Impiego della sonoboa su bersaglio attivo

La sonoboa, con un artificio, può rilevare anche un bersaglio passivo se l'aereo, che fa ricerca del bersaglio, fa esplodere una carica esplosiva in

mare. In questo caso la situazione si presenta come in fig. 1.17.

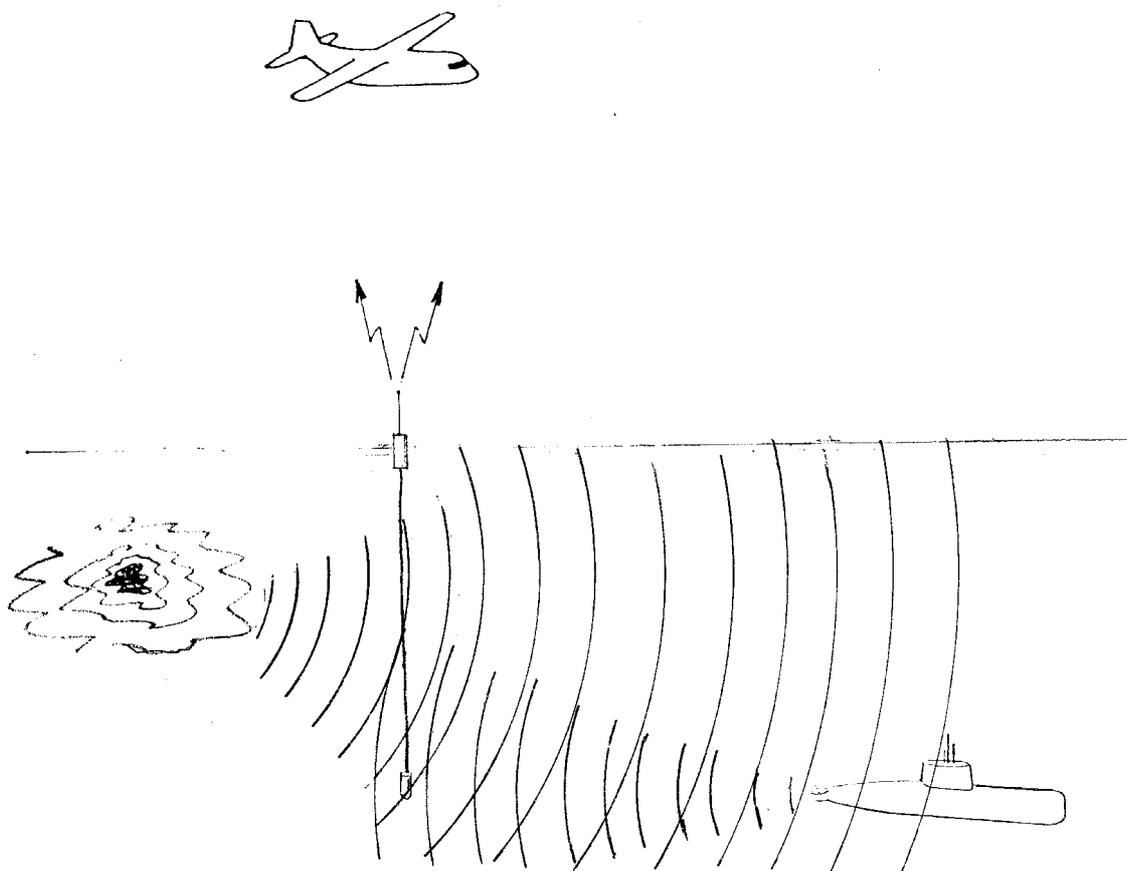


fig. 1.17 Impiego della sonoboa su bersaglio passivo

L'esplosione della carica produce onde acustiche che, propagandosi, raggiungono il bersaglio. L'eco riflessa da esso viene captata dalla base idrofonica della boa e il bersaglio passivo viene scoperto. Naturalmente la boa riceve anche l'onda diretta provocata dall'esplosione, ma l'operatore sull'aereo sa distinguere la differenza tra questa e l'eco.

1.9.2) Il siluro con il sonar.

Come è noto il lancio di un siluro, da parte di un sommergibile, implica la localizzazione del bersaglio a vista con il periscopio, ciò impone delle notevoli limitazioni sulla distanza massima d'impiego dell'arma.

I siluri con il sonar non richiedono il puntamento a vista del bersaglio, ma vengono indirizzati verso di esso mediante l'apparato di localizzazione del sommergibile. In questo tipo di lancio "al buio" il siluro riceve un indi-

rizzo approssimativo del bersaglio, (vedi esempio citato al paragrafo 1.5), dopo di che, quando è a distanza ottimale per l'impiego del proprio sonar, lo localizza con precisione, fino alla collisione.

Il sonar montato sui siluri ha una configurazione simile a quelli installati a bordo dei sommergibili, differisce per le dimensioni delle basi idrofoni- che e per le modeste potenze acustiche emesse in funzionamento attivo. La struttura di un siluro con il sonar è riportata in Fig. 1.18.

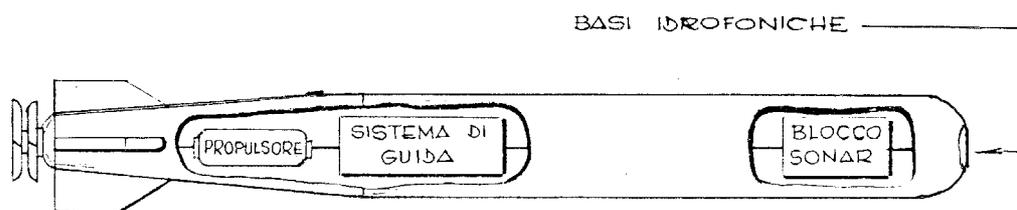


fig. 1.18 Il siluro guidato dal sonar

Nella parte anteriore del siluro sono sistemate la base idrofonica ricevente e quella emittente. Le due basi sono collegate al blocco sonar, all'interno del quale sono svolte tutte le funzioni, sia attive che passive, già descritte in precedenza. Inoltre esso compie parte di quel gruppo di funzioni, a carattere decisionale, che a bordo di un sommergibile sono affidate all'operatore.

Dal blocco sonar escono i segnali di comando che agiscono sul sistema di guida del siluro per indirizzarlo contro il bersaglio.

Il blocco sonar è programmato per funzionare in attivo o in passivo in base a particolari criteri operativi.

Questo tipo di siluro può essere lanciato anche da un aereo nella zona dove è stato localizzato un bersaglio, in questo caso il siluro non è indirizzato in precedenza e inizia in autoguida la ricerca di esso fino a quando non lo ha localizzato, a questo punto si dispone sulla rotta di collisione.