

CAPITOLO 5

Principi, sistemi e metodologie per la localizzazione subacquea attiva

5.1) L'eco del bersaglio.

La localizzazione attiva si attua mediante l'emissione in mare di impulsi di energia acustica che hanno lo scopo di produrre gli echi dei bersagli. L'energia riflessa, eco, viene captata dalla base ricevente e consente al sonar di valutare la direzione e la distanza del bersaglio nonché la velocità relativa tra bersaglio e sommergibile.

Quando l'eco colpisce la base ricevente si presenta ad essa in modo simile all'onda acustica del rumore irradiato da un bersaglio attivo, l'unica differenza è dovuta alla durata del fenomeno che nel caso del rumore irradiato è persistente, mentre per l'eco dipende dalla lunghezza dell'impulso emesso dal sonar. Nell'ambito della durata dell'impulso d'eco valgono, per il suo fronte d'onda, gli stessi ragionamenti fatti nel capitolo precedente, a proposito delle misure dei tempi di ritardo e delle relazioni tra questi e la direzione di provenienza dell'onda acustica.

5.2.) La misura della direzione con il metodo dell'eco.

Vediamo come si misura la direzione di un bersaglio, con il metodo dell'eco, considerando il noto modello acustico adattato alla ricezione di un'onda impulsiva (eco) (vedi figura 5.1).

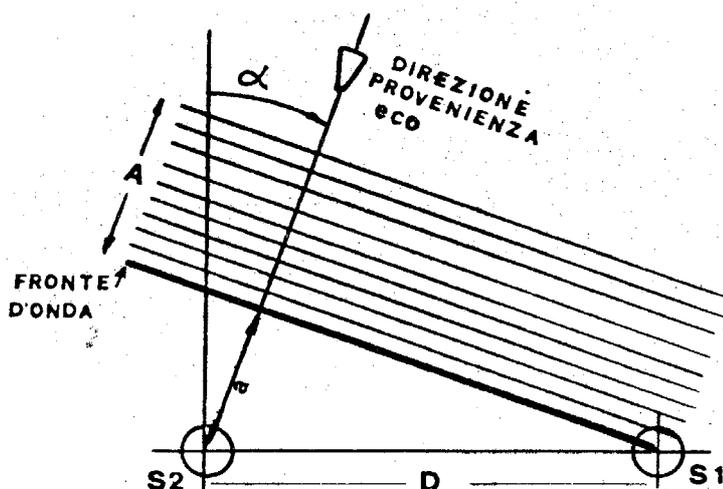


fig. 5.1 Geometria per il rilievo dei ritardi del fronte d'onda dell'eco su due idrofoni.

Nella figura sono evidenziati la lunghezza dell'impulso acustico (A) (a cui corrisponde una durata T), l'angolo α , formato dalla direzione di provenienza del fronte dell'impulso con una normale alla base e la differenza di percorso (a) che l'impulso deve superare per passare dalla stecca $S1$ alla stecca $S2$ e la distanza D tra le stecche. Il tempo t , che il fronte dell'impulso impiega nel percorrere lo spazio (a), varia al variare dell'angolo α con la stessa legge mostrata dal grafico di Fig. 4.2 (esempio fatto per una distanza tra le stecche di 20 cm).

Per la misura della direzione di provenienza dell'impulso è quindi necessario, come per il caso del rumore irradiato da un bersaglio, valutare il valore del tempo di ritardo t . Dobbiamo notare che la misura del tempo t non è subordinata alla durata dell'impulso che può essere, indifferentemente, sia grande che piccola.

Per eseguire questo tipo di rilievo è indispensabile, a causa della limitata durata dell'impulso, adottare un sistema di misura che consenta di valutare il fenomeno nel tempo della durata stessa.

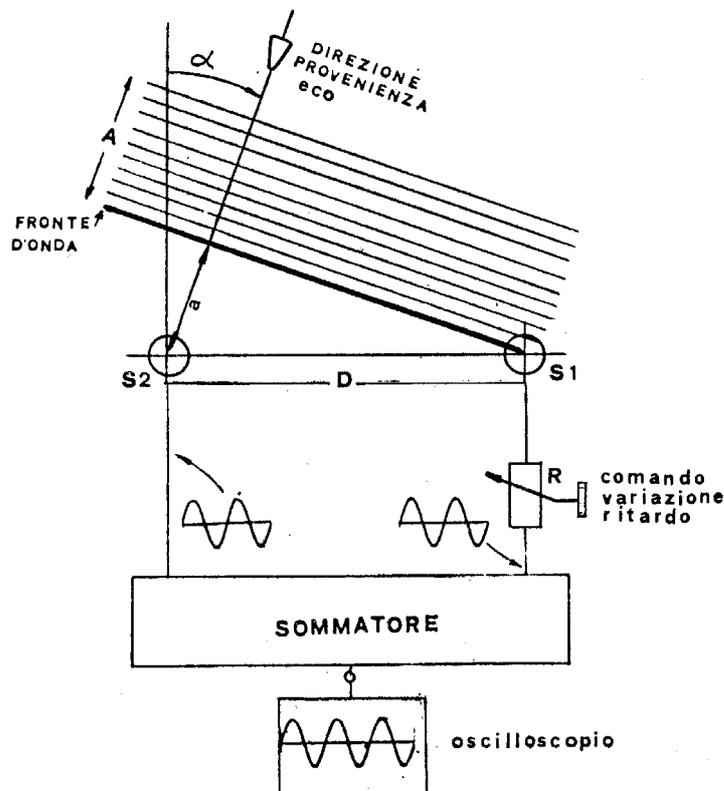


fig. 5.2 Sistema per la misura del ritardo del fronte d'onda dell'eco su due idrofoni.

Nella Fig. 5.2. è mostrato lo schema di principio per la valutazione del tempo di ritardo t e sono evidenziate le forme d'onda delle tensioni, prodotte dall'onda impulsiva, ai capi delle stecche. Queste tensioni hanno andamento sinusoidale, perché tale è l'andamento delle pressioni acustiche dovute all'impulso emesso in acqua dal sonar. Le tensioni sinusoidali che hanno sempre polarità istantanee uguali si dicono in fase.

Per determinare la direzione del bersaglio si deve introdurre con R un ritardo artificiale adatto a rendere uguali in fase le tensioni delle stecche in modo che l'ampiezza dell'impulso all'uscita del sommatore sia massima. La tensione impulsiva della stecca S1 viene applicata al sistema R, che la ritarda prima di inviarla al sommatore, la tensione della stecca S2., già ritardata del tempo t , a causa del maggior percorso dell'onda in acqua, viene applicata direttamente al sommatore.

La misura del tempo di ritardo t , tra la tensione impulsiva generata da S2 e quella generata da S1, si effettua osservando con un oscilloscopio il comportamento dell'ampiezza della tensione in uscita dal sommatore. Se il ritardo introdotto artificialmente dal sistema R (*) è diverso da t , l'operazione di somma avviene tra due tensioni sinusoidali che non sono uguali in fase e la tensione in uscita dal sommatore non raggiunge il massimo valore. Se il ritardo introdotto dal sistema R è uguale a t la tensione di S1 subisce in R lo stesso ritardo che la pressione acustica dell'impulso, che colpisce S2, subisce in acqua a causa dell'inclinazione del fronte d'onda e le due tensioni hanno la stessa fase, per conseguenza la tensione all'uscita del sommatore raggiunge il massimo valore. In questo modo si ottiene la coincidenza del valore di R con il ritardo t e dal valore di R si determina, come per i sistemi passivi, la direzione del bersaglio.

E' necessario fare ora due importanti osservazioni:

1) Abbiamo accennato che gli impulsi ricevuti hanno andamento sinusoidale, ciò può provocare, nel sistema di Figura 5.2, condizioni di ambiguità nella misura della direzione, dovute al fatto che le tensioni delle due stecche possono trovarsi in fase, per un certo tratto dell'impulso, anche quando il ritardo introdotto da R non è uguale a t , generando un massimo anomalo all'uscita del sommatore.

Tale situazione è visibile in Fig, 5.3 e non richiede alcun commento. L'ambiguità viene evitata impiegando basi idrofoniche a più stecche dato che questa particolare situazione può verificarsi per due di esse, ma non per tutte.

*(Vedi osservazione 1 del presente paragrafo)

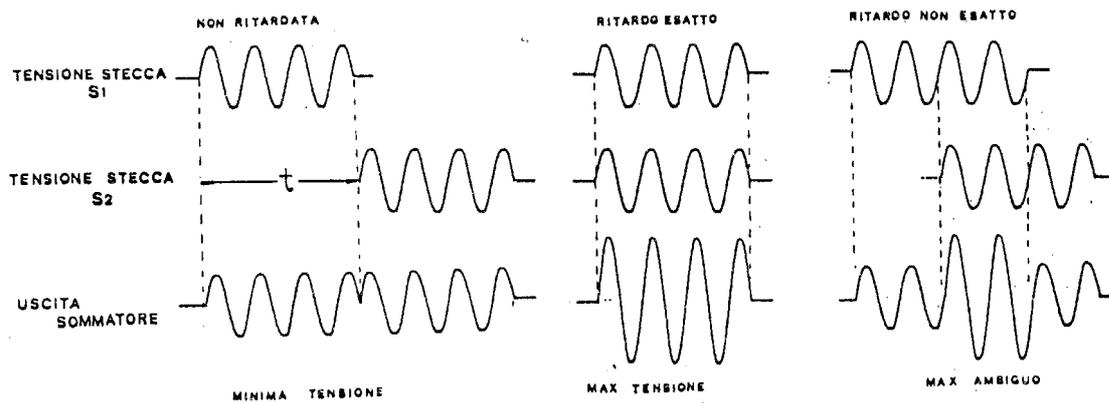


fig. 5.3 Somma delle tensioni dovute all'eco.

Per queste basi si può estendere lo stesso principio indicato per la misura della direzione con due stecche.

- 2) Dato che la durata del fenomeno da osservare, per la misura del ritardo t , è limitata dalla lunghezza T dell'impulso ricevuto, non è possibile riuscire, in un tempo così breve, a trovare variando R , il ritardo che rende massimo l'impulso all'uscita del sommatore. Ciò richiederebbe che l'operazione venisse estesa all'osservazione di più impulsi successivi che si ripetono con cadenza impressa dal trasmettitore del sonar.

Questo fatto è limitativo rispetto alla facilità con cui si può fare un'analoga operazione ricevendo i rumori persistenti irradiati dai bersagli attivi e ci fa capire che è praticamente impossibile determinare la direzione di un bersaglio con il metodo dell'eco, impiegando il sistema a fascio orientato con compensatore, dato che non è pensabile ruotare quest'ultimo alla ricerca di un'eco, che non si sa quando e da dove provenga.

La localizzazione attiva si basa pertanto su l'impiego di sistemi di fasci preformati che consentono di vedere la traccia dell'eco in qualsiasi momento e da qualsiasi direzione giunga. Soltanto nella fase di ascolto del timbro dell'eco, una volta localizzato il bersaglio, si ricorre a particolari sistemi di orientamento manuale.

5.3) Principi di misura della distanza dei bersagli passivi.

L'eco di un bersaglio passivo, che ritorna verso il sonar che l'ha generata, contiene l'informazione della distanza del bersaglio nella curvatura del-

l'onda così come nel caso, visto nel paragrafo 4.7, del rumore irradiato da un bersaglio. Questa informazione, che nella localizzazione passiva è indispensabile per la misura della distanza, non è impiegata nel funzionamento attivo del sonar perché esso offre un mezzo più semplice per tale misura.

Vediamo, con l'aiuto di Fig. 5.4, come si determina la distanza del bersaglio secondo il metodo dell'eco.

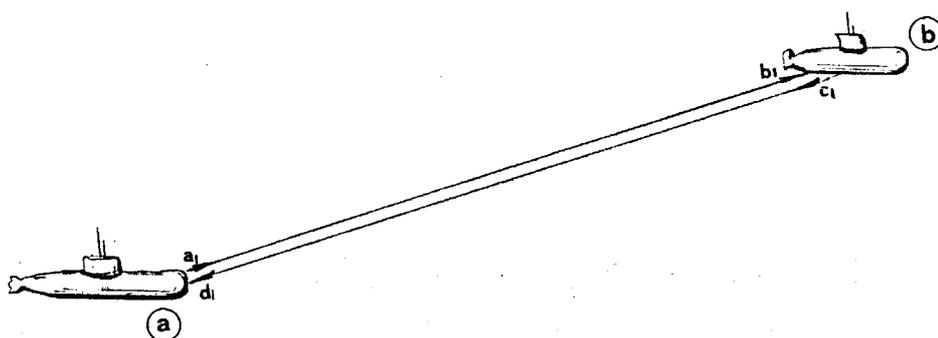


fig. 5.4 Geometria per la misura della distanza dei bersagli con il metodo dell'eco.

Nella figura sono indicati con le lettere A e B, rispettivamente, il sommergibile protagonista ed il bersaglio passivo, con le lettere a1-b1 il percorso dell'impulso emesso da A per la localizzazione di B, con le lettere c1-d1 il percorso dell'eco di ritorno da B. Naturalmente le lunghezze dei due percorsi sono uguali.

L'impulso acustico emesso da A copre la distanza a1-b1 nel tempo T alla velocità di propagazione del suono nell'acqua (circa 1500 m/sec), l'eco di ritorno da B copre la distanza c1-d1 alla stessa velocità e nello stesso tempo T . La misura della distanza tra A e B si calcola, semplicemente, dopo aver misurato il tempo $2T$ che intercorre tra l'emissione dell'impulso in acqua e la ricezione dell'eco da parte del sonar.

Infatti facendo il prodotto del tempo di percorrenza ($2T$) per la velocità di propagazione del suono si ottiene lo spazio percorso dall'impulso tra andata e ritorno, dividendo per due questo spazio si ricava la distanza del bersaglio.

Nel grafico di Fig. 5.5. sono indicate le distanze del bersaglio in funzione del valore di ($2T$) supponendo la velocità di propagazione del suono in acqua di 1500 m/sec.

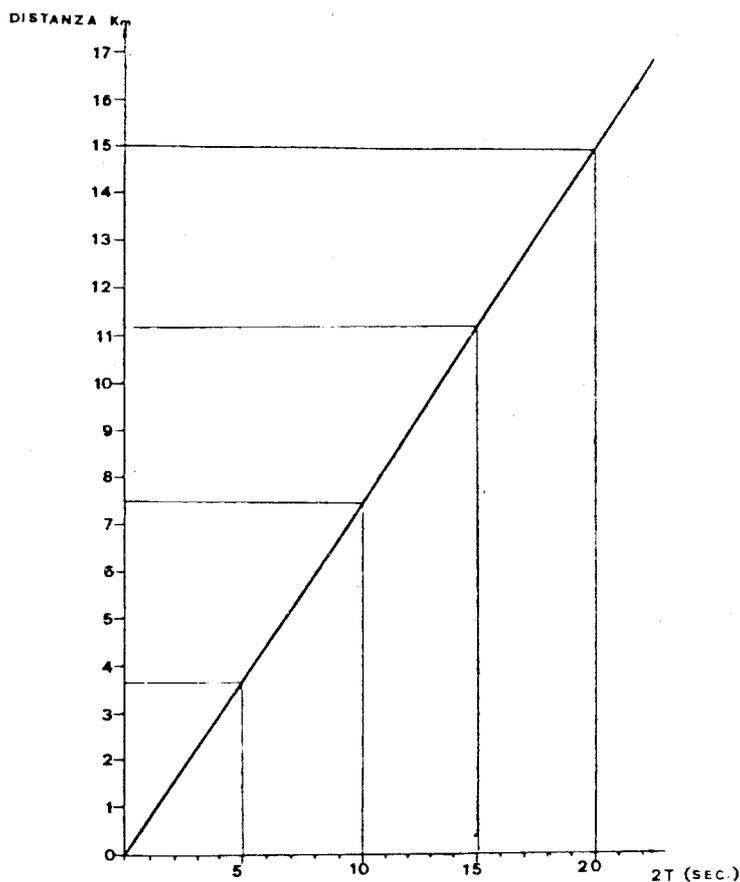


fig. 5.5 Diagramma della distanza del bersaglio in funzione del tempo di percorrenza A-B (andata e ritorno).

Il problema della determinazione della distanza si risolve, come gran parte dei problemi sonar, in una misura di tempo, in particolare nella misura del tempo $2T$ di andata e ritorno dell'impulso.

La valutazione del tempo $2T$, cioè la determinazione della distanza, viene eseguita in parte automaticamente e in parte con l'intervento dell'operatore.

5.4) Fasci preformati nel sonar attivo (misura della direzione e della distanza).

La scoperta e la localizzazione dei bersagli con il metodo dell'eco si basa principalmente sull'impiego di sistemi a fasci preformati (vedi seconda osservazione del paragrafo 5.2).

La presentazione di più echi provenienti da direzioni e distanze diverse, è resa possibile dall'accoppiamento di un sistema di fasci preformati con un dispositivo di governo dei tempi di scansione, sincronizzato con l'istante

di emissione dell'impulso acustico in acqua.

Il sistema a fasci preformati è simile a quello descritto nel paragrafo 4.5, il cui schema a blocchi è mostrato in figura 4.19.

Ciascun fascio riceve gli echi dei bersagli in un determinato settore e l'insieme dei fasci copre tutto l'orizzonte subacqueo.

Il blocco di scansione esplora ciclicamente tutte le uscite dei rivelatori alla ricerca di qualche impulso di tensione dovuto agli echi dei bersagli captati dalla base idrofonica. L'uscita del blocco di scansione è collegata, come nei sistemi passivi, al blocco di interpolazione.

I tempi di scansione, che presiedono l'esplorazione dei rivelatori, sono, in questo caso di ricerca attiva, molto più brevi di quelli corrispondenti per l'esplorazione in ricerca passiva. La ragione risiede nel fatto che l'eco del bersaglio è di breve durata e, cercandone la direzione di provenienza, devono essere esplorati più di una volta tutti i fasci nel tempo in cui dura l'impulso.

Il dispositivo per il governo dei tempi di scansione ha il compito di fare partire la scansione dei rivelatori nell'istante in cui il sonar emette l'impulso acustico in acqua. In questo modo si stabilisce con precisione, in base al tempo impiegato per compiere ogni scansione e al numero di queste, il tempo trascorso dall'inizio della trasmissione all'istante in cui viene ricevuta l'eco. Tale tempo permette la determinazione della distanza del bersaglio.

Per chiarire le idee facciamo un esempio realistico: supponiamo di avere un sistema di scansione in grado di esplorare tutti i rivelatori in 1 millesimo di secondo; se la prima scansione parte all'istante dell'emissione dell'impulso in acqua, terminerà la sua esplorazione $1/1000$ di secondo dopo, la seconda scansione terminerà $2/1000$ di secondo dopo, la terza $3/1000$ di secondo dopo e così via; se l'eco di un bersaglio viene individuata durante la diecimillesima scansione sappiamo che il tempo $2T$, trascorso dall'emissione dell'impulso, è di $10000/1000$ di secondo, cioè 10 secondi, a cui corrisponde (vedi figura 5.5) una distanza del bersaglio di 7500 metri.

Vediamo ora come si presentano le diverse scansioni all'uscita del blocco interpolatore, nel caso in cui il bersaglio, individuato con la diecimillesima scansione, sia disposto nella direzione 60° rispetto all'asse del battello.

In Fig. 5.6 sono tracciate, l'una di seguito all'altra, 10 scansioni attorno alla diecimillesima interessata dall'esempio, in figura si osserva che la curva a

campana, simile a quella di figura 4.22, compare soltanto nelle scansioni comprese tra il numero 10000 e il numero 10003, dato che l'eco, che

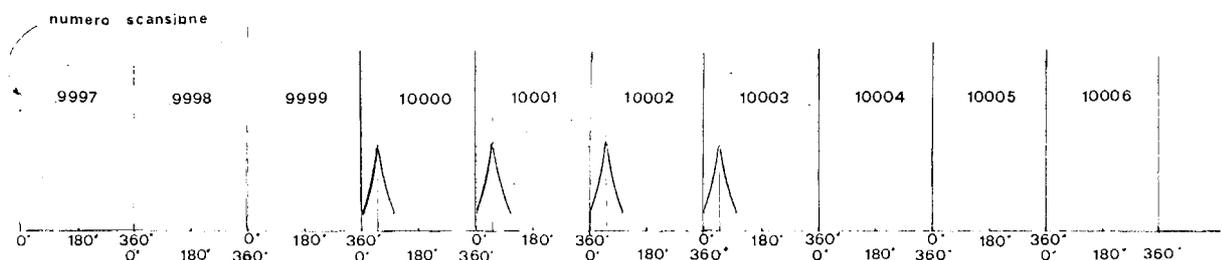
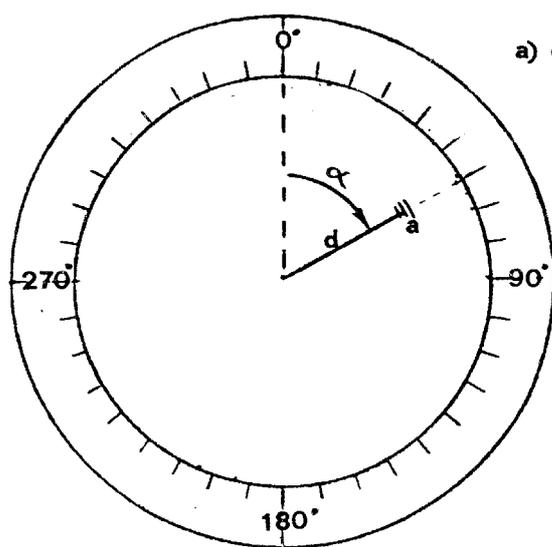


fig. 5.6. Tensioni all'uscita dell'interpolatore per la presenza di un impulso d'eco.

giunge alla diecimillesima scansione ha durata di circa $4/1000$ di secondo. Le tensioni impulsive all'uscita dell'interpolatore sono visualizzate su di un apposito schermo circolare, di tipo televisivo, in modo che verso il centro di esso compaiono sempre le prime scansioni e verso la periferia le ultime (vedi Fig. 5.7). Ciascuna scansione è rappresentata sullo schermo come un cerchio su cui compaiono le tracce degli echi. I cerchi, concentrici, presentano un diametro minimo al centro dello schermo e un diametro massimo in periferia.



a) eco bersaglio a 60° - 10000^a scans.

d) indice luminoso - 7500m

fig. 5.7 Presentazione dell'eco del bersaglio in distanza e posizione angolare.

I culmini delle tensioni a campana compaiono sullo schermo come archetti luminosi posizionati soltanto sulle poche scansioni che hanno individuato l'eco. La posizione angolare del raggio su cui si trovano le tracce dell'eco rappresenta la direzione del bersaglio rispetto all'asse del battello, la distanza delle tracce dal centro dello schermo dipende dal numero progressivo della scansione che ha individuato l'eco e rappresenta, in scala opportuna, la distanza del bersaglio.

Il rilievo della direzione viene fatto dall'operatore posizionando, con l'apposito volantino, un raggio luminoso sulle tracce dell'eco in modo da bisecarle, la posizione del volantino viene tradotta automaticamente nell'indicazione numerica della direzione del bersaglio.

Il rilievo della distanza viene eseguito variando, con altro volantino, la lunghezza del raggio posizionato in precedenza, in modo che la sua lunghezza coincida con la distanza delle tracce dal centro dello schermo; dato che essa rappresenta, in scala, la distanza del bersaglio, anche la lunghezza del raggio e la posizione del volantino, che l'ha determinata, saranno proporzionali ad essa; la posizione del volantino viene tradotta automaticamente in indicazione numerica della distanza.

Dato che gli echi per ragioni che vedremo, hanno generalmente breve durata, gli schermi video devono avere una elevata persistenza nella tenuta delle tracce luminose per consentire all'operatore di osservarle il più a lungo possibile per poter procedere su di esse ai rilievi del caso.

5.5) Ascolto dell'eco del bersaglio.

Nella localizzazione attiva gioca un ruolo importante l'ascolto della frequenza dell'eco del bersaglio; essa consente all'operatore esercitato di stabilire, dopo aver ascoltato un certo numero di echi dello stesso bersaglio, se esso è fermo o se si sta avvicinando o allontanando.

Questa possibilità, che deriva dal fenomeno fisico detto effetto Doppler, si spiega nel seguente modo: il sonar, con battello fermo, emette un impulso di localizzazione alla frequenza operativa F , l'impulso si propaga e colpisce il bersaglio, che, se è in movimento verso la direzione del sommergibile, "va incontro alle onde sonore" e l'impulso subisce una compressione nel tempo; l'eco che ne deriva non ha più la frequenza F , ma ne ha una superiore.

Se il bersaglio è invece in fase di allontanamento dal sommergibile l'impulso subisce una rarefazione nel tempo dato che il bersaglio si "allontana dalla onde sonore" e l'eco che ne deriva non ha più la frequenza F , ma una

inferiore. Se il bersaglio è fermo l'eco di ritorno ha la stessa frequenza emessa dal sonar.

Nel fare le precedenti considerazioni abbiamo supposto il battello fermo; quando questa condizione non si verifica, la variazione di frequenza subita dall'eco può essere dovuta in parte al moto del bersaglio e in parte al moto proprio del battello, in questo caso l'operatore non è in grado di stabilire se il bersaglio si avvicina o si allontana.

Con l'impiego di un particolare circuito elettronico detto "annullatore del Doppler proprio" è possibile cancellare la variazione di frequenza che l'eco subisce a causa del moto del battello consentendo all'operatore una corretta valutazione dell'effetto Doppler dovuto al bersaglio.

Quando il movimento relativo bersaglio-sommergibile non avviene secondo la retta congiungente i due mezzi l'effetto Doppler si riduce, fino a scomparire per determinate condizioni cinematiche tra di essi.

L'operatore può ascoltare un'eco particolare tra quelli che ha individuato sullo schermo video del sistema a fasci preformati: per far ciò orienta nella direzione del bersaglio prescelto il "puntatore d'ascolto", esso è un'appendice del sistema a fasci preformati della componente attiva ed è collegato secondo lo schema a blocchi di Fig. 5.8.

Dalla figura si osserva che il puntatore, blocco 1, preleva i segnali all'uscita dei sommatore per la formazione dei fasci prima del trattamento di rivelazione che modifica il contenuto frequenziale dell'eco.

L'operatore, agendo sull'apposito volantino graduato (V), porta il cursore del puntatore sul fascio più vicino alla direzione del bersaglio rilevato sullo schermo video e si dispone all'ascolto degli echi che, a seguito di ulteriori emissioni di impulsi, vengono ricevuti dal sonar.

Gli impulsi provenienti dal puntatore non sono ascoltati direttamente dall'operatore dato che, generalmente, le frequenze di emissione sono elevate e non si prestano molto bene alla percezione uditiva tendente a sfruttare l'effetto Doppler. L'ascolto viene effettuato sugli echi sintetici ottenuti dal blocco 2, trasformando elettronicamente le frequenze originali dell'eco in frequenze molto più basse, che portano più marcatamente all'orecchio dell'operatore le variazioni di frequenza dovute alle fasi di avvicinamento o di allontanamento del bersaglio.

La frequenza degli echi sintetici, quando la velocità relativa è nulla, è dell'ordine di 800 Hz quale che sia la frequenza di emissione F .

Questo valore di frequenza è scelto, come vedremo nel capitolo 7, per ottimizzare l'ascolto da parte dell'operatore.

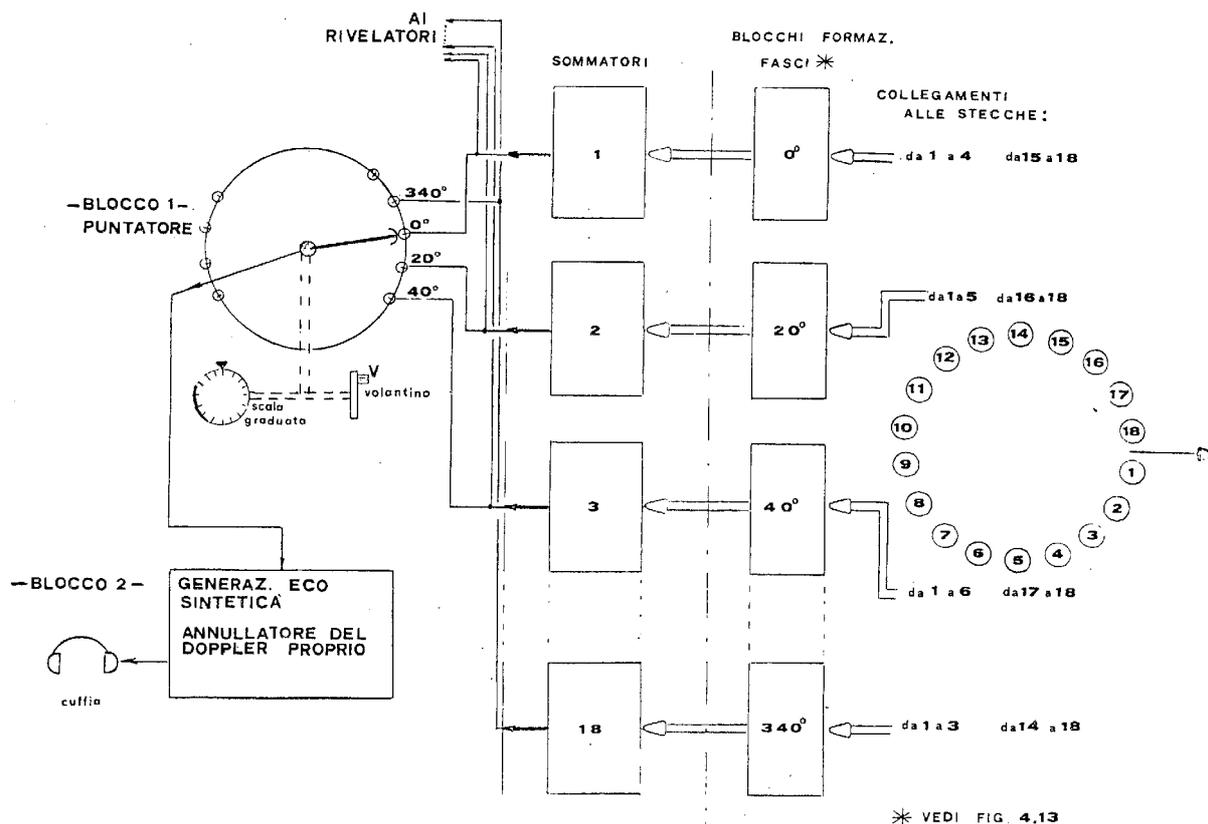


fig. 5.8 Schema a blocchi del sistema per l'ascolto dell'eco del bersaglio.

5.6) Misura della velocità relativa bersaglio-sommergibile.

La variazione della frequenza dell'eco dovuta all'effetto Doppler viene utilizzata anche per la determinazione della velocità relativa bersaglio-sommergibile.

La misura si basa sul rilievo automatico, molto accurato, della differenza tra la frequenza dell'impulso emesso e quella dell'eco ricevuta e su di un calcolo, anch'esso automatico, che consente di visualizzare, su di un indicatore numerico, la velocità relativa.

Questo tipo di rilievo viene fatto dopo aver orientato il puntatore d'ascolto verso il bersaglio interessato. Gli impulsi d'eco da elaborare, all'uscita dal puntatore, sono applicati al sistema di misura e calcolo, che, data la sua complessità, non può essere descritto nello spazio disponibile per questo

argomento. E' interessante però fare qualche osservazione in merito alle variazioni di frequenza che il sistema deve discriminare, nell'ambito di un impulso d'eco, per poter calcolare la velocità bersaglio-sommergibile. Facciamo un esempio supponendo che la frequenza F di emissione del sonar sia 6000 Hz, le variazioni Δf della frequenza, calcolate in funzione della velocità relativa, sono riportate in fig. 5.9, dove i $(+\Delta f)$ si riferiscono al moto in avvicinamento e i $(-\Delta f)$ al moto in allontanamento.

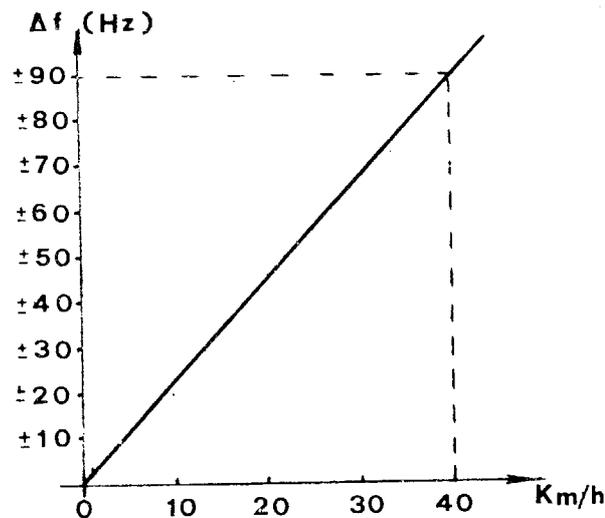


fig. 5.9 Diagramma della frequenza Doppler in funzione della velocità relativa bersaglio-sommergibile.

Dal grafico si nota che, se la velocità relativa varia, in avvicinamento da 0 a 40 Km/h, la frequenza dell'eco ricevuta subisce una variazione da 0 a + 90 Hz, cioè passa da 6000 Hz per velocità relativa 0 a 6090 Hz per velocità relativa di 40 Km/h, con una variazione di frequenza di + 2,25 Hz per ogni Km/h di incremento.

Il grafico mostra inoltre che per velocità relativa in allontanamento da 0 a 40 Km/h la frequenza dell'eco ricevuta subisce una variazione da 0 a - 90 Hz, cioè passa da 6000 Hz, per velocità 0, a 5910 Hz per velocità relativa di 40 Km/h, con una variazione in frequenza di - 2,25 Hz per ogni Km/h di incremento.

Questo significa che per eseguire la misura della velocità con la precisione di 1 Km/h si deve apprezzare la frequenza dell'eco almeno con la precisione di 2 Hz su 6000 Hz e ciò non è poco se si tiene presente che il tempo di misura è limitato alla breve durata dell'eco del bersaglio.

5.7) Modi di trasmissione degli impulsi acustici.

La componente attiva del sonar, per svolgere le sue funzioni, si avvale di un sistema di trasmissione per l'invio degli impulsi acustici in acqua. La struttura del sistema è già stata vista nel paragrafo 1.7.2, qui ci limiteremo ad un esame dei particolari che più lo caratterizzano: i modi di trasmissione.

L'emissione degli impulsi acustici può essere effettuata in due modi diversi in base alle necessità operative:

- A) Emissione di un'onda impulsiva lungo tutto l'arco dell'orizzonte subacqueo, vedi fig. 5.10; questo modo operativo, detto "omnidirezionale", è utile per effettuare la scoperta attiva qualora si voglia esplorare tutto lo spazio subacqueo.
- B) Emissione di un'onda impulsiva secondo una direzione prescelta, vedi fig. 5.11; questo modo operativo, detto "direzionale" è utile per effettuare i rilievi su di un solo bersaglio secondo particolari esigenze operative.

L'emissione omnidirezionale si ottiene eccitando contemporaneamente, con lo stesso impulso di trasmissione, tutte le stecche della base di emettitori. L'eccitazione provoca le vibrazioni sincrone di tutti i trasduttori e le pressioni esercitate in acqua da ciascuno di essi danno luogo ad un'onda che si propaga con la stessa intensità in tutte le direzioni.

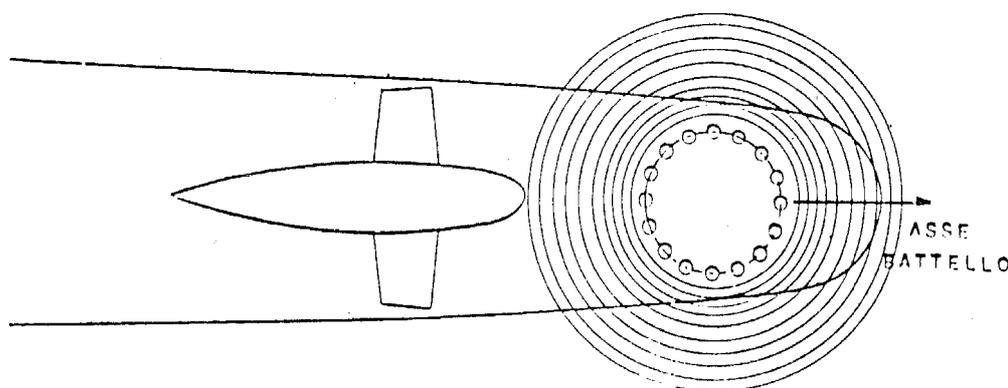


fig. 5.10 Geometria di emissione omnidirezionale.

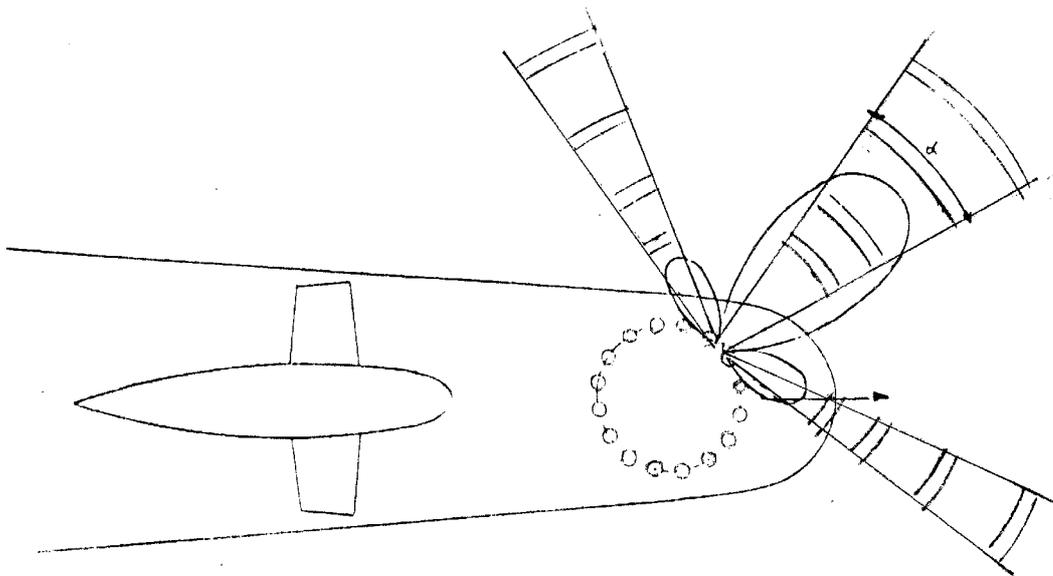


fig. 5.11 *Geometria di emissione direzionale.*

L'impulso elettrico applicato alle stecche è formato da una tensione sinusoidale e di conseguenza anche l'impulso che si propaga in acqua è formato da oscillazioni sinusoidali.

L'emissione direzionale si ottiene eccitando, tramite un adatto congegno detto selettore di trasmissione, un certo numero di stecche schierate verso la direzione nella quale deve essere emesso l'impulso acustico.

Se l'eccitazione di tutte le stecche prescelte fosse fatta con lo stesso impulso di tensione, l'energia acustica tenderebbe a propagarsi in un ampio settore e l'emissione non sarebbe concentrata in un fascio direttivo. Per ottenere la massima concentrazione di energia, in un piccolo settore angolare, si forma un fascio di emissione con la tecnica dei blocchi di ritardo (vedi fig. 5.12).

Nella figura è stato disegnato un settore di una base circolare della quale sono impiegate 4 stecche per la formazione del fascio, 2 delle quali sono collegate ai blocchi di ritardo. In questa disposizione circuitale non sono stati indicati, per semplicità, nè gli amplificatori di potenza per la trasmissione nè il selettore delle stecche, lo schema pertanto è valido soltanto per la dimostrazione del principio della composizione del fascio direttivo. Per realizzare un fascio direttivo di emissione si devono introdurre, nelle tensioni impulsive che si applicano alle stecche, dei ritardi adatti a compensare la geometria circolare della base.

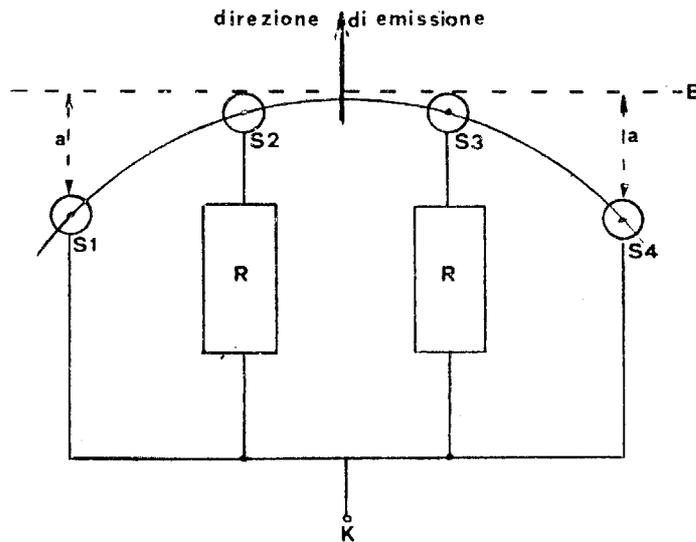


fig. 5.12 Circuito per la formazione del fascio direttivo in emissione.

In tal modo si rendono uguali, dalla parte più avanzata della base in poi, le fasi delle pressioni acustiche in acqua, in modo da avere, nella direzione voluta, la somma delle pressioni generate dalle stecche.

Il segmento AB, tracciato nella figura come tangente alla base, rappresenta il limite oltre il quale le pressioni generate dalle stecche devono essere in fase; vediamo come si ottiene questa condizione esaminando la geometria del disegno: la tensione impulsiva di eccitazione, applicata al punto K, raggiunge direttamente le stecche S1 e S4 dato che le loro pressioni per giungere al segmento AB subiscono un ritardo naturale in acqua pari al tempo t necessario per percorrere lo spazio (a) . Le stecche S2 e S3 invece, essendo tangenti al segmento AB, devono essere eccitate con un ritardo R pari al tempo t , affinché le pressioni da loro emesse siano in fase con quelle delle stecche S1 e S4.

Con questa disposizione di ritardi si ottiene in acqua, dal segmento AB in poi, che le pressioni generate dalle stecche abbiano tutte, nel medesimo tempo, lo stesso senso di spostamento e si sommino con uniformità creando un'onda impulsiva di pressione, che si propaga con la maggior intensità secondo l'asse di AB. La pressione sonora decresce invece sensibilmente, secondo la caratteristica di direttività del fascio, per le direzioni che si scostano dalla normale di AB (dato che per tali direzioni non esiste più la concordanza temporale dei sensi di spostamento delle pressioni generate dalle stecche) e compaiono i lobi secondari.

Per ottenere fasci di direttività in trasmissione sufficientemente stretti, si impiegano molte più stecche e blocchi di ritardo di quanti ne sono stati in-

dicati nella descrizione, ma i principi di composizione del fascio restano gli stessi.

5.8) Configurazione della componente attiva del sonar.

Dopo la breve esposizione dei sistemi che costituiscono la componente attiva del sonar vediamo una struttura tipica, facendo riferimento allo schema a blocchi di fig. 5.13.

Nello schema è riportato l'insieme dei blocchi funzionali che costituiscono la componente attiva, essa è divisa nelle seguenti sezioni:

- A) Sezione per l'emissione degli impulsi e base dei tempi.
- B) Sezione per la scoperta e la misura della direzione e della distanza del bersaglio.
- C) Sezione per l'ascolto dell'eco.

D) Sezione per la misura della velocità relativa bersaglio - sommergibile. Descriviamo le sezioni funzionali secondo un'ipotetica situazione che coinvolge l'operatore: quando egli inizia la ricerca attiva abilita, anzitutto, il trasmettitore (2) che normalmente, per ragioni prudenziali, onde evitare emissioni accidentali in fase di agguato, è bloccato con una speciale chiave. L'abilitazione pone il trasmettitore nel modo di funzionamento omnidirezionale, poco dopo che il trasmettitore è stato abilitato, la base tempi (3), automaticamente, invia due segnali di comando: uno al trasmettitore (2) l'altro al sistema a fasci preformati (6).

Il segnale di comando applicato al trasmettitore sblocca l'oscillatore interno che genera l'impulso di tensione per l'eccitazione di tutte le stecche della base (1), si ha così l'emissione in acqua di un impulso sonoro che si propaga su tutto l'orizzonte subacqueo.

Il segnale di comando applicato al sistema a fasci preformati (6) dà la partenza al sistema di scansione dei fasci che inizia, in concomitanza con l'emissione dell'impulso in acqua, ad una velocità di una scansione in 1/1000 di secondo, la ricerca degli echi in tutte le direzioni.

Supponiamo che siano presenti due bersagli passivi A e B, il bersaglio A nella direzione 50° e, alla distanza di 3500 mt, il bersaglio B nella direzione 270° e alla distanza di 10000 mt.

La prima eco che giunge alla base ricevente (4), base comune alla componente passiva del sonar, è quella del bersaglio A, che arriva dopo circa 4,6 sec. dall'emissione dell'impulso in acqua, la seconda eco è quella del bersaglio B che arriva dopo circa 13,6 sec. (questi tempi si ricavano, in base alle distanze, dalla fig. 5.5). I due echi sono captati dalla base (4) che li tra-

sforma in impulsi elettrici che sono applicati agli amplificatori selettivi (5). Gli amplificatori selettivi hanno il compito di elevare le tensioni gene-

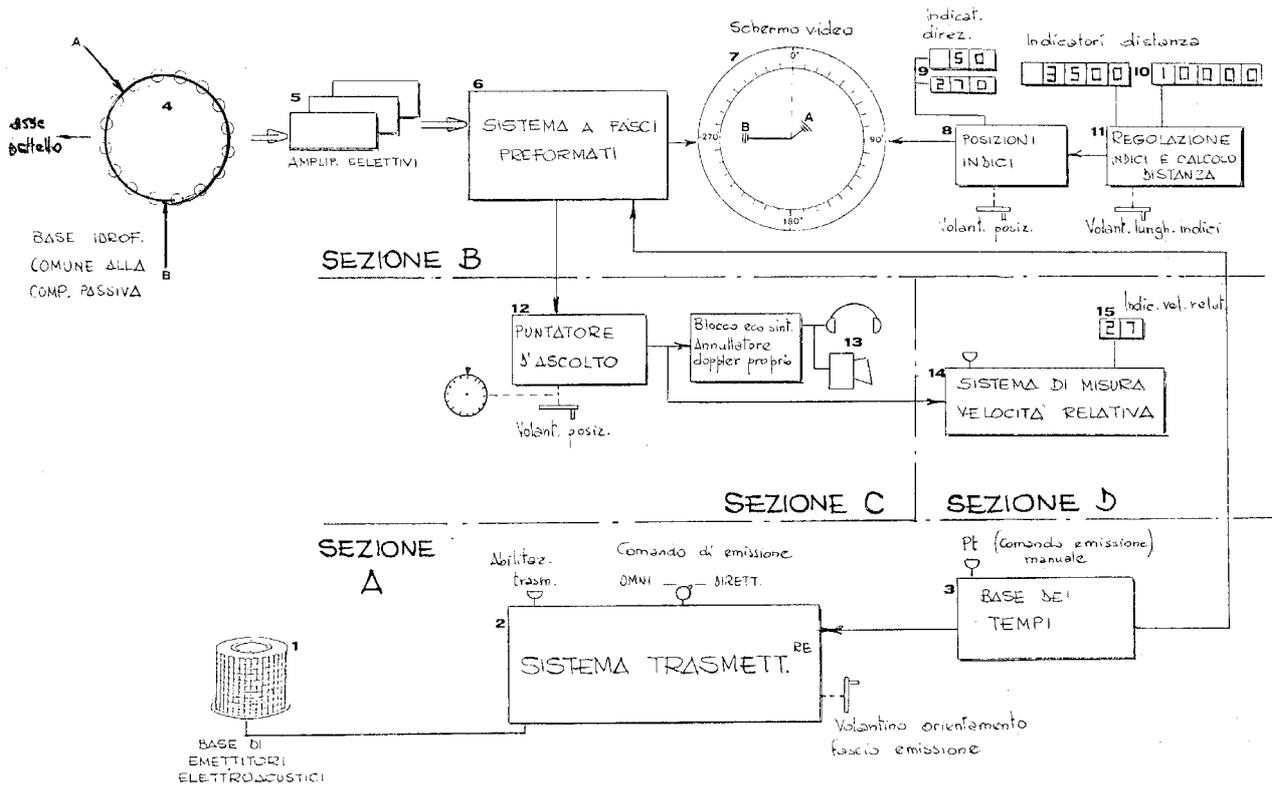


fig. 5.13 Schema a blocchi della componente attiva del sonar.

rate dalle stecche idrofoniche e di impedire il passaggio di tutte quelle frequenze che non essendo segnali distintivi del bersaglio disturberebbero l'elaborazione successiva. Le tensioni impulsive provenienti dagli amplificatori selettivi sono applicate al sistema a fasci preformati (6), il primo impulso d'eco viene individuato dal blocco di scansione dei fasci alla 4600° scansione nella direzione 50° , il secondo viene individuato alla 13600° scansione nella direzione 270° . Gli impulsi sono visualizzati come tracce luminose sullo schermo di presentazione (7) e l'operatore, agendo sul volante di posizionamento degli indici del blocco (8), porta in coinci-

denza angolare con le tracce dei bersagli due raggi luminosi e legge sugli indicatori numerici (9) le direzioni dei due bersagli (50° e 270°).

L'operatore procede ora alla misura della distanza dei due bersagli agendo, tramite apposito volantino sul blocco (11) in modo da regolare, separatamente, le lunghezze dei due raggi luminosi con i quali in precedenza ha già bisecato le tracce dei bersagli; quando ciascun raggio ha la stessa distanza dal centro dello schermo che hanno le tracce corrispondenti degli echi le distanze dei due bersagli sono visualizzate sugli indicatori numerici (10).

L'operatore esegue questi rilievi tra l'emissione del primo impulso in acqua e l'emissione dei successivi, la cadenza di emissione è stabilita dal blocco (3) della base dei tempi. Ad ogni nuova emissione le tracce degli echi ricompaiono sullo schermo nelle direzioni e alle distanze che i bersagli hanno nel momento in cui vengono colpiti dall'impulso acustico.

Dopo i rilievi di distanza e direzione l'operatore si appresta all'ascolto dell'eco del bersaglio B per stabilire se esso è in fase di avvicinamento o di allontanamento. Per eseguire questa operazione agisce sul volantino del puntatore d'ascolto (12) indirizzandolo, con l'ausilio della sua scala graduata, sulla direzione 270° . Raggiunta la direzione del bersaglio procede all'ascolto della frequenza dell'eco sintetica attraverso le cuffie telefoniche o l'altoparlante (13). In questo modo l'operatore si rende conto che il bersaglio B è in allontanamento e lo ritiene inoffensivo, decide perciò di controllare il bersaglio A con lo stesso sistema d'ascolto e indirizza il puntatore nella direzione 50° .

Ascoltando l'eco del bersaglio A, si accorge che esso è in avvicinamento e decide di misurarne la velocità relativa mettendo in funzione il blocco di misura (14) e leggendo il valore calcolato di velocità sull'indicatore numerico (15).

Ragioni operative impongono a questo punto di silenziare il battello, proseguendo però la caccia al bersaglio A. Questa nuova situazione è affrontata dall'operatore bloccando l'emissione omnidirezionale e abilitando l'emissione direttiva, dopo di che, agendo sul volantino VD del blocco (2), dirige il fascio di emissione verso la direzione in cui si trova il bersaglio A. Da questo momento in poi l'emissione riprende soltanto ogniqualvolta l'operatore pigia il pulsante Pt della base tempi (3), con questo comando manuale l'impulso acustico viene inviato in acqua soltanto quando è necessario fare un nuovo rilievo della posizione del bersaglio. A seguito dell'emissione direttiva giunge alla base ricevente soltanto l'eco del bersaglio A e su di essa l'operatore esegue i rilievi per il mantenimento del contatto di sorveglianza.