



Cesare Del Turco

Già Dirigente ALENIA ELSAG SISTEMI NAVALI

Consulente per i sistemi di localizzazione subacquea

Via Giacomo Doria 71 19124 La Spezia

Tel. 0187 739354 Cell. 3492190807

**SULLE PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA MISURA DEL
TARGET STRENGTH DI OGGETTI SUBACQUEI MEDIANTE
L'IMPIEGO DI GENERATORE CALIBRATO E SONAR
FALCON**

Sistema TSMP05

INDICE

Generalità	5
1-Studio delle caratteristiche tecniche ed operative del Sonarfish	6
1.1 Struttura di comando e controllo e modalità di collegamento con l'elettronica del sistema di misura del TS	6
1.2 Caratteristiche di direttività e frequenze di lavoro	6
1.3 Livelli acustici di emissione	7
1.4 Utilizzo del Sonarfish	7
2-Studio del piano di misure per il rilievo preliminare delle caratteristiche acustiche del sonarfish.	8
3-Studio delle varianti da apportare al bersaglio sintetico BAIP70	9
3.1-Struttura attuale del risponditore BAIP70	9
3.2- Modifiche al risponditore BAIP70	10
3.2.1 Prima ipotesi di modifica del BAIP70	10
3.2.2 Seconda ipotesi di modifica del BAIP70	11
3.2.3 Terza ipotesi di modifica del BAIP70	11
3.2.4 Comparazione tra i metodi di modifica del risponditore	12
4-Studio del piano di misure per il rilievo preliminare delle caratteristiche acustiche del bersaglio sintetico BAIP70	13
5-Il sonar FALCON per la misura dell'angolo di esposizione del bersaglio	15
5.1-Struttura del sonar FALCON	15
5.2-le variabili acustiche per l'impiego del FALCON	17
5.3-Il generatore del rumore di posizione	18
5.4-La base ricevente del FALCON	19
5.5-Calcolo degli errori di rilevamento dovuti al collegamento acustico	19
6-Esposizione della struttura di misura	23
6.1 Individuazione del sistema di misura	23
6.1.1 Ricerche e motivazioni relative alla scelta della metodologia da adottare	23
6.1.2 Il nuovo sistema di misura	23
6.1.3. Il sistema originale di Urick per la misura del TS	23
6.1.4 Il metodo per la misura del TS con il nuovo sistema	25
6.2 Il campo nella struttura definitiva	26
6.3 Movimentazione e posizionamento dei mezzi nel campo	27
6.4 Calcolo delle variabili acustiche nella struttura definitiva	28
6.4.1 Livelli di emissione del trasmettitore di impulsi Txx	30
6.4.2 Esposizione generale delle caratteristiche dei trasduttori Rx e Tx	30
6.4.3 Livelli di emissione del risponditore BAIP70	31
6.5 Calcolo delle caratteristiche del canale di amplificazione segnale d'eco e del risponditore.	31
6.6 Esposizione generale delle caratteristiche del trasduttore per ricezione echi da Sonarfish	32
6.7 Valutazioni del rapporto segnale/disturbo nella ricezione degli impulsi unità (A).	32
6.8 L'effetto della riverberazione nella misura del TS	34
6.8.1 Calcoli della riverberazione di superficie e del rapporto eco/riv	35
6.8.2 Computazioni del rapporto eco/riv.sup. senza la variabile SL	38
6.8.3 Calcoli della riverberazione di fondo e del rapporto eco/riv	40
6.8.4 Computazioni del rapporto eco/riv.fondo senza la variabile SL	42

6.8.5 Calcoli della riverberazione di volume e del rapporto eco/riv	42
6.8.6 Calcoli della riverberazione di volume senza la variabile SL	43
6.8.7 Considerazioni in merito alla riverberazione nel caso di emissione	44
7 Filosofia di funzionamento del sistema di misura del TS	45
7.1 Schema a blocchi del sistema di misura	45
7.2 Filosofia d'impiego del sistema di misura	49
7.3 La funzione base tempi	50
8 Indicazioni sul software di elaborazione e presentazione dati	51
8.1 L'interfaccia operatore macchina	51
8.2 Il diagramma di flusso del software	55
9 Indicazioni sulle prove in mare del sistema di misura	60
9.1 Fase di prove preliminari	60
9.1.1 Comportamento del bersaglio con l'angolo d'incidenza dell'impulso	63
9.1.2 Le dimensioni del campo nella fase di misure preliminari	64
9.2 Fase di misura finale	66
9.2.1 Sui risultati ottenibili	66
9.2.2 Il posizionamento dei trasduttori	67
9.2.3 La scelta della profondità del sito	69
10 Elenco indicativo dei materiali	74
10.1 Elenco dei materiali che compongono l'unità A	74
10.1.1 Parti bagnate	74
10.1.2 Parti meccaniche	74
10.1.3 Componenti elettronici finiti	74
10.1.4 Componenti elettronici vari	74
10.2 Elenco dei materiali che compongono l'unità B	75
10.2.1 Parti bagnate	75
10.2.3 Componenti elettronici finiti	75
11 Appendice	76
11.1 Schema a blocchi unità A	77
11.2 Descrizione sintetica dello schema a blocchi dell'unità A	78
11.3 Schema a blocchi unità B	79
11.4 Tabella dei livelli unità A	80
11.5 Tabella dei livelli unità B	81
11.6 Misure comparative tra due bersagli	82
11.6.1 Il campo di misura	82
11.6.2 Il TS della sfera	82
11.6.3 Valutazioni delle ampiezze degli echi	83
11.6.4 Computazione rapida	84
11.6.5 Considerazioni in merito alla misura delle distanze d1 e d2	85
11.6.6 Effetti dovuti alla riverberazione	87
11.6.7 Problemi relativi alla profondità del sito	89
11.6.8 Misure su piccole sfere	91
11.6.9 Routine per il calcolo di piccole sfere	94
11.7 Relazione complementare per l'impiego sonar IP70	99-118

INDICE DELLE FIGURE

1-Direttività verticale trasduttore ITC2007	7
2-Schema a blocchi del bersaglio BAIP70	10
3-Risposta de trasduttore ITC1001	14
4-Schema a blocchi sonar FALCON	17
5-Tensione di rumore generata dal BAIP70	19
6-Base ricevente del FALCON	19
7-Direttività in ricezione del FALCON	21
8-Visione d'insieme del sistema di misura di Urick	24
9-Visione d'insieme del sistema di misura proposto	25
10-Il campo di misura	27
11- Sensibilità in ricezione Rx1	31
12-Curva dell'andamento rapporto Eco/Rumore del mare	34
13-Curva dell'andamento dell'errore percentuale Eco/disturbo	34
14-Curva dell'andamento rapporto Eco/Riv.Sup in funzione della frequenza	39
15-Curva rapporto Eco/Riv.Sup in funzione della frequenza e della velocità del vento	40
16-Curva dell'andamento rapporto Eco/Riv.Vol. in funzione della frequenza	44
17-Schema a blocchi della sezione trasduttori	45
18-Schema a blocchi della sezione ricevitore	46
19-Schema a blocchi della sezione soglie	46
20-Schema a blocchi della sezione digitale	47
21-Schema a blocchi della sezione trasmissione	47
22-Schema a blocchi della sezione alimentazione	48
23-Sezione rilevamento	48
24-Schema a blocchi dell'unità B	48
25-Pannello operativo virtuale e di presentazione tipo A	52
26-Pannello operativo virtuale e di presentazione polare	55
27-Schema a blocchi del software	57
28-TS di un bersaglio sferico in funzione del raggio	61
29-TS di un bersaglio cilindrico in funzione del raggio e dell'altezza	62
30-TS di un bersaglio cilindrico in funzione dell'angolo d'incidenza del suono	64
31-Eco di una sfera in funzione della distanza	65
32-Esempio del diagramma polare del TS di un sommergibile	66
33-Indicatore numerico del numero delle battute	67
34-Andamento dell'errore del TS in funzione della differenza tra percorsi	69
35-Disegno illustrativo della geometria relativa alla riverberazione del fondo	70
36-Andamento del rapporto Eco/Riv. di fondo in funzione della profondità del sito	71
37-Andamento del rapporto Eco/Riv. di fondo in funzione del rapporto R/h	73
Figure in Appendice:	
38-Schema a blocchi completo unità A	77
39-Schema a blocchi completo unità B	79
40- Disposizione di bersagli per misure comparative	82
41- Decrementi del TS2	84
42- Errori nella misura di TS1	86
43- Rapporto Eco/riv. in funzione di r	91
44-54 Figure della relazione complementare	102-118

Generalità

Nel presente documento sono riportati gli elementi inerenti lo studio e la fattibilità di un sistema di misura del target strength di bersagli subacquei, così come prescritto nella Specifica Tecnica *****.

Lo sviluppo dello studio si avvale del lavoro d'impostazione sull'argomento trattato nel documento "Relazione di fattibilità per la individuazione e realizzazione di un sistema di misura del target strength di unità sommergibili" e dei risultati delle attività sperimentali condotte a seguito.

Questo nuovo studio risulta essere la terza possibile soluzione di lavoro nella sequenza sotto indicata:

- 1^a soluzione : Misure del TS mediante il metodo di Urick in sistema personalizzato con impiego di tutta l'attrezzatura da reperire (Lavoro iniziale; 1^a Relazione di fattibilità).
- 2^a soluzione : Misure del TS mediante il metodo di Urick in sistema che prevede l'impiego di sonar IP70 e risponditore BAIP70 e parte dell'attrezzatura da reperire (Impostazione del lavoro nella possibilità di utilizzo del sonar IP70; si veda par. 11.7 in appendice).
- 3^a soluzione : Misure del TS mediante il metodo di Urick in sistema che prevede l'impiego dell'apparato Sonarfish, del sonar FALCON e del risponditore BAIP70 modificato, con l'impiego di parte dell'attrezzatura da reperire (Secondo ultime richieste di *****).

Il contenuto dello studio segue nell'ordine gli argomenti esposti nella citata Specifica Tecnica per consentire il controllo del raggiungimento degli obiettivi fissati in essa.

Lo studio è pertanto diviso nei seguenti paragrafi:

- 1-Studio delle caratteristiche tecniche ed operative del Sonarfish
- 2-Studio del piano di misure per il rilievo preliminare delle caratteristiche acustiche del Sonarfish.
- 3-Studio delle varianti da apportare al bersaglio sintetico BAIP70
- 4-Studio del piano di misure per il rilievo preliminare delle caratteristiche acustiche del bersaglio sintetico BAIP70
- 5-Il sonar FALCON per la misura dell'angolo di esposizione del bersaglio
- 6-Esposizione della struttura di misura
- 7-Filosofia di funzionamento del sistema di misura del TS
- 8-Indicazioni sul software di elaborazione e presentazione dati
- 9-Indicazioni sulle prove in mare del sistema di misura
- 10-Elenco indicativo dei materiali
- 11-Appendice

1) Studio delle caratteristiche tecniche ed operative del Sonarfish

L'impiego del Sonarfish è stato consigliato, nell'ultima comunicazione di *****, per la misura del TS di sommergibili in un campo di frequenze compreso tra 1000 e 30000 Hz.

Nella letteratura tecnica specialistica si accenna appena alla dipendenza del TS di un bersaglio dalla frequenza degli impulsi utilizzati per la misura, misure che peraltro sono state eseguite su scafi risalenti al tempo della seconda guerra mondiale. Non essendo disponibili informazioni più recenti è interessante esaminare l'aspetto teorico di questa problematica e verificare sul campo i diversi comportamenti dei bersagli in funzione della frequenza.

Prima di procedere all'esposizione del sistema di misura del TS ed all'analisi numerica delle variabili acustiche che intervengono nel processo di misura è necessario un esame accurato delle caratteristiche tecniche ed operative del Sonarfish al fine di determinare con precisione, sia i livelli di pressione emessa alle diverse frequenze di lavoro, sia l'accessibilità ai comandi ed alle risposte dell'apparato stesso.

1.1 Struttura di comando e controllo e modalità di collegamento con l'elettronica del sistema di misura del TS.

A seguito di un incontro con l'Ing. *****, presso ***** è stata brevemente illustrata e consegnata la documentazione relativa all'apparato Sonarfish. Detta documentazione è composta dal manuale operativo e da un fascicolo del corso d'istruzione.

Dall'esame del manuale operativo si evince che la complessa struttura di comando e controllo è configurata con una serie di strumenti elettronici, indipendenti l'uno dall'altro, che possono essere interconnessi in base alle necessità d'impiego di tutto l'apparato, essendo l'apparato stesso previsto per il controllo delle funzioni operative dei sonar quali:

- Precisione di rilevamento
- Panoramici passivi
- Misuratori passivi della distanza
- Cortine idrofoniche di intercettazione
- Sonar attivi
- Sonar con basi al fianco
- Sonar con cortine trainate
- Telefoni subacquei

Questa particolare struttura non consente un accoppiamento diretto con l'elettronica del sistema di misura del TS ma necessita di una funzione aggiuntiva facilmente realizzabile.

1.2 Caratteristiche di direttività e frequenze di lavoro

L'apparato Sonarfish è dotato di due distinti corpi immersi destinati al supporto di due serie di trasduttori per l'emissioni acustiche in un ampio spettro di frequenze.

Il primo corpo immerso denominato **Sonarfish LF/MF** supporta due trasduttori le cui caratteristiche sono:

*Trasduttore UW350

Per emissione a bassa frequenza (10 – 3000 Hz)

Direttività orizzontale > praticamente omnidirezionale su +/- 90°

Direttività verticale > praticamente omnidirezionale su +/- 90°

*Trasduttore ITC 4001

Per emissione a media frequenza (1000 - 10000 Hz)

Direttività orizzontale > omnidirezionale +/- 1 dB

Direttività verticale > omnidirezionale +/- 1 dB

Il secondo corpo immerso denominato **Sonarfish MF/HF** supporta due trasduttori le cui caratteristiche sono:

*Trasduttore ITC 2007

Per emissione a media frequenza (2000 - 10000 Hz)

Direttività orizzontale > omnidirezionale ± 0.5 dB

Direttività verticale > vedi figura 1

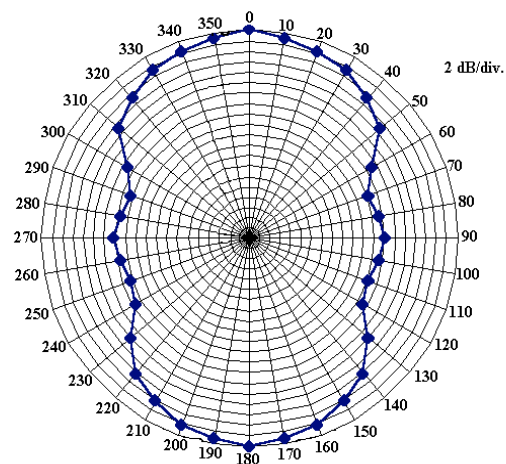


Figura 1

*Trasduttore ITC 1001

Per emissione ad alta frequenza (1000 – 35000 Hz)

Direttività orizzontale > omnidirezionale ± 0.5 dB

Direttività verticale > omnidirezionale ± 1.5 dB

Dai dati esposti, relativi ai trasduttori dei due corpi immersi, si nota come le emissioni acustiche avvengano praticamente in modo omnidirezionale; si intuisce pertanto che ciò possa provocare sensibili incrementi dei fenomeni di riverberazione dei quali dover debitamente tener conto nella successiva fase di valutazione di tutto il sistema di misura del TS.

1.3 Livelli acustici di emissione

I livelli acustici d'emissione del Sonarfish non sono calibrabili a comando dalla struttura di controllo; da questa possono essere soltanto variati entro un'ampia gamma di valori. Dai dati disponibili risulta comunque che i livelli d'emissione siano più che sufficienti per la corretta operatività del sistema di misura del TS; infatti, come si vedrà al paragrafo 6.4, il livello di pressione richiesto è dell'ordine di 200 dB/ μ Pa, livello facilmente realizzabile con le potenze elettriche disponibili nel Sonarfish.

1.4 Utilizzo del Sonarfish

Viste le caratteristiche generali del Sonarfish, sia per quanto riguarda la complessità strutturale, sia per quanto attiene alle caratteristiche di direttività si ritiene opportuno non prevederne l'utilizzo, nella fase di sperimentazione iniziale del sistema di misura del TS, ma soltanto nella fase definitiva. In questo modo si potranno affrontare e risolvere gli inevitabili problemi relativi al nuovo sistema di misura con una struttura più snella, riservando l'impiego del Sonarfsh quando, presa la dovuta confidenza con la nuova tipologia di misure, si potrà estenderne il campo in tutto lo spettro delle frequenze interessate.

È previsto pertanto, nella fase di sperimentazione iniziale, un sostituto del Sonarfsh, che indicheremo con Txx, in grado di emettere impulsi ad una sola frequenza con un trasduttore direttivo.

2) Studio del piano di misure per il rilievo preliminare delle caratteristiche acustiche del Sonarfish.

Tra i diversi dati da implementare nel software di calcolo per la misura del TS del bersaglio figura anche il livello indice SL del Sonarfish o del Txx.

Dall'accuratezza del rilievo del livello indice del Sonarfish o del Txx dipende la precisione delle misure del TS del bersaglio.

Per tale ragione il livello indice SL di emissione dovrà essere controllato in mare con l'ausilio di un ricevitore campione.

Nel campo di misura dovranno essere eseguiti tanti rilievi di ricezione, con l'idrofono campione, fino a ottenere una ripetitività dei dati misurati con incertezza non superiore a 2 dB al fine di validare la procedura di misura; dovranno essere controllate le emissioni del sonar per tutti i valori delle frequenze operative.

Una volta validata la procedura dovranno essere ripetuti almeno 20 rilievi del SL, per ciascuna frequenza operativa, per computarne le medie che verranno poi inserite nella routine di calcolo del TS.

3)Studio delle varianti da apportare al bersaglio sintetico BAIP70

Il risponditore acustico BAIP70 è destinato a diventare parte integrante del sistema di misura del target strength di unità sommergibili in combinazione con gli apparati Sonarfish e FALCON.

La funzione del risponditore nel sistema di misura è essenziale per due motivi:

- 1) In attivo perché, noto e calibrato il suo livello acustico d'emissione, consente di misurare l'attenuazione del suono nell'acqua, attenuazione dovuta, sia alla divergenza dei raggi sonori, sia all'assorbimento degli stessi.
- 2) In passivo perché consente la generazione del rumore necessario al sonar FALCON per la misura dell'angolo d'esposizione del bersaglio.

Prima di procedere all'analisi numerica delle variabili acustiche che intervengono nel processo di misura del TS è necessario eseguire una panoramica sul funzionamento del BAIP70 al fine di acquisire le informazioni indispensabili per lo studio delle varianti da apportare al risponditore stesso, affinché questo si adatti al meglio alle caratteristiche di emissione dell'apparato sonarfish e del Txx.

3.1 Struttura attuale del risponditore BAIP70

Il risponditore acustico BAIP70 è stato progettato per i controlli in mare dell'operatività dei sonar IP70, per tale funzione il risponditore è formato da tre componenti:

*Componente per l'emissione di rumore a larga banda per la simulazione di bersagli attivi da localizzare con le componenti passive del sonar IP70.

*Componente per la risposta impulsiva, a seguito ricezione dell'impulso ECG del sonar IP70, per la simulazione di bersagli passivi da localizzare con la componente attiva del sonar stesso.

*Trasduttore sferico omnidirezionale per la ricezione e per l'emissione.

Le tre componenti assicurano le seguenti caratteristiche funzionali:

- Banda di emissione del rumore (1000-16000 Hz)
- Banda di ricezione impulsi ECG (9000-10000 Hz)
- Frequenza di emissione degli impulsi (9500 Hz)
- Livello indice risposta impulsiva atto a simulare un bersaglio passivo con un TS variabile in tre passi: 0 dB; +6dB; +12dB

Il BAIP70 è dotato dei seguenti comandi di predisposizione:

- = Accensione: batterie 24V/rete115Vca
- = Commutazione Attivo/Passivo
- = Durata impulso: Proporzionale/30mSec./di controllo
- = Forza del bersaglio: 0dB/+6dB/+12dB
- = Controllo emissione impulsiva

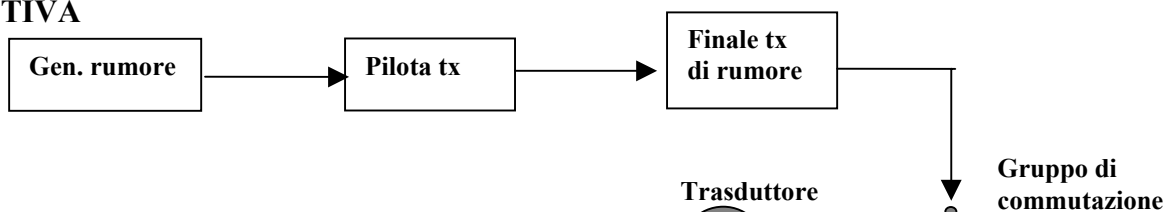
Le modalità di lavoro del risponditore sono:

- “Attivo” : emissione continua di una banda di rumore che simula un bersaglio in movimento
- ”Passivo” : ricezione degli impulsi emessi da una sorgente ECG e conseguente risposta impulsiva

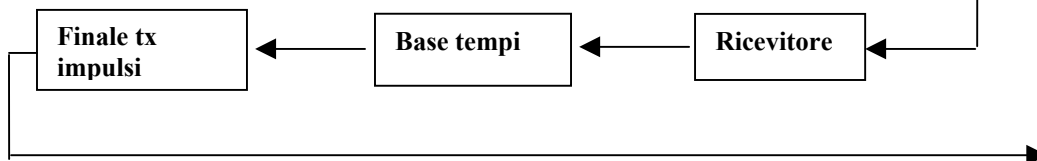
Lo schema a blocchi del risponditore è di seguito illustrato:

Figura 2

SEZIONE ATTIVA



SEZIONE PASSIVA



Quando la sezione attiva viene abilitata il gruppo di commutazione collega l’uscita del “Finale tx di rumore” al trasduttore e si ha l’emissione continua della banda di rumore.

Quando la sezione passiva viene abilitata il gruppo di commutazione collega l’ingresso del “Ricevitore” al trasduttore; quando giunge il primo impulso dall’acqua e viene elaborato dal ricevitore la base tempi comanda il gruppo di commutazione a collegare il trasduttore all’uscita del “Finale tx impulsi” per l’emissione della risposta impulsiva.

3.2 Modifiche al risponditore BAIP70

L’esame della struttura del risponditore suggerisce tre diverse ipotesi di modifica per adattarlo alle caratteristiche dell’apparato Sonarfish e Txx, dette modifiche sono illustrate nei paragrafi seguenti.

3.2.1 Prima ipotesi di modifica del BAIP70

Una prima ipotesi di modifica, del funzionamento in passivo, è impostabile per ottenere il seguente tipo di comportamento del bersaglio:

*Il risponditore riceve dal Sonarfish o dal Txx, sulla base della predisposizione dell’apparato, impulsi a frequenza stabilita

*Il risponditore reagisce emettendo, dopo un opportuno ritardo, un impulso alla frequenza fissa di 9500 Hz indipendentemente dalla frequenza degli impulsi ricevuti

*L'impulso emesso dal risponditore raggiunge un apposito idrofono ricevente facente parte del sistema per la misura del TS quindi entra nella struttura di elaborazione e calcolo.

La modifica si realizza progettando una nuova carta "Ricevitore" con un banco di filtri di banda adatto al campo di emissione del Sonarfish o del Txx.

Questa soluzione impone che il valore d'ampiezza dell'impulso ricevuto dal sistema di misura del TS venga opportunamente corretta, a mezzo software, per tenere conto che l'attenuazione dovuta all'assorbimento del mezzo è relativa ad una frequenza fissa di 9500 Hz e non alla frequenza che al momento viene emessa dal Sonarfish o dal Txx.

Si tratta di modeste correzioni facilmente computabili mediante la formula di Thorp:

$$\alpha = a(f) = \frac{0.1 f^2}{1 + f^2} + \frac{40 f^2}{4100 + f^2} + 2.75 \times 10^{-4} f^2 + 0.003$$

dove $\alpha = a(f)$ è l'attenuazione per assorbimento in dB/Km in cui f è la frequenza in KHz

con la quale calcolare:

$\alpha_1 = a(f_1)$ dove f_1 = frequenza d'emissione BAIP70

$\alpha_2 = a(f_e)$ dove f_e = frequenza d'emissione Sonarfish o del Txx

e da queste l'incremento Δ come differenza tra le due

$$\Delta = \alpha_1 - \alpha_2$$

con il quale correggere, a calcolo, il valore dell'ampiezza dell'impulso ricevuto dal risponditore.

Il risponditore necessita di un'accurata calibrazione del livello indice alla frequenza di 9500 Hz.

3.2.2 Seconda ipotesi di modifica del BAIP70

Una seconda ipotesi di modifica, del funzionamento in passivo, è impostabile per ottenere il seguente tipo di comportamento del bersaglio:

*Il risponditore riceve dal Sonarfish o dal Txx impulsi in tutta la gamma di emissione

*Il risponditore reagisce emettendo, dopo un opportuno ritardo, un impulso alla frequenza uguale alla frequenza degli impulsi ricevuti

*L'impulso emesso dal risponditore raggiunge un apposito idrofono ricevente facente parte del sistema per la misura del TS quindi entra nella struttura di elaborazione e calcolo.

La modifica si realizza progettando, sia una nuova carta "Ricevitore" con un banco di filtri di banda adatto al campo di emissione del Sonarfish o del Txx, sia una nuova carta "Base tempi".

Questa soluzione impone che il risponditore debba essere calibrato in modo tale da conoscere con molta precisione i valori del livello indice a tutte le frequenze di emissione.

3.2.3 Terza ipotesi di modifica del BAIP70

Una terza ipotesi di modifica, del funzionamento in passivo, è impostabile per ottenere il seguente tipo di comportamento del bersaglio:

*Il risponditore riceve dal Sonarfish o dal Txx, sulla base della predisposizione dell'apparato, impulsi a frequenza stabilita

*All'arrivo degli impulsi l'operatore sul battello di servizio vede accendersi un indicatore luminoso e reagisce premendo il pulsante di emissione manuale del risponditore

*Il risponditore reagisce emettendo un impulso alla frequenza fissa di 9500 Hz.

La modifica si realizza progettando una semplice rivelatore d'impulsi da abbinare al risponditore. Questa soluzione impone, come nel caso trattato al paragrafo 3.2.1, che il valore d'ampiezza dell'impulso ricevuto dal sistema di misura del TS venga opportunamente corretta, a mezzo software, per tenere conto che l'attenuazione dovuta all'assorbimento del mezzo è relativa ad una frequenza fissa di 9500 Hz e non alla frequenza che al momento viene emessa dal sonarfish o dal Txx.

3.2.4 Comparazione tra i metodi di modifica del risponditore

Per quanto esposto nei tre paragrafi precedenti si possono comparare le diverse soluzioni:

La modifica di cui al paragrafo 3.2.1 limita il lavoro di trasformazione del bersaglio al rifacimento di una sola carta e modesti ritocchi via software, con il vantaggio di una più semplice operazione di calibrazione del bersaglio in mare da farsi ad una sola frequenza.

La modifica di cui al paragrafo 3.2.2 impone un sensibile lavoro di trasformazione del bersaglio che vede il rifacimento di due carte e modesti ritocchi via software, con la necessità di un impegno più gravoso in fase di calibrazione acustica da eseguire a tutte le frequenze di emissione previste.

La modifica di cui al paragrafo 3.2.3 implica un modesto intervento sull'hardware del risponditore dato che l'intervento si limita al solo collegamento di un cavetto tra l'interno del BAIP70 e il rivelatore d'impulsi esterno. Anche in questo caso la calibrazione del risponditore deve essere fatta ad una sola frequenza.

4) Studio del piano di misure per il rilievo preliminare delle caratteristiche acustiche del bersaglio sintetico BAIP70

Il risponditore BAIP70, una volta interrogato delle emissioni del Sonarfsh o del Txx, ha il compito di generare gli impulsi acustici di riferimento per consentire, a calcolo, l'autocompensazione del TL.

Dall'accuratezza del rilievo del livello indice del risponditore BAIP70 dipende la precisione delle misure del TS del bersaglio.

Per tale ragione il livello indice SL' del risponditore dovrà essere controllato in vasca, su distanze brevi, ed in mare, con l'ausilio di un ricevitore campione, mediante l'emissione ottenuta manualmente.

In entrambi i campi di misura dovranno essere eseguiti tanti rilievi di ricezione, con il ricevitore campione, fino a ottenere una ripetitività dei dati misurati con incertezza non superiore a 2 dB al fine di validare la procedura di misura.

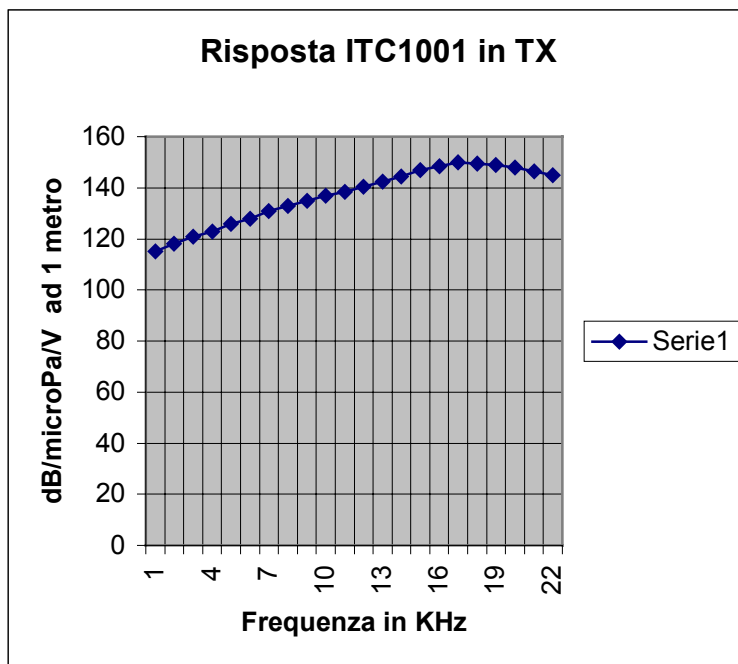
Una volta validata la procedura dovranno essere ripetuti almeno 20 rilievi del SL' per computarne la media che verrà poi inserita nella routine di calcolo del TS.

Un'indicazione di massima del livello indice del risponditore alla frequenza di 9500 Hz si è dedotta, per via indiretta, da misure sul BAIP70 presso l'officina E.A. dell'Arsenale, dalle quali risulta:

Forza del bersaglio impostata (dB)	Tensione misurata in V_{pp} ai capi del trasduttore	Tensione calcolata in V_{eff}	Livello di tensione in dB/ V_{eff}
TS = 0	60	21.3	26.7
TS = 6	120	42.7	32.7
TS = 12	240	85.4	38.7

Con i valori dell'ultima colonna della tabella, nel caso in cui il risponditore venga modificato così come nell'ipotesi riportata nel paragrafo 3.2.2, il livello indice di massima, alle diverse frequenze, è calcolabile sulla base della curva di risposta in trasmissione dell'idrofono sferico che viene sotto riportata:

Figura 3



Sulla base della curva e dei dati esposti nella tabella precedente si ottiene una nuova tabella che indica i livelli d'emissione del BAIP70 in dipendenza della predisposizione voluta:

Forza del bersaglio impostata (dB)	Livello indice in dB/ μ Pa/1m
TS = 0	163
TS = 6	169
TS = 12	175

Una seconda serie di controlli dovrà essere espletata per verificare il funzionamento complessivo della catena ricezione/trasmissione del risponditore; per queste misure non sarà necessaria l'accuratezza richiesta per la calibrazione ma sarà sufficiente controllare che con un impulso di opportuno livello si abbia la risposta voluta del BAIP70.

Il calcolo del livello degli impulsi d'eccitazione del risponditore è calcolabile, sulla base del livello indice di trasmissione del Sonarfish o del Txx, ipotizzando un campo di misura per il TS dell'ordine di 1000 mt.

Nel caso di emissione con Txx, per SL = 200 dB/ μ Pa si ha:

5) Il sonar FALCON per la misura dell'angolo di esposizione del bersaglio

Il sistema per la misura dell'angolo di esposizione δ del bersaglio si avvale del battello di servizio come punto sorgente del segnale che identifica la posizione del bersaglio vincolato, e dell'unità **A** come punto ricevente in grado di rilevare l'angolo $\gamma_f = BRQ$ che si forma tra la posizione della sorgente e l'asse della "nave pilota" ; l'angolo di esposizione si calcola con i valori di γ_f ; α β (si veda figura 10) secondo la seguente espressione che si ricava facilmente dalla figura citata:

$$\delta = \beta + \gamma_f + 180 - \alpha$$

dove:

δ = angolo di esposizione del bersaglio

α = angolo tra l'asse del bersaglio ed il nord che deve essere rilevato, se possibile al momento dell'ancoraggio del sommergibile, o durante l'immersione dello stesso e comunicato alla "nave pilota" a mezzo telefono subacqueo.

β = angolo tra l'asse della "nave pilota" ed il nord che deve essere ricavato per ciascuna posizione della nave dalla bussola propria.

γ_f = angolo tra l'asse nave e il bersaglio

Dagli elementi esposti emerge chiaramente che l'unica variabile che non può essere rilevata con la bussola è γ_f , variabile da misurare esclusivamente mediante un rilevamento sonar da parte della nave. A questo scopo è previsto l'impiego, sulla nave, del sonar prototipico, portatile, passivo FALCON, disponibile presso l'Arsenale di La Spezia, oltre ad una base idrofonica circolare Bf ad esso collegata.

Il complesso (FALCON + base Bf) consente la rivelazione precisa della posizione del bersaglio, individuabile mediante l'emissione del segnale di rumore da parte del trasmettitore del BAIP70 imbarcato sull'unità di servizio.

5.1 Struttura del sonar FALCON

Il FALCON è un sonar passivo ausiliario portatile in grado di essere impiegato, a scopo di misura, per il controllo degli impianti operativi e delle loro basi acustiche.

La struttura prototipica del FALCON è formata da due unità:

*un contenitore del tipo miditower, con maniglia, contenente tutta la componentistica elettronica

*un personal computer portatile sul quale è implementato il programma F2000-F125vpc necessario al funzionamento dell'apparato.

Il miditower è predisposto per essere collegato alla base circolare del sonar operativo, il P.C. è collegato al miditower e svolge il compito di consolle comando ed interfaccia con l'operatore.

Lo schema a blocchi dell'apparato è mostrato in figura xxx:

in essa si vedono i 4 componenti più significativi che sono alloggiati nel miditower, componenti dei quali iniziamo una descrizione secondo le funzioni che ciascuno di questi è chiamato a svolgere nel FALCON.

*Il blocco dei preamplificatori (sezione 1), destinato a ricevere i segnali dalla base idrofonica del sonar operativo, ha il compito di portare il livello delle tensioni generate dai singoli trasduttori della base ad un'ampiezza tale da consentire le forme di trattamento successive.

Il numero dei preamplificatori è stato fissato in sede di progetto a 18 unità per ottimizzare il funzionamento generale dell'apparato, tutti i preamplificatori sono contenuti in un'unica scheda.

*I segnali amplificati sono applicati ad un gruppo di filtri passa basso (sezione 3) che ha la funzione, sia di limitare la banda di ricezione nel campo definito in fase progettuale, sia d'equalizzare la risposta della base circolare presa a modello per il FALCON.

Il numero dei filtri è ovviamente uguale a quello dei preamplificatori, i 18 filtri sono contenuti in un'unica scheda.

*I segnali all'uscita dei filtri seguono due percorsi diversi; da un lato sono applicati alla scheda video (sezione 4) che interfaccia con il P.C, dall'altro sono applicati alla scheda audio .

La scheda video ha il compito di eseguire una prima elaborazione dei segnali idrofonici prima di inviarli al P.C. per il trattamento matematico FALCON.

*La scheda audio (sezione 2), su indirizzamento del P.C. tramite la scheda video, provvede alla costruzione del fascio d'ascolto che l'operatore può puntare sul bersaglio prescelto.

*L'interfaccia tra operatore e sonar è costituita dallo schermo del P.C; sullo schermo compaiono, in modo virtuale, tanto i pulsanti di comando quanto gli indicatori alfanumerici delle variabili significative per il sonar.

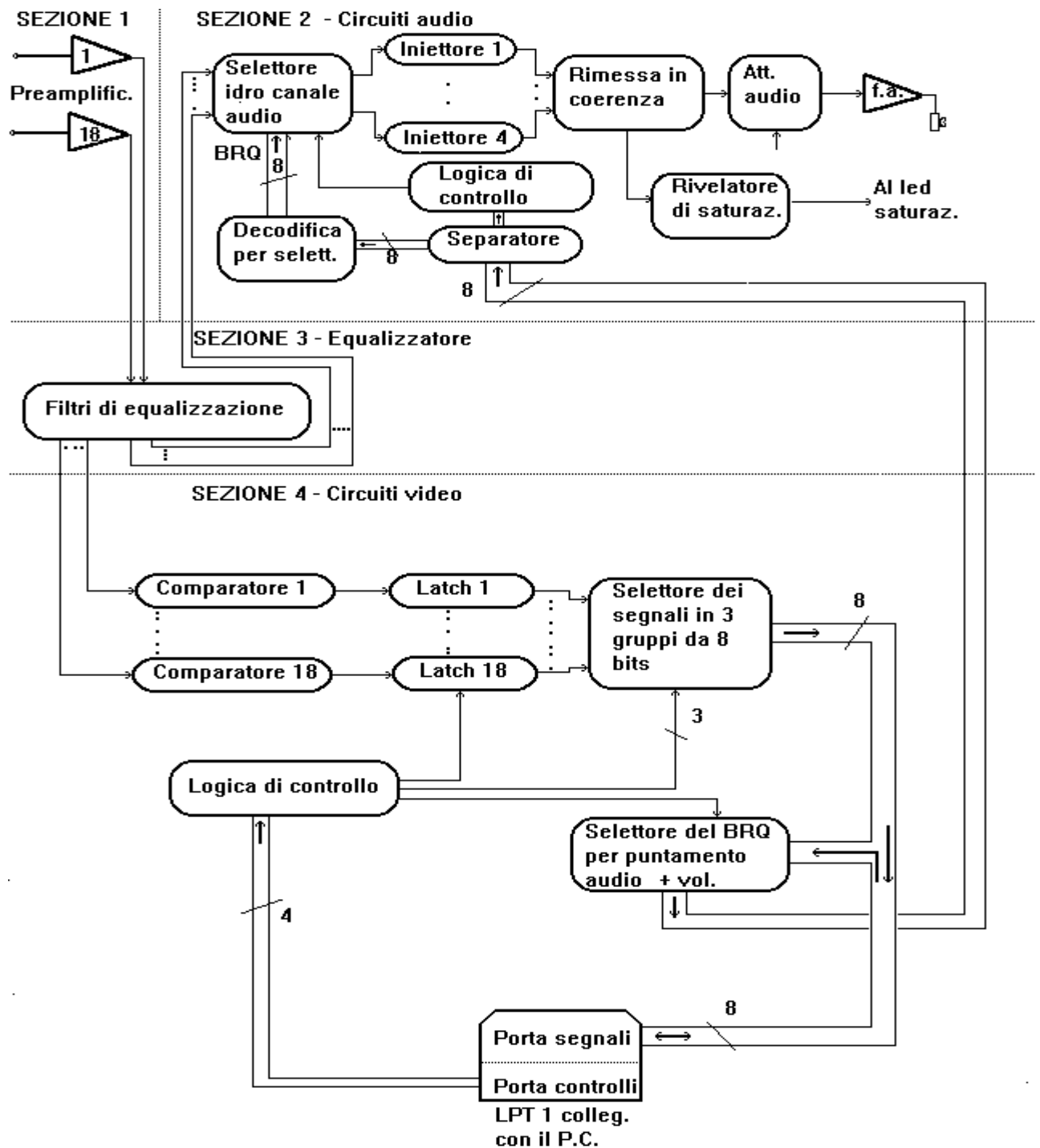
L'impiego del FALCON nel sistema per la misura del target strength dei sommergibili risulta estremamente pratico perché consente un tipo di rilievi che altrimenti richiederebbero una "nave pilota" dotata di sonar operativo.

Per eseguire questa prestazione il FALCON necessita di una base circolare Bf che, in questo caso particolare d'impiego, deve essere costruita appositamente utilizzando però elementi riceventi disponibili in ambiente M.M.I.

Il prototipo FALCON è stato progettato per operare in bassa frequenza nella banda 1500-3000 Hz, pertanto, sia la base Bf, sia il BAIP70 saranno predisposti per tale campo dello spettro acustico.

Sulla conoscenza delle caratteristiche di sensibilità del FALCON sarà basata l'analisi delle variabili acustiche che interessano, come in precedenza già si è detto, sia la base Bf sia il trasmettitore di rumore del BAIP70.

Figura 4



5.2 Le variabili acustiche per l'impiego del FALCON

Abbiamo accennato nel paragrafo 5.1 al fatto che il FALCON è stato progettato per operare nella banda di frequenze comprese tra 1500 e 3000Hz, per questa ragione i calcoli delle variabili acustiche per l'impiego di questo sonar sono sviluppati in questo campo dello spettro.

Per il calcolo delle variabili acustiche dobbiamo fissarne tre sulla base di diverse considerazioni:

*Previsione del rumore del mare per la pratica operatività del campo, mare a forza 2 pari a:
“NL = 56 dB/μPa/(Hz)^{1/2} a 2250 Hz “ (frequenza media della banda di ricezione)

*Rapporto S/N all’ingresso dell’elaboratore FALCON per consentire il 100% di P.riv. con T =1 Sec.
“S/N = 0 dB” (dove T è la costante di tempo d’integrazione post rivelazione)

*Guadagno della base Bf nella banda 1500 – 3000 Hz computato sulla scorta delle dimensioni indicate al paragrafo 5.5: G = 3 dB, valore che deve essere ridotto di 3 dB perché il FALCON elabora i segnali in correlazione sulle due parti della base, si ha pertanto:
“Gc = 0 dB”

Con questi elementi impostiamo l’equazione per la determinazione del livello d’emissione SLgn che deve essere generato dal BAIP70 nel rispetto dei dati sopra esposti:

$$SLgn = TL + NL + S/N - Gc + \Delta b$$

dove

Δb = incremento del livello in funzione della banda di lavoro

TL = attenuazione per propagazione

R = 1000 m

α R = attenuazione per assorbimento irrilevante

$$TL = 20 \log R = 20 \log 1000 = 60 \text{ dB}$$

$$\Delta b = 10 \log (\Delta f) = 32 \text{ dB} \quad \text{dove } \Delta f = (3000-1500) = \text{banda di lavoro}$$

$$\text{Risulta pertanto} \quad SLgn = 60 + 56\text{dB}/\mu\text{Pa}/(\text{Hz})^{1/2} + 0 \text{ dB} + 0 + 32 = 148 \text{ dB}/\mu\text{Pa}/(\Delta f)^{1/2}$$

5.3 Il generatore del rumore di posizione

Con il valore di SLgn calcolato al 5.2 verifichiamo se il livello di emissione del generatore del BAIP70 soddisfa le condizioni richieste:

Nel BAIP70 la potenza elettrica destinata alla generazione del rumore di emissione è data dalla curva originale di laboratorio riportata in figura 5.

La curva mostra come varia la tensione applicata al trasduttore di emissione, misurata in banda 100 Hz, in funzione della frequenza.

Se andiamo a leggere la tensione generata alla frequenza media della banda di ricezione del FALCON; pari a 2100 Hz, abbiamo:

$$V_u = 15 \text{ Veff in banda } 100 \text{ Hz}$$

corrispondenti ad un livello spettrale di:

$$1,5 \text{ Veff}/(\text{Hz})^{1/2}$$

dato che la larghezza di banda di ricezione del FALCON è 1500 Hz il livello di tensione applicato al trasduttore in tale banda risulta:

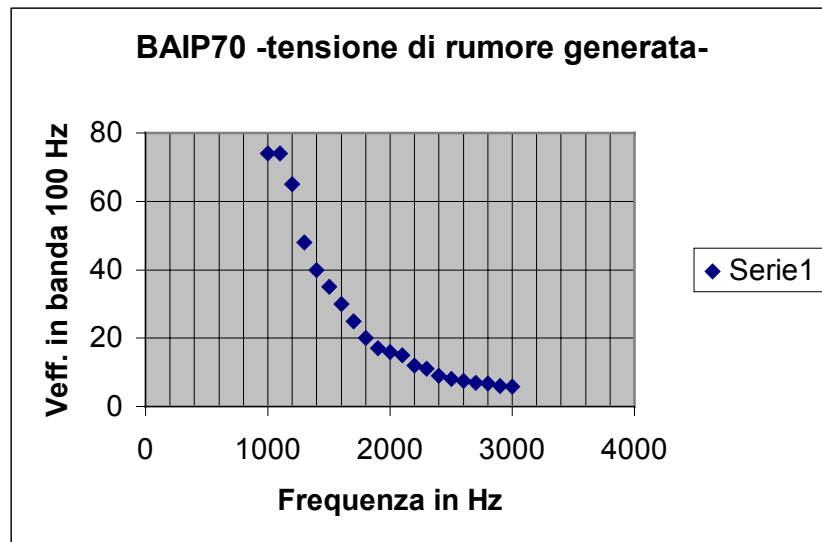
$$V_u = 1,5 \text{ Veff} * (1500)^{1/2} = 58 \text{ Veff pari a } +35 \text{ dB/V}$$

Dall'esame della curva di risposta del trasduttore del BAIP70, riportata in figura 3 di paragrafo 4, risulta che alla frequenza di 2100 Hz il trasduttore emette +118 dB/ μ Pa/V e pertanto il livello indice complessivo nella banda interessata risulta essere:

$$LI = +118 \text{ dB}/\mu\text{Pa}/V + 35 \text{ dB}/V = 153 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$$

che comparato con il livello richiesto $SL_{gn} = +148 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$ indica un margine a favore di ben 5 dB.

Figura 5



5.4 La base ricevente Bf del FALCON

La base Bf, fissata a scafo della nave pilota, ha il compito di ricevere il segnale acustico di rumore emesso dal BAIP70 che consente all'unità (A), tramite il sonar FALCON, di determinare, dopo una semplice procedura di calcolo, l'angolo di esposizione del bersaglio.

La base è composta da una corona di 18 elementi disposti ad intervalli di 20° su di un supporto circolare del diametro di 0.8 m, si veda figura 6; gli elementi sono del tipo USEA 422/ESB/A

Le caratteristiche di ciascun elemento sono:

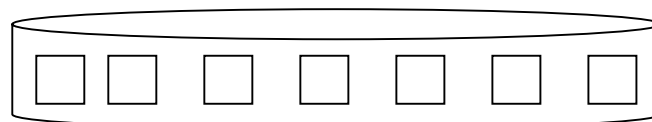
sensibilità = -55 dB/ μ V/ μ Pa

impedenza = 400 Ω

guadagno di direttività verticale = 2 dB

guadagno di direttività orizzontale = 2 dB

Figura 6



5.5 Calcolo degli errori di rilevamento dovuti al collegamento acustico

Il calcolo degli errori di rilevamento, dovuti al collegamento acustico, si esegue analizzando le caratteristiche del sonar FALCON che ha il compito istituzionale di rilevare la posizione angolare del "Sommersgibile Bersaglio" rispetto all'asse della "Nave Pilota".

Nell'analisi che andremo a condurre dovranno essere valutati tanto gli errori intrinseci del sonar (err.s), quanto gli errori dovuti alle condizioni ambientali (err.a) nelle quali il sonar stesso deve operare. Per il calcolo degli errori di carattere strumentale, quelli per intenderci, che sono propri delle limitazioni progettuali del sistema sonar, si deve iniziare con l'esame della caratteristica di direttività della base ricevente nella banda di lavoro.

Nel calcolo della caratteristica di direttività della base è intimamente coinvolta la filosofia di funzionamento del FALCON, al punto che la caratteristica stessa ne rappresenta le proprietà dalle quali scaturiscono sensibilità e precisione di rilevamento.

La caratteristica di direttività si ricava da un'elaborata procedura di calcolo software; inserendo in questa, sia la banda delle frequenze di lavoro indicata nel paragrafo 5.2 tra 1500 e 3000 Hz., sia le dimensioni della base ricevente che nel nostro caso è stata definita nel paragrafo 5.4 con un diametro di 0.8 m.

Ponendo a calcolo i dati sopra menzionati ed un valore di $S/N = 12$ dB, si ottiene il grafico di figura 7. Nella figura sono tracciate due curve di direttività relative a due fasci di rilevamento adiacenti, ciò perché nel FALCON, per ragioni progettuali, i fasci pari sono sensibilmente diversi dai fasci dispari. Infatti il fascio con il massimo per 0° ha una larghezza del semilobo di 5.5° mentre il fascio a 10° ha una larghezza del semilobo di 6.5° .

Nell'esame che andremo a completare prenderemo in considerazione la curva più larga in modo da valutare la condizione di massimo errore e ricorderemo che il FALCON è strutturato con 36 fasci preformati.

L'errore strumentale di rilevamento si computa con i dati rilevati dalla curva in oggetto inseriti opportunamente nell'equazione:

$$\text{err.s}^\circ = 4 / \text{Exp} [(n * 3.14 / 720)^2 * (a)^2 / \text{Log}(1 / k)]$$

dove

n = numero dei fasci preformati

(a) = valore angolare (ascissa di k)

k = ordinata di ascissa a

le variabili si determinano come segue:

- il numero dei fasci preformati è stato indicato sopra in $n = 36$

-l'ascissa angolare (a) , da fissare sulla curva prescelta, è quella a mezzo lobo $a = 6.5^\circ$

-l'ordinata k , corrispondente all'ascissa (a) nella curva prescelta, è $k = 0.7$

con questi valori si ha :

$$\text{err.s}^\circ = 4 / \text{Exp} [(36 * 3.14 / 720)^2 * (6.5)^2 / \text{Log}(1 / 0.7)] = 0.21^\circ$$

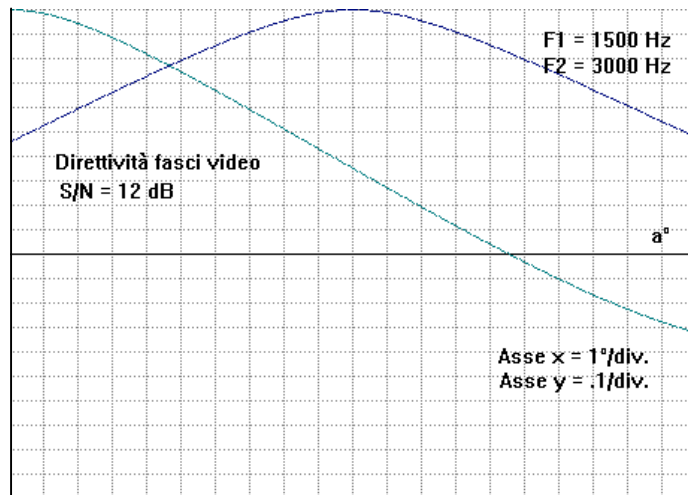
l'errore strumentale calcolato è del tutto trascurabile e conferma le misure di precisione già eseguite a suo tempo in laboratorio sul sonar FALCON.

A questo punto non resta che calcolare l'errore di rilevamento dovuto alle condizioni ambientali nelle quali dobbiamo operare con il FALCON; le condizioni ambientali già considerate nel paragrafo 7.2 forniscono il seguente valore di S/N :

*Rapporto S/N all'ingresso dell'elaboratore FALCON per consentire il 100% di P.riv. con T=1 Sec:
 " S/N = 0 dB"

l'equazione che consente il calcolo dell'errore di rilevamento in dipendenza delle condizioni ambientali, cioè del rapporto S/N che viene a trovarsi all'ingresso del sistema di rivelazione del FALCON a causa del rumore del mare ed in forza del segnale ricevuto dalla base idrofonica è:

Figura 7



$$\text{err.}\alpha^\circ = \Delta\alpha * 0.354 * (1+k)^{1/2} / k * (B * T)^{1/2}$$

dove

$\Delta\alpha$ = larghezza totale del lobo di direttività a -3 dB

B = larghezza di banda del ricevitore sonar

T = tempo di integrazione post rivelazione

$$k = (S/N)^2$$

S/N = rapporto tra la tensione del segnale e la tensione del disturbo all'ingresso del sistema di rivelazione del sonar

essendo

$$\Delta\alpha = 13^\circ$$

$$B = 1500 \text{ Hz}$$

assumendo T = 1 Sec. (costante di tempo più che adatta a piattaforma e bersaglio praticamente fermi)

essendo (S/N)dB = 0 pari ad un rapporto adimensionale di S/N = 1

deriva k = 1

si ha :

$$\text{err.a}^\circ = 13^\circ * 0.354 * (1 + 1)^{1/2} / 1 * (1500 * 1)^{1/2} = 0.16^\circ$$

Anche in questo caso l'errore di rilevamento calcolato è insignificante.

Si deve però osservare che le formule impiegate, sia per il calcolo dell'errore strumentale, sia per il calcolo dell'errore dovuto all'ambiente, sono ricavate da modelli teorici che non sempre si adattano perfettamente alle situazioni fisiche che sono ipotizzate; se ora, per ragioni estremamente prudenziali, supponiamo che le formule indichino errori di una grandezza inferiore rispetto ai casi reali, i valori testé ricavati posso essere moltiplicati per 10 con il seguente risultato :

$$\text{err.s} * 10 = 2.1^\circ$$

$$\text{err.a} * 10 = 1.6^\circ$$

valori dai quali si può ipotizzare un errore totale di :

$$\text{err.t} = (2.1^2 + 1.6^2)^{1/2} = 2.6^\circ$$

che risulterebbe sempre più che accettabile per le misure dell'angolo di esposizione del bersaglio.

Nel chiudere questo paragrafo è opportuno dare alcuni riferimenti in merito alle formule che sono state impiegate per i calcoli degli errori err.s ed err.a.

Per la formula di err.s si veda la pubblicazione:

Sul calcolo del minimo numero di fasci preformati per il sonar C.Del Turco
Rivista Tecnica SELENIA Volume 11 n° 3 1990

Per la formula di err.a si deve menzionare:

Pubblicazione interna della Soc. SELENIA ,del Fusaro (Na), a cura del gruppo di studi per le applicazioni di localizzazione subacquea, che, prendendo lo spunto da un lavoro del M.I.T. sulla precisione di scoperta dei radar, lo ha adattato per l'impiego nel campo dell'acustica sottomarina.

6)Esposizione della struttura di misura

6.1 Individuazione del sistema di misura

La caratterizzazione del sistema di misura del target strength dei bersagli si basa, sia sulla metodologia operativa, sia sul calcolo delle variabili acustiche che devono essere in parte generate ed in parte misurate. Tutte le ipotesi di calcolo relative ai livelli delle variabili acustiche sono svolte nel solo intento di prevedere, ragionevolmente, le dinamiche dei segnali da elaborare ed il rapporto tra segnali e disturbi; disturbi quali il rumore del mare e la riverberazione nelle sue forme diverse.

È con l'acquisizione di questi dati fondamentali che prende corpo il progetto dell'elettronica di elaborazione ed il software di calcolo del TS che costituiscono la struttura stessa del sistema di misura.

6.1.1 Ricerche e motivazioni relative alla scelta della metodologia da adottare

A seguito di un'accurata ricerca bibliografica è emerso come il metodo di misura del target strength di Urick, per bersagli di notevoli dimensioni, pur richiedendo un impiego considerevole di apparecchiature specializzate, sia il meno aleatorio rispetto ad altri metodi studiati e sperimentati.

La soluzione citata impone però un impegno da parte del "sommersgibile bersaglio" che deve accogliere al suo interno parte delle apparecchiature di misura, ed all'esterno l'installazione delle parti bagnate necessarie al collegamento acustico con la "nave pilota", nonché i necessari cavi di collegamento tra l'interno del battello e le parti a mare

Ora al di là del fatto che il metodo di Urick non consente una valutazione in tempo reale della misura del TS che mano a mano viene eseguita, dato che i valori registrati a bordo del "sommersgibile bersaglio" devono essere messi a calcolo con quelli registrati dalla "nave pilota" alla fine della campagna di misura, una difficoltà in sostanza insuperabile s'incontrerebbe a realizzare connessioni via cavo tra l'interno e l'esterno di un sommersgibile operativo.

Non ultima la mancanza di indicazioni per l'indispensabile determinazione dell'angolo di esposizione del "sommersgibile bersaglio".

Per le ragioni sopra esposte ed in base alle ultime richieste di Maristat, in merito all'impiego dell'apparato Sonarfish, si è pensato di adattare il sistema di misura di Urick in modo da realizzare, sia la misura del TS in tempo reale, a tutto vantaggio della certezza della validità dei rilievi mediante controlli in corso d'opera, sia l'inserimento di tutti i dispositivi di misura soltanto all'esterno del "sommersgibile bersaglio", sia la misura dell'angolo di esposizione.

6.1.2 Il nuovo sistema di misura

Il sistema di misura segue di massima il metodo ideato da Urick, ma è adattato alla disponibilità di due attrezzature speciali quali l'apparato Sonarfish ed il bersaglio sintetico BAIP70 modificato; vediamo le differenze strutturali tra i due metodi mediante le illustrazioni dei due paragrafi seguenti.

6.1.3. Il sistema originale di Urick per la misura del TS

In figura 8 è riportato l'insieme dei componenti il sistema originale quali:

*Il trasduttore di emissione Tx sulla "nave pilota" per l'invio dell'impulso che deve generare l'eco

*Il trasduttore di ricezione Rx sulla "nave pilota" per l'acquisizione rispettivamente degli impulsi d'eco e del transponder.

*Il trasduttore Tr del transponder collocato sul "sommersgibile bersaglio".

*Il trasduttore Rx₁ collocato sul "sommersgibile bersaglio per l'acquisizione dell'impulso emesso da Tx e dell'impulso del transponder; questo trasduttore invia le informazioni al sistema di registrazione all'interno del "sommersgibile bersaglio", informazioni che saranno disponibili per il calcolo del TS soltanto alla fine della campagna di misure.

Le variabili acustiche in gioco, sia per la soluzione originale, sia per la soluzione personalizzata sono:

SL = Livello indice emesso da Tx

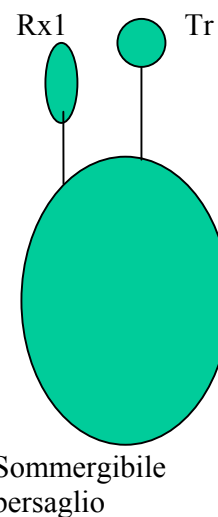
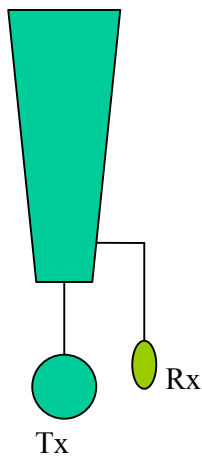
SL' = Livello indice emesso da Tr (impulso di riferimento per la soluzione personalizzata)

TL = Attenuazione del suono durante il percorso

TS = Target strength del bersaglio

Figura 8 “Soluzione originale”

Nave pilota



Con il sistema originale la soluzione dell'equazione per la misura del TS è divisa in tre parti come segue:

*parte registrata sulla “nave pilota”

eco di ritorno $A1 = SL + TS - 2TL$

impulso del transponder $A2 = SL' - TL$

*parte registrata sul “sommersibile bersaglio”

impulso del transponder $B1 = SL'$

impulso dalla “nave pilota” $B2 = SL - TL$

* parte calcolata dopo la raccolta dati

$$A_o = A_2 - A_1 = (SL' - TL) - (SL + TS - 2TL) = SL' - SL - TS + TL$$

$$B_o = B_1 - B_2 = SL' - SL + TL$$

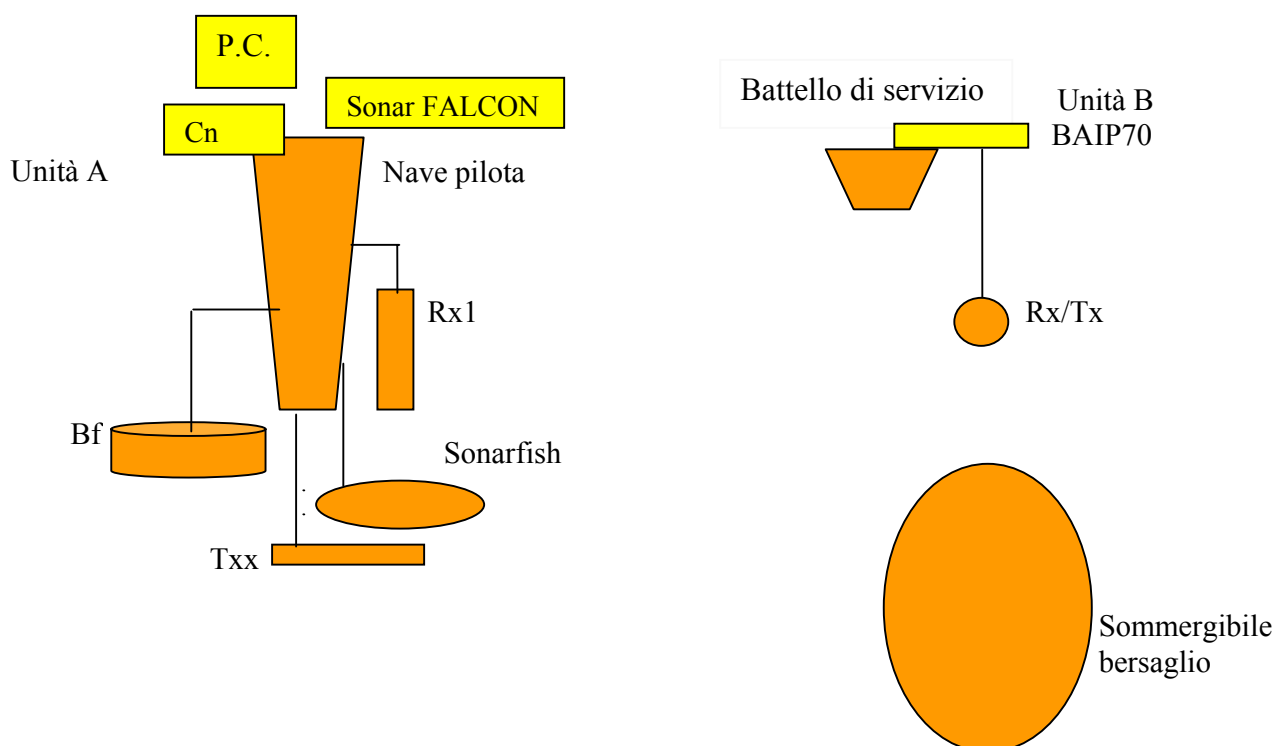
$$(B_o - A_o) = (SL' - SL + TL) - (SL' - SL - TS + TL) = TS$$

6.1.4 Il metodo per la misura del TS con il nuovo sistema

In figura 9 è riportato l'insieme dei componenti del nuovo sistema; questo differisce dall'originale perché si avvale dei dati, noti e calibrati, di SL e SL' per l'operazione di autocompensazione del valore di Transmission Loss. (T.L.).

Il sistema inoltre consente la misura dell'angolo di esposizione mediante il trasduttore di emissione del BAIP70 e la base ricevente Bf.

Figura 9 “Soluzione con il nuovo sistema”



Il sistema è costituito da due unità distinte:

Unità (A) su “nave pilota”

- *Un contenitore Cn che alloggia tutta l'elettronica di processo necessaria alle funzioni previste
- *Il P.C. di servizio con il programma di elaborazione del TS
- *Il Sonarfish, od il sostituto Txx, per l'emissione dell'impulso che deve generare l'eco

*Il trasduttore direttivo Rx1 per la ricezione dell'eco e del risponditore

*Il sonar FALCON per la misura dell'angolo d'esposizione del "sommersibile bersaglio"

*Una base ricevente circolare Bf per il collegamento al sonar FALCON

Unità (B) su "battello di servizio" presso sommersibile bersaglio

* Bersaglio sintetico BAIP70 modificato

*Trasduttore omnidirezionale Rx/Tx per la ricezione degli impulsi del Sonarfish o Txx e per la risposta verso l'idrofono ricevente Rx1 sulla nave pilota; per l'emissione del rumore ai fini della misura dell'angolo d'esposizione.

Il metodo di calcolo per la misura del TS è il seguente:

Assegnati ai simboli SL ed SL' i seguenti significati:

SL = Livello indice di trasmissione del Sonarfish o del Txx

SL' = Livello indice del risponditore BAIP70 (emissione impulsiva)

Per l'impostazione dell'equazione per il calcolo del TS si ha:

$$\text{eco di ritorno} \quad A1 = SL + TS - 2TL \quad 1)$$

$$\text{impulso del risponditore} \quad B1 = SL' - TL \quad 2)$$

Potendo scrivere $2B1 = 2SL' - 2TL$ si ha $2TL = 2SL' - 2B1$ che sostituito nella 1) dà:

$A1 = SL + TS - (2SL' - 2B1)$ che risolta in TS dà:

$$TS = A1 - 2B1 + (2SL' - SL)$$

Questa procedura di calcolo non necessita del valore del TL e si affida alla precisione dei valori di SL e SL' che devono essere misurati con accuratezza in una fase di calibrazione che deve precedere le misure del TS.

La misura dell'angolo di esposizione del "sommersibile bersaglio" è fattibile al momento in cui, dal "battello pilota", viene rilevato, con il FALCON, il BRQ del sommersibile bersaglio.

Il dato del BRQ rilevato viene opportunamente elaborato nel P.C. di servizio, per determinare finalmente l'angolo di esposizione; naturalmente durante questa fase di misura viene sospeso momentaneamente il rilievo del TS.

6.2 Il campo nella struttura definitiva

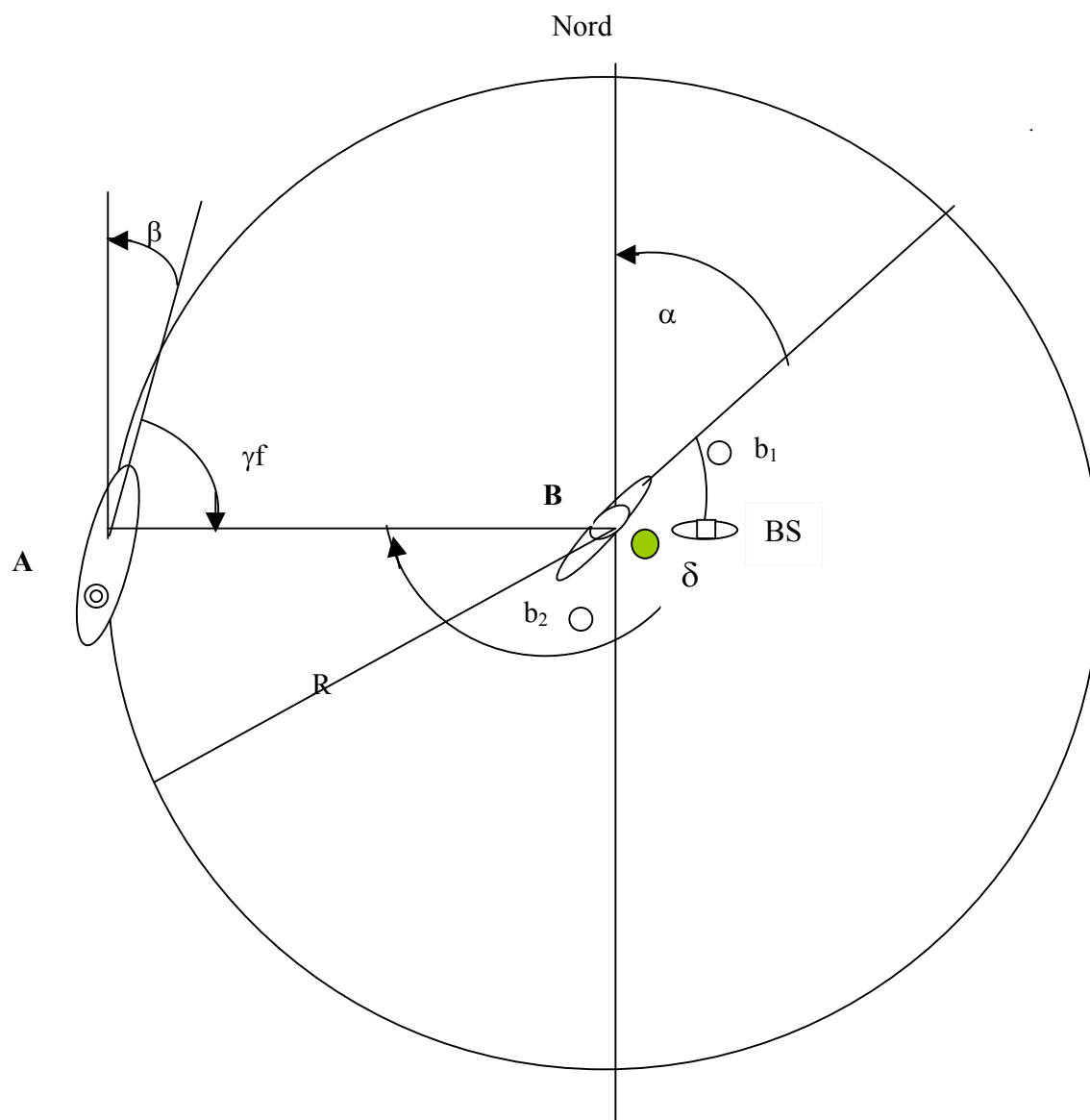
Con riferimento al paragrafo 6.1.4 ed alla figura 9 prendiamo ora in esame il complesso della struttura definitiva impostata per la misura del target strength di unità sommersibili.

Prima di addentrarci nella descrizione tecnica dobbiamo mettere in evidenza il parere espresso da tutti gli autori che si sono cimentati in questo tipo d'imprese: "le misure da eseguire presentano notevoli

difficoltà, sia per la il controllo dell'ambiente, sia per la saltuaria mancanza della ripetitività dei rilievi dovuta, tra le altre cause, dalle fluttuazioni dell'ampiezza dell'eco di ritorno dal bersaglio" ciò non per scoraggiarci ma per riflettere sul come realizzare le cose e le misure.

Il campo nella struttura definitiva è definito da una zona di mare circolare alla periferia della quale si muove la "nave pilota"; al centro del campo è collocato, in immersione, il sommergibile bersaglio, vincolato da due boe di posizionamento, e il battello di servizio così come è mostrato in figura 10, la movimentazione dei mezzi e le variabili angolari sono definite nel seguente paragrafo 3.2.

Figura 10



6.3 Movimentazione e posizionamento dei mezzi nel campo

Per la movimentazione ed il posizionamento dei mezzi nel campo si utilizza, per il "battello pilota" una cinematica di raggio R con centro sul bersaglio; per la staticità del bersaglio, al centro del campo, una coppia di boe di ancoraggio adatte a tale impiego.

Il posizionamento dei mezzi nel campo di misura è mostrato in figura 10, da questa si vedono le boe di ormeggio b1 e b2 che vincolano il bersaglio, il "sommergibile bersaglio" B in posizione vincolata, il "battello pilota" A e la traiettoria circolare del battello stesso.

Nei pressi del bersaglio è mostrato il battello di servizio BS con un dischetto scuro che rappresenta il trasduttore Rx/Tx del risponditore BAIP70; trasduttore che verrà filato sopra il bersaglio.

Nel disegno sono tracciati l'asse del campo verso il nord, l'angolo α tra l'asse del bersaglio e il nord, la distanza R tra la traiettoria del battello ed il bersaglio, l'angolo $\gamma_f = \angle BRQ$ tra l'asse del battello ed il bersaglio.

Nella figura compaiono inoltre, sia l'angolo β tra l'asse del battello ed il nord, sia l'angolo di esposizione δ .

Dagli elementi bibliografici consultati risulta che nelle campagne di misura effettuate nel passato sono state imposte per il campo dimensioni che vanno da circa 500 a 3000 m; riteniamo pertanto che sia ragionevole assumere inizialmente un raggio R del campo di 1000 m. e, successivamente, sulla base dei riscontri sperimentali condotti con la struttura definitiva, riformare tale valore per ottenere le migliori condizioni di misura in dipendenza del particolare tipo di bersaglio che verrà assegnato.

Nel prosieguo di questa relazione vedremo quale ruolo giocano le variabili angolari che sono riportate nella figura.

6.4 Calcolo delle variabili acustiche nella struttura di misura

Iniziamo l'esame della struttura di misura del sistema individuando inizialmente le variabili acustiche e le componenti elettroniche che consentono il computo del TS, successivamente vedremo, con l'ausilio degli schemi a blocchi, la composizione funzionale della stessa.

Sempre con riferimento al paragrafo 6.1.4 ed alla figura 9 esaminiamo le variabili acustiche, l'elettronica e le parti bagnate direttamente coinvolte nel processo che interessano, sia l'unità di elaborazione (A) collocata sulla "nave pilota", sia l'unità (B) collocata sul "battello di servizio".

Per calcolare le variabili acustiche che caratterizzano il sistema di misura è necessario assumere anzitutto dei valori di base per il target strength del bersaglio, valori che la letteratura individua, per un sommergibile di medie dimensioni, essere compresi tra 10-15 dB sull'asse e 25 dB al trasverso; inoltre è necessario premettere che tutte le computazioni verranno eseguite nelle ipotesi di propagazione sferica in assenza di anomalie.

-Variabili acustiche dell'unità (A)

Andiamo ora a valutare il livello di emissione SL in grado di provocare un'eco (SL - 2TL + TS) tale che il segnale elettrico EE da esso provocato, dopo amplificazione e rivelazione, possa essere efficacemente elaborabile dal sistema elettronico facente parte dell'unità (A) installata sulla "nave pilota".

Se assumiamo per EE un valore di 400 mVp, per il preamplificatore idrofonico un guadagno di 75 dB e per la restante catena di elaborazione un ulteriore guadagno di 2.5 dB; il trasduttore ricevente Rx1 dovrà fornire un livello di tensione pari a 53 μ V eff.

Dato che la funzione di Rx1 è di ricevere l'emissione dell'eco del bersaglio e la cinematica della nave è un cerchio attorno al sommergibile, questo trasduttore, se piazzato con l'asse di ricezione perpendicolare all'asse della nave a dritta, può essere parzialmente direttivo.

Se la sensibilità di Rx1 è dell'ordine di -56 dB/ μ V/ μ Pa il trasduttore potrà generare pertanto 53 μ Veff (pari a 34 dB/ μ V) se colpito da una pressione d'eco di 34dB/ μ V + 56 dB/ μ V/ μ Pa = 90dB/ μ Pa

Per ottenere un livello di pressione di 90 dB/ μ Pa dovrà essere soddisfatta la seguente equazione:

$$90 \text{ dB/ } \mu\text{Pa.} = \text{SL} - 2\text{TL} + \text{TS}$$

dove :

SL è l'incognita

TS = variabile da 10 a 25 dB (per i calcoli seguenti si assume ovviamente il valore inferiore)

TL = 20 Log R= attenuazione per divergenza

R = 1000 m

TL = 20 Log R = 20 Log 1000 = 60 db

Risulta pertanto $SL = 90 + 2 * 60 - 10 = 200 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$

Nella fase di misure sperimentali un tale valore di SL è generabile, dal sostituto Txx , in un settore orizzontale di circa $\pm 7^\circ$, con lo stesso tipo di stecca della base circolare IP70 che si utilizza in ricezione ma disposta in senso orizzontale, la stecca ha una risposta di emissione a 10000Hz pari a 175dB/ $\mu\text{Pa}/\text{V}$; per ottenere 200 dB/ μPa saranno necessari 25 dB/V pari a 18 Veff.

Si osservi che nel calcolo di SL non compare il guadagno di direttività del trasduttore, ciò è giustificato dal fatto che il calcolo stesso è indirizzato a stabilire soltanto quale valore di SL è necessario per avere un'eco di livello di 90 dB/ μPa e non per valutare il rapporto tra questo ed il rumore ambiente, operazione che viene invece fatta abitualmente per stabilire la portata di un ecogoniometro.

Per stabilire la durata dell'impulso la si deve calcolare sulla base dell'equazione:

$$t_o = 2 L / c$$

dove L è la lunghezza del bersaglio e c la velocità del suono

Nell'ipotesi che il bersaglio abbia una lunghezza di 30 metri il valore di t_o sarà:

$$t_o = 2 * 30 / 1530 = 39 \text{ mSec.}$$

Naturalmente dal sistema di emissione si dovrà regolare la durata dell'impulso per meglio adattarlo alle dimensioni effettive del bersaglio in fase di misura.

Una seconda variabile indispensabile per i calcoli del sistema di misura è rappresentata dalla pressione dell'eco che colpisce l'idrofono ricevente; il livello dell'eco varierà in dipendenza del massimo e del minimo del TS del bersaglio assunti come $T_{\text{max}} = 25 \text{ dB}$, $T_{\text{min}} = 10 \text{ dB}$.

Il livello dell'eco sarà quindi :

$$Eco = SL - 2TL + TS$$

$$Eco(\text{max}) = 200 - 120 + 25 = 105 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$$

$$Eco(\text{min}) = 200 - 120 + 10 = 90 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$$

-Variabili acustiche dell'unità (B)

Con i dati minimi indicati per SL' nella seconda tabella del paragrafo 4 calcoliamo il livello dell'impulso di riferimento Ir che sarà ricevuto dall'unità (A) a seguito dell'emissione impulsiva del risponditore BAIP70 facente parte dell'unità (B).

Dati

$$SL' = 163 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$$

$$TL = 20 \text{ Log } R = \text{attenuazione per divergenza}$$

$$R = 1000 \text{ m}$$

$$TL = 20 \text{ Log } R = 20 \text{ Log } 1000 = 60 \text{ db}$$

$$\text{risulta pertanto } Ir = 163 - 60 = 103 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$$

Il calcolo mostra come il livello I_r dell'impulso di riferimento giunga al trasduttore ricevente dell'unità (A) ad un valore di ben 13 dB superiore rispetto al livello dell'eco fissato in 90 dB/ μ Pa.

6.4.1 Livelli di emissione del trasmettitore di impulsi Txx

Il trasmettitore di impulsi Txx, sostituto temporaneo del Sonarfish, è delegato a fornire l'energia necessaria per pilotare il trasduttore di emissione Tx.

Per quanto visto al paragrafo 6.4 il trasmettitore deve erogare impulsi di ampiezza pari a 18 V_{eff} alla frequenza di 10000 Hz della durata di 29 mSec. su di un carico di 40 Ω ; questo implica la generazione di una potenza impulsiva di segnale pari a $18^2 / 40 = 8$ W ; prestazioni di queste tipo si ottengono facilmente con strutture elettroniche semplici.

Nel caso di un trasmettitore a tensione costante la sua impedenza d'uscita deve essere almeno 1/10 del carico previsto: $Z_u < 4\Omega$.

Nel caso in cui, durante le prove di adattamento del sistema definitivo, si riscontri la necessità di potenze superiori si può sempre ricorrere all'unità di trasmissione IP70 che consente la generazione di potenze dell'ordine alcune centinaia di wat con impedenza di uscita adatta ai carichi presentati dal trasduttore specifico.

6.4.2 Esposizione generale delle caratteristiche dei trasduttori Rx e Tx

Nel paragrafo 6.4 sono state già individuate le caratteristiche di sensibilità dei trasduttori Rx e Tx, in questo paragrafo esponiamo completamente tutte le caratteristiche di questi componenti mostrando in figura 11 anche la curva di risposta in ricezione.

*Rx Stecca in ricezione USEA tipo 442/035 con 10 elementi tipo 442/ESB/A

sensibilità = -56 db/ μ V/ μ Pa

impedenza = 40 Ω

guadagno di direttività verticale = 10 dB

guadagno di direttività orizzontale = 2 dB

*Tx Stecca in trasmissione tipo USEA 442/035 con 10 elementi tipo 442/ESB/A

risposta di emissione = 175 db/ μ Pa/V

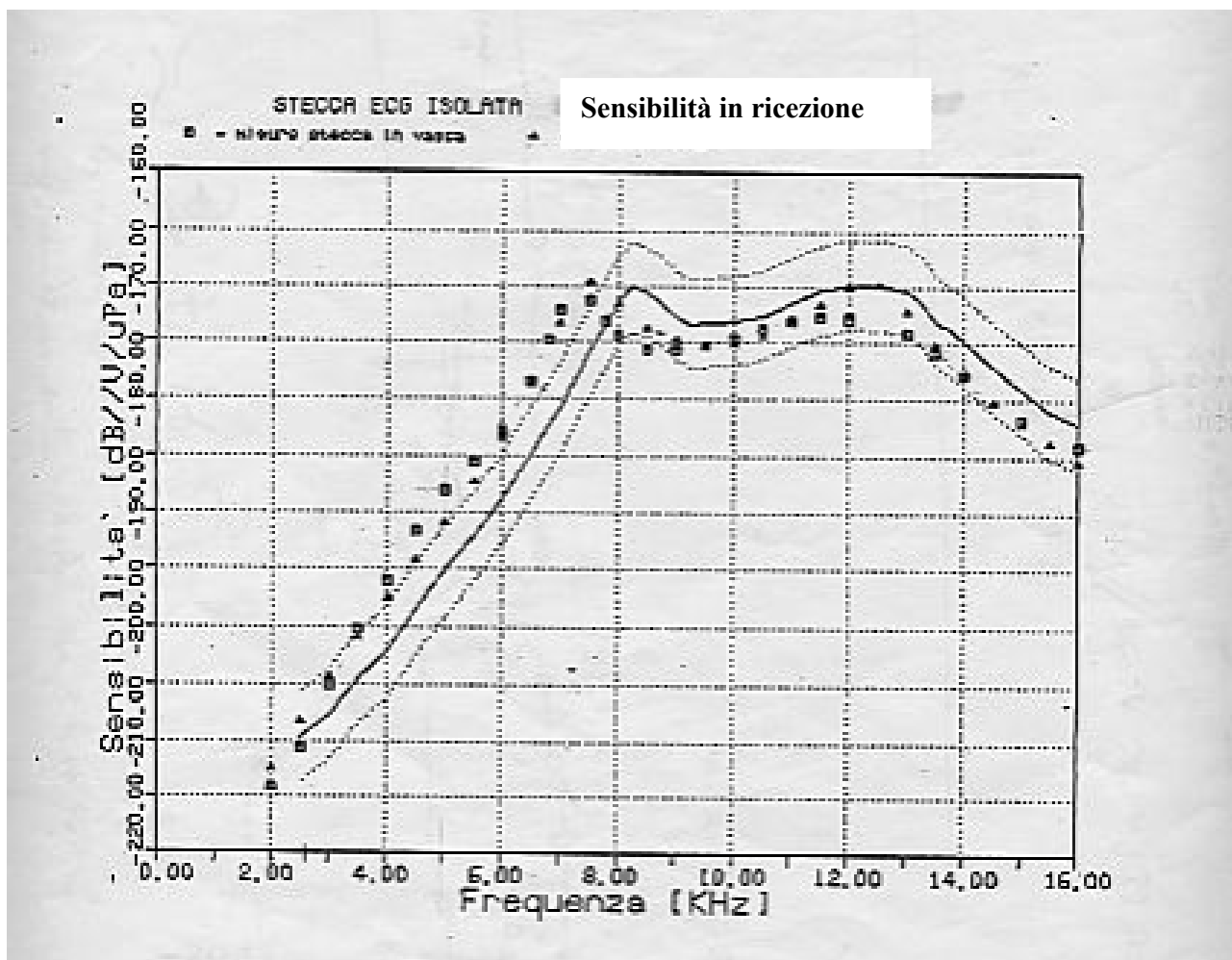
impedenza = 40 Ω

guadagno di direttività verticale = 2 dB

guadagno di direttività orizzontale = 10 dB

tensione massima applicabile = 300 v_{eff}. (per evitare la cavitazione)

Figura 11



6.4.3 Livelli di emissione del risponditore BAIP70

L'unità (B), alloggiata sul "battello di servizio" è costituita dal risponditore BAIP70 modificato le cui caratteristiche sono sotto riportate in funzione del valore del TS predisposto per la frequenza di 9500 Hz:

Per TS = 0 SL' = 163 dB/μPa

Per TS = 6 SL' = 169 dB/μPa

Per TS = 12 SL' = 175 dB/μPa

6.5 Calcolo delle caratteristiche del canale di amplificazione segnale d'eco e del risponditore.

Le caratteristiche elettriche del canale di amplificazione del segnale d'eco possono essere definite sulla base di quanto esposto al paragrafo 6.4.

Nel citato paragrafo sono già stati fissati i guadagni dei componenti di detto canale in:

A = 75 dB per il preamplificatore

A = 2.5 dB per filtro di banda e canale e rivelatore

Le altre caratteristiche dei due componenti sono:

*preamplificatore

-dinamica

la dinamica è irrilevante infatti:

con un TS = 10 dB sono previsti 53 μ Veff. d'ingresso pari a 300 mVeff. d'uscita
con un TS = 25 dB sono previsti circa 315 μ Veff. d'ingresso pari a 1700 mVeff. d'uscita

-rumore elettronico d'uscita
dell'ordine di 150 μ Veff. in banda 1000 Hz a 10000Hz

-impedenza d'ingresso
dell'ordine di 100000 Ω

* filtro di banda e canale rivelatore

-dinamica
la dinamica è irrilevante infatti:
con un TS = 10 dB sono previsti 300 mVeff. d'ingresso pari a 400 mVp d'uscita
con un TS = 25 dB sono previsti circa 1700 mVeff. d'ingresso pari a 2300 mVp d'uscita

-rumore elettronico d'uscita
dell'ordine di 0.5 mVeff. in banda 1000 Hz a 10000Hz

6.6 Esposizione delle caratteristiche del trasduttore per ricezione Sonarfish.

Nel paragrafo 6.4 sono state già individuate le caratteristiche di sensibilità del trasduttore Rx1 nel caso di ricezione echi da impulsi del Txx, in questo paragrafo esponiamo le caratteristiche dell'idrofono per ricezione echi da impulsi Sonarfish:

Stecca idrofonica prodiera IP70

sensibilità = -80 db/ μ V/ μ Pa da 1000 a 30000 Hz

reattanza ad 1 KHz = 1000 Ω

guadagno di direttività verticale a 10 KHz = 10 dB

guadagno di direttività orizzontale (omnidirezionale)

6.7 Valutazioni del rapporto segnale/disturbo nella ricezione degli impulsi unità (A).

Un'altra variabile acustica che caratterizza l'unità A è il rapporto segnale/disturbo (Si/Ni) che viene a trovarsi all'uscita dell'idrofono direzionale Rx1 quando l'idrofono stesso è colpito dal rumore del mare e dall'impulso di riferimento (SL' - TL), o dall'eco (SL - 2TL + TS) del bersaglio.

Tenendo presente che il canale ricevente dell'unità A, data la semplice struttura, ha soltanto il modesto guadagno di processo del rivelatore d'involuppo, è del tutto evidente che per consentire un valido utilizzo dei segnali sia necessario poter lavorare con valori Si/Ni (dB) $\gg 0$.

Vediamo pertanto, con l'aiuto delle variabili acustiche calcolate in precedenza, in quali condizioni si trovi il sistema di ricezione potendo contare sui seguenti dati:

Forti del fatto che nelle fasi di misura del TS non esiste moto relativo "nave pilota" - "bersaglio" si computa la larghezza Δ della banda di ricezione in assenza di Doppler, adattandola soltanto all'impulso di trasmissione più corto ($t_0 = 10$ mSec.) emesso dal Sonarfish o dal Txx; per impulsi di durata superiore valgono a maggior ragione i risultati di calcoli anche se è del tutto evidente che per impulsi di durata superiore a 10 mSec. si potrebbe migliorare il rapporto Si/Ni riducendo in proporzione la larghezza della banda di ricezione.

$\Delta = 10\% f_0$ (larghezza della banda di ricezione)

$f_0 =$ (frequenza media della banda di ricezione)

DI = 10 dB (guadagno di direttività verticale del trasduttore ricevente Rx1)

NL = in dB/ $\mu\text{Pa}/(\text{Hz})^{1/2}$ (rumore del mare in condizioni operative del sistema; SS = 2)

SL'-TL = 163 - 60 = 103 dB/ μPa (livello minimo di pressione dell'impulso di riferimento)

SL-2TL+TS = 200 -120 +10 = 90dB/ μPa (livello di pressione dell'eco per TS = 10 dB)

Indicando con NLt il rumore totale del mare in dB/ $\mu\text{Pa}/\Delta$ (Δ = banda di ricezione) si ha:

$$\text{NLt} = \text{NL} + 10 \log (\Delta)$$

da cui:

*nel caso di ricezione dell'impulso di riferimento (SL'-TL) il rapporto Si/Ni (dB) sarà

$$(\text{Si/Ni})_r = (\text{SL}' - \text{TL}) - \text{NLt} + \text{DI}$$

*nel caso di ricezione dell'eco (SL -2TL + TS) il rapporto Si/Ni (dB) sarà

$$(\text{Si/Ni})_e = (\text{SL} - 2\text{TL} + \text{TS}) - \text{NLt} + \text{DI}$$

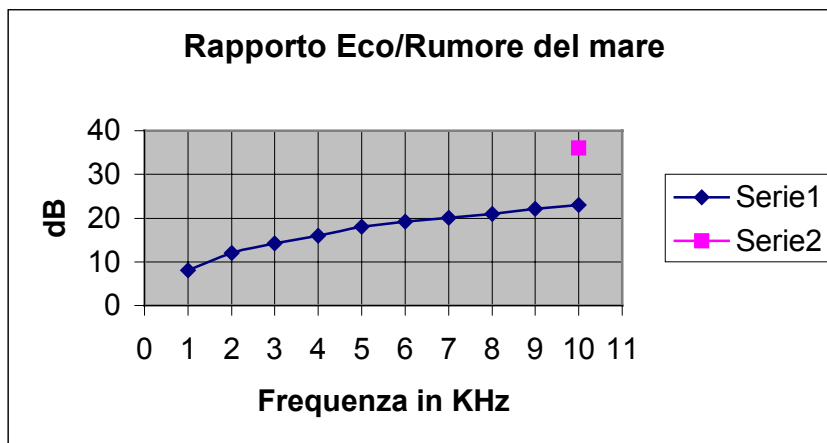
Il computo di tutte le variabili che compaiono nelle due equazioni è indicato, in funzione della frequenza nella seguente tabella dove (Si/Ni)_r, nell'ipotesi che il BAIP70 emetta una sola frequenza, è calcolato soltanto per f=10000 Hz:

Freq. Khz	Δ Hz	DI	NL	NLt	SL'-TL+DI	(Si/Ni) _r (dB)	SL-2TL+TS+DI	(Si/Ni) _e (dB)
1	100	0	62	82			90	+ 8
2	200	3	58	81			93	+ 12
3	300	5	56	80.8			95	+ 14.2
4	400	6	54	80			96	+ 16
5	500	7	52	79			97	+ 18
6	600	8	51	78.8			98	+ 19.2
7	700	8.6	50	78.5			98.6	+ 20.1
8	800	9	49	78			99	+ 21
9	900	9.6	48	77.5			99.6	+ 22.1
10	1000	10	47	77	113	+36	100	+ 23

Dai dati di tabella si costruisce il diagramma di figura 12 che mostra chiaramente l'andamento del rapporto Si/Ni in funzione della frequenza.

Dalla curva si vede che per la ricezione dell'impulso di riferimento (dato serie2) esiste un valore del rapporto segnale/disturbo ottimo, per la ricezione dell'eco invece (dati serie1), com'era prevedibile, il valore di Si/Ni è più contenuto, in special modo alle frequenze più basse.

Figura 12



6.8 L'effetto della riverberazione nella misura del TS

Dopo aver esaminato l'effetto del disturbo del mare, nella ricezione degli impulsi di riferimento e d'eco, è indispensabile procedere ad una valutazione, se pur indicativa, della riverberazione che si genera nell'ambiente subacqueo a seguito della trasmissione dell'impulso d'ampiezza SL.

I calcoli relativi all'intensità della riverberazione devono essere estesi a tutte le frequenze emesse dal Sonarfish o dal Txx per inquadrare al meglio tutte le possibili problematiche che un'emissione di questo tipo può creare.

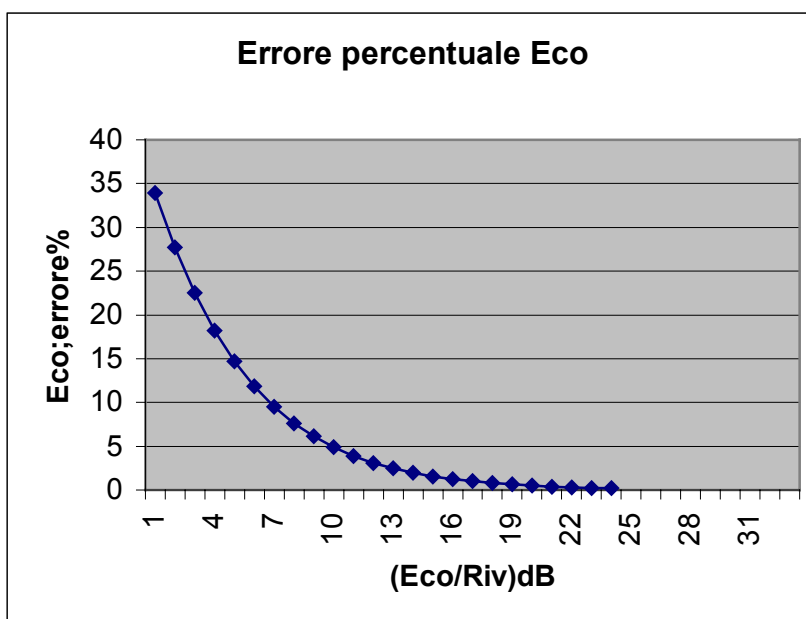
Per quest'indagine è anzitutto necessario un esame dell'entità dell'errore d'ampiezza dell'eco, in funzione del rapporto Eco/Riv(dB), (Eco/Riverberazione espresso in decibel), quest'esame è stato condotto nella "Relazione di fattibilità per la individuazione e realizzazione di un sistema di misura del target strength di unità sommergibili"; dalla menzionata relazione riportiamo il risultato finale:

$$\text{err}\% = 100 \left| 1 - \left[1 + \left(\frac{1}{10^{(j/20)}} \right)^2 \right]^{1/2} \right|$$

espressione dell'errore percentuale dell'ampiezza dell'eco in funzione del rapporto $j = \text{Eco/Riv}(\text{dB})$.

Con la formula ora mostrata si è sviluppato il grafico di figura 13 nel quale si vede come varia l'errore percentuale dell'ampiezza dell'impulso d'eco in dipendenza del rapporto Eco/Riv (dB).

Figura 13



Il grafico mostra che per valori di $Eco/Riv > 7$ dB l'errore è contenuto entro il 10% , errore più che accettabile dato che provocherebbe un errore sulla misura di TS dell'ordine di un solo decibel; per valori Eco/Riv compresi tra 7 dB e 3 dB l'errore massimo è dell'ordine del 20% , riconducibile ad un conseguente errore nel calcolo di TS dell'ordine di 2 dB;

per valori di $Eco/Riv \leq 2$ dB l'errore sul calcolo di TS è inaccettabile.

Dal grafico, a conferma di quanto affermato alla fine del paragrafo 6.7, in merito al rapporto $Eco/Rumore$ del mare nella condizione peggiore(per $f = 1000$ Hz) :

$$Si/Ni = (SL - 2TL + TS) - NL_t + DI = 8 \text{ dB}$$

si evince che tale rapporto è buono e che conduce ad un errore percentuale dell'eco dell'ordine del 7 % al quale corrisponde un errore di valutazione del TS di soli 0.7 dB.

6.8.1 Calcoli della riverberazione di superficie e del rapporto eco/riv

L'indagine sull'effetto della riverberazione di superficie è condotto con le routine di calcolo mostrate nella "Relazione di fattibilità per la individuazione e realizzazione di un sistema di misura del target strength di unità sommergibili" con riferimenti ai diagrammi ed alle formule riportati nel testo di R.Urick che indicheremo con Rif.RU; dalla menzionata relazione riportiamo:

Formula generale di calcolo per la riverberazione di superficie:

$$RL = SL - 2TL + S_s + TSR$$

Dove

RL = livello della riverberazione di superficie (espresso in dB)

SL = livello di pressione emesso dal sonar (espresso in dB/ μ Pa)

TL = attenuazione del suono nell'acqua per divergenza (espresso in dB)

S_s = capacità diffusiva della superficie del mare (espressa in dB)

TSR = forza della superficie (espressa in dB)

Il calcolo si basa sui seguenti dati:

$r = 1000$ m (distanza del bersaglio)

$p = 10$ m. (profondità del trasduttore d'emissione)

SL = 200 dB/ μ Pa (livello di pressione emesso dal sonar)

$f = 10000$ Hz (frequenza dell'impulso emesso dal sonar)

EL = (SL-2TL+TS) = 90 dB/ μ Pa (livello voluto dell'impulso d'eco)

$T_d = 40$ mSec. (durata dell'impulso emesso dal sonar)

Dimensioni trasduttore trasmettente del Txx

$a = .8$ m. in orizzontale

$b = .1$ m. in verticale

sviluppiamo i calcoli:

calcolo del rapporto p/r :

$$rp = p / r = 10/1000 = .01 \quad (\text{rapporto quota trasduttore/distanza})$$

calcolo dell'angolo di radenza (ar) con il quale determinare il valore della capacità diffusiva S_s della superficie:

$$ar = \text{ArcSen} (.01) = 0.57^\circ \quad (\text{angolo di radenza})$$

formula di Chapman e Harris per il calcolo della S_s (capacità diffusiva della superficie) in funzione dell'angolo di radenza e della velocità del vento (la formula è stata scelta perché consente il calcolo di S_s anche in funzione della frequenza):

$$S_s = 3.3 \beta \text{Log} (ar/30) - 42.4 \text{Log} \beta + 2.6$$

$$\text{dove } \beta = 158 (v(f)^{1/3})^{-0.58}$$

si calcola β per velocità del vento pari a 10 nodi

$$\beta = 158 (v(f)^{1/3})^{-0.58} = 158(10(10000)^{1/3})^{-0.58} = 7$$

$$S_s = 3.3 * 7 \text{Log} (0.57/30) - 42.4 \text{Log} 7 + 2.6 = -73 \text{ dB}$$

calcolo della lunghezza d'onda:

$$\lambda = (c/f) = (1530 / 10000) = .15 \text{ (lunghezza d'onda)}$$

calcolo del logaritmo dell'ampiezza (a_d) del lobo di direttività in trasmissione sulla base delle formule riportate nella tabella 8.1 della p. c, per un trasduttore rettangolare $a \gg b$:

$$q = (10 * \text{Log}(\lambda / (6.28 * a)) + 9.2) =$$

$$= (10 * \text{Log}(.15 / (6.28 * .8)) + 9.2) = -6 \text{ dB (log. dell'angolo d'apertura lobo direttività "radianti")}$$

calcolo dell'angolo d'apertura del lobo di direttività in radianti:

$$q_r = 10^{(q / 10)} = 10^{(-6/10)} = .25 \text{ (angolo di direttività in radianti)}$$

calcolo dell'angolo d'apertura del lobo di direttività in gradi:

$$a_d = q_r * 57.3 = .25 * 57.3 = 14.4^\circ \text{ (ampiezza dell'angolo di direttività in gradi)}$$

calcolo dell'attenuazione per divergenza e per assorbimento :

$$2TL = 40 * \text{Log}(r) = 40 * \text{Log} 1000 = 120 \text{ dB}$$

Calcolo della superficie del mare illuminata dall'impulso emesso:

$$\text{sup} = ((c * t_d) / 2) * q_r * r = ((1530 * 40/1000)/2) * .25 * 1000 = 7650 \text{ (sup. irradiata in mq)}$$

calcolo della forza della superficie:

$$TSR = 10 * \text{Log}(\text{sup}) = 38.7 \text{ dB (forza della superficie)}$$

calcolo della pressione dovuta dalla riverberazione della superficie (sup) illuminata dall'impulso:

$$RL = SL - 2TL + S_s + TSR = 200 - 120 - 73 + 38.7 = 45.7 \text{ dB}/\mu\text{Pa} \text{ (valore della pressione dovuta}$$

alla riverberazione)

calcolo del rapporto eco/riverberazione in dB:

$$\text{Eco/Riv.} = EL - RL = 90 - 45.7 = 44.3 \text{ dB (rapporto eco/riverberazione)}$$

Questo risultato è estremamente favorevole; infatti, dal diagramma di figura 13, con un rapporto $\text{Eco/Riv} = 44.3 \text{ dB}$ la percentuale d'errore sull'ampiezza dell'eco è irrilevante e di conseguenza non si ha nessun errore apprezzabile nel calcolo di TS.

Naturalmente la situazione può cambiare per velocità del vento superiori così come è mostrato nella relazione citata.

Per una rapida ripetizione del calcolo della riverberazione di superficie è di seguito riportata la routine in Qbasic con la quale eseguire altri calcoli nel caso di ulteriori indagini per valori d'ingresso diversi rispetto a quelli relativi all'esempio illustrato:

'PROGRAMMA PER IL CALCOLO DELLA RIVERBERAZIONE DI SUPERFICIE

Cls

'INSERIRE I DATI PER IL CALCOLO :

f = 'frequenza di emissione in Hz
EL = 'livello dell'eco ricevuto in dB
SL = 'livello dell'emissione del sonar in dB/ μ Pa
c = 1530 'velocità del suono nell'acqua
td = 'durata dell'impulso in Sec.
r = 'distanza dal bersaglio in metri
TL = 'attenuazione per divergenza = $20 * \text{Log}(r)$
p = 'quota del trasduttore di emissione in metri
a = 'dimensione maggiore del trasduttore d'emissione
b = 'dimensione minore del trasduttore d'emissione
v = 'velocità del vento in nodi

'ROUTINE DI CALCOLO

$\text{landa} = c / f$
 $q = (10 * \text{Log}(\text{landa} / (6.28 * a)) / \text{Log}(10) + 9.2)$
 $qr = 10 ^ (q / 10)$
Print "qr= "; qr
Print
 $\text{sup} = ((c * td) / 2) * qr * r$ 'superficie illuminata dall'impulso
Print "sup= "; sup
Print
 $\text{TSR} = 10 * \text{Log}(\text{sup}) / \text{Log}(10)$ 'forza della superficie
Print "TSR ="; TSR
Print

'calcolo della capacità diffusiva della superficie (Ss)
 $rp = p / r$ 'rapporto profondità trasduttore/distanza
 $ar = (180 / 3.14) * \text{Atn}(rp / \text{Sqr}(-rp * rp + 1))$ 'Arcsin(p/r) angolo di radenza in gradi
Print "ar°= "; ar
Print
 $\text{beta} = 158 * (v * (f) ^ (1 / 3)) ^ (-0.58)$
Print "beta= "; beta
Print
 $Ss = 3.3 * \text{beta} * (\text{Log}(ar / 30) / \text{Log}(10)) - 42.4 * (\text{Log}(\text{beta}) / \text{Log}(10)) + 2.6$
Print "Ss= "; Ss
Print

$\text{RL} = \text{SL} - 2 * \text{TL} + Ss + \text{TSR}$ ' calcolo del livello della riverberazione (RL)
Print "RL = SL - 2*TL + ss + TSR ="; RL
Print

'Calcolo del rapporto Er = eco/riverberazione
 $\text{Er} = \text{EL} - \text{RL}$
Print "eco/riv =" ; Er

6.8.2 Calcolo del rapporto eco/riv. sup. senza la variabile SL

La formula di calcolo del rapporto eco/riv.sup riportata nel paragrafo precedente risulta:

$$\text{Eco/Riv.} = \text{EL} - \text{RL}$$

Dove

$$\text{EL} = \text{SL} - 2\text{TL} + \text{TS}$$

$$\text{RL} = \text{SL} - 2\text{TL} + \text{Ss} + \text{TSR}$$

la formula può essere scritta in forma più estesa come:

$$\text{Eco/Riv.} = \text{SL} - 2\text{TL} + \text{TS} - (\text{SL} - 2\text{TL} + \text{Ss} + \text{TSR}) = \text{TS} - \text{Ss} - \text{TSR}$$

nella quale non compaiono più le variabili SL e TL; questa nuova impostazione consente il calcolo del rapporto eco/riv anche senza conoscere il livello d'emissione del sonar.

La nuova espressione per il calcolo del rapporto Eco/riv è implementata nella seguente routine in Qbasic:

'INSERIRE I DATI PER IL CALCOLO :

f = 'frequenza di emissione in Hz
TS = 'forza del bersaglio dB
c = 1530 'velocità del suono nell'acqua
td = 'durata dell'impulso in Sec.
r = 'distanza dal bersaglio in metri
p = 'quota del trasduttore di emissione in metri
a = 'dimensione maggiore del trasduttore d'emissione
b = 'dimensione minore del trasduttore d'emissione
v = 'velocità del vento in nodi

'ROUTINE DI CALCOLO

landa = c / f
q = (10 * Log(landa / (6.28 * a)) / Log(10) + 9.2)
qr = 10 ^ (q / 10)
Print "qr="; qr
Print
sup = ((c * td) / 2) * qr * r 'superficie illuminata dall'impulso
Print "sup="; sup
Print
TSR = 10 * Log(sup) / Log(10) 'forza della superficie
Print "TSR="; TSR
Print

'calcolo della capacità diffusiva della superficie (Ss)

rp = p / r 'rapporto profondità trasduttore/distanza
ar = (180 / 3.14) * Atn(rp / Sqr(-rp * rp + 1)) 'Arcsin(p/r) angolo di radenza in gradi
Print "ar°="; ar
Print
beta = 158 * (v * (f) ^ (1 / 3)) ^ (-0.58)
Print "beta="; beta
Print
Ss = 3.3 * beta * (Log(ar / 30) / Log(10)) - 42.4 * (Log(beta) / Log(10)) + 2.6

```

Print "Ss= "; Ss
Print
Er = TS - Ss - TSR ' calcolo del rapporto eco/riv
Print "Eco/riv = TS + Ss + TSR = "; Er

```

Se con la nuova routine si ripete la procedura di calcolo per il campo delle frequenze emesse dal sonarfish, da 1000 a 10000 Hz, con i dati iniziali sotto riportati:

$r = 1000$ m (distanza del bersaglio)

$p = 10$ m. (profondità del trasduttore d'emissione)

$f =$ da 1000 a 10000 Hz (frequenza dell'impulso emesso dal sonar)

$TS = 10$ dB (forza del bersaglio)

$Td = 40$ mSec. (durata dell'impulso emesso dal sonar)

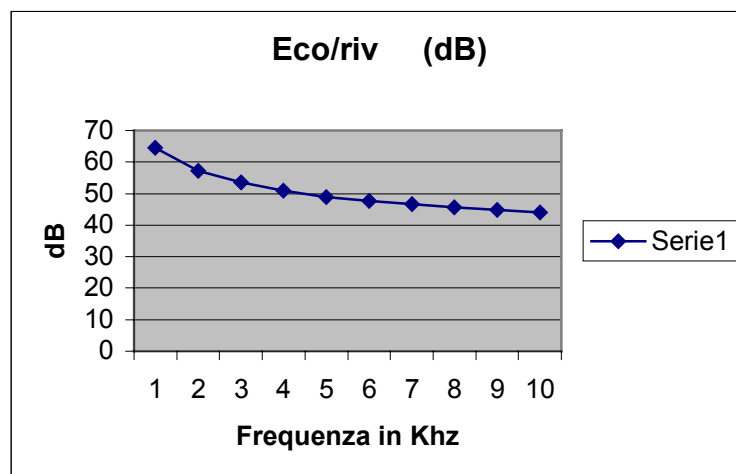
Dimensioni trasduttore d'emissione

$a = .8$ m. in orizzontale

$b = .1$ m. in verticale

si ottiene il grafico di figura 14 che mostra come varia il rapporto Eco/Riv, dovuto alla riverberazione di superficie, in funzione della frequenza emessa indipendentemente dal livello d'emissione del sonar. Dal grafico si osserva che in tutto il campo di frequenze il rapporto eco/riv è ottimo non scendendo mai sotto i 40 dB.

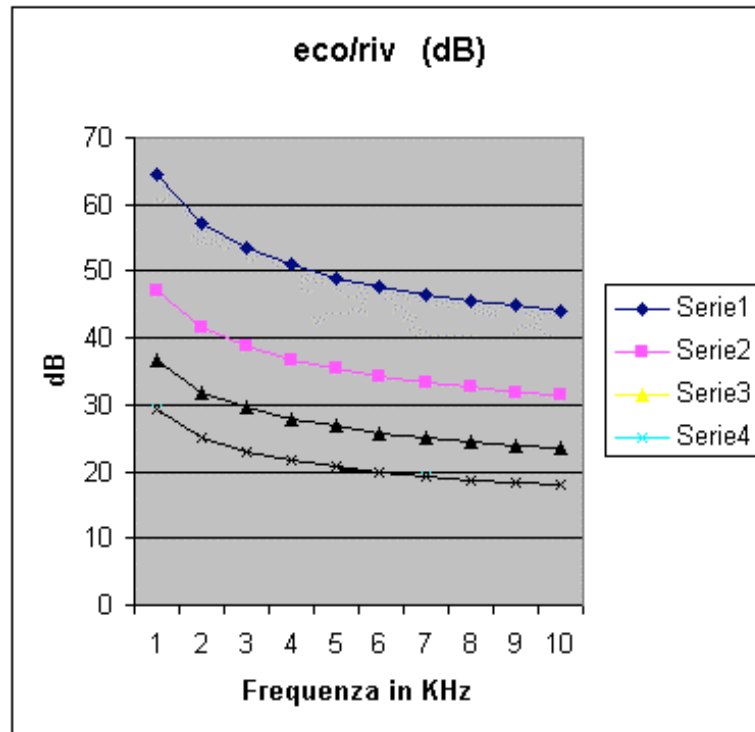
Figura 14



L'andamento crescente della curva alle frequenze basse è giustificato dal fatto che, se pur la direttività del trasduttore d'emissione, dalla quale dipende la superficie illuminata, decresce sensibilmente con il decremento della frequenza, la capacità diffusiva Ss della superficie del mare si riduce con legge più severa della precedente ed il risultato complessivo viene a favore del miglioramento del rapporto Eco/Riv.

Il grafico è ottenuto impostando una velocità del vento pari a 10 nodi, per velocità superiori si ottengono i risultati mostrati nella successiva figura 15 nella quale sono riportate 4 serie di dati: la serie 1 è tracciata per confronto, come la precedente per $v = 10$ nodi, la serie 2 è tracciata per $v = 15$ nodi, la serie 3 è tracciata per $v = 20$ nodi ed infine la serie 4 è tracciata per $v = 25$ nodi.

Figura 15



Le curve suggeriscono di scegliere, per quanto possibile, situazioni meteorologiche atte ad ottenere rapporti $\text{eco/riv} \geq 20$ dB.

6.8.3 Calcoli della riverberazione di fondo e del rapporto eco/riv

L'indagine sull'effetto della riverberazione di fondo è condotta con le routine di calcolo mostrate nella "Relazione di fattibilità per la individuazione e realizzazione di un sistema di misura del target strength di unità sommergibili" con riferimenti ai diagrammi ed alle formule riportati nel testo di R.Urick che indicheremo con Rif.RU; dalla menzionata relazione riportiamo:

Formula generale di calcolo per la riverberazione di fondo:

$$RL = SL - 2TL + Sb + TSR$$

Dove:

RL = livello della riverberazione di fondo (espresso in dB)

SL = livello di pressione emesso dal sonar (espresso in dB/ μ Pa)

TL = attenuazione del suono nell'acqua per divergenza (espresso in dB)

Sb = capacità diffusiva del fondo del mare (espressa in dB)

TSR = forza del fondo (espressa in dB)

Il calcolo si basa sui seguenti dati:

$h = 200$ m. (profondità del fondo in metri)

SL = 200 dB/ μ Pa (livello dell'emissione sonar)

$f = 10000$ Hz (frequenza d'emissione Hz)

$EL = (SL - 2TL + TS) = 90 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$ (livello d'eco voluto dB)

$Td = 40 \text{ mSec.}$ (durata dell'impulso d'emissione)

Dimensioni trasduttore trasmittente del Txx

$a = .8 \text{ m.}$ in orizzontale

$b = .1 \text{ m.}$ in verticale

sviluppiamo i calcoli:

calcolo del rapporto h/r :

$rp = h / r = 200/1000 = .2$ (rapporto profondità/distanza)

calcolo dell'angolo di radenza (ar) con il quale determinare, sulla base delle figure Rif.RU, il valore della capacità diffusiva Sb del fondo:

$ar = \text{ArcSen} (.2) = 11.5^\circ$ (angolo di radenza)

calcolo della lunghezza d'onda:

$\lambda = (c/f) = (1530 / 10000) = .15$ (lunghezza d'onda)

calcolo del logaritmo dell'ampiezza (ad) del lobo di direttività in trasmissione sulla base delle formule riportate nella tabella 8.1 della p. c, per un trasduttore rettangolare $a \gg b$:

$q = (10 * \text{Log}(\lambda / (6.28 * a)) + 9.2) =$

$= (10 * \text{Log}(.15 / (6.28 * .8)) + 9.2) = -6\text{dB}$ (log. dell'angolo d'apertura lobo direttività "radianti")

calcolo dell'angolo d'apertura del lobo di direttività in radianti:

$qr = 10^{(q / 10)} = 10^{(-6/10)} = .25$ (angolo di direttività in radianti)

calcolo dell'angolo d'apertura del lobo di direttività in gradi:

$ad = qr * 57.3 = .25 * 57.3 = 14.4^\circ$ (angolo di direttività in gradi)

calcolo dell'attenuazione per divergenza:

$TL = 20 * \text{Log}(r) = 20 * \text{Log} 1000 = 60 \text{ dB}$ (attenuazione per divergenza)

Calcolo della superficie del fondo illuminata dall'impulso emesso:

$\text{sup} = ((c * td) / 2) * qr * r = ((1530 * 40/1000)/2) * .25 * 1000 = 7650$ (sup. irradiata in mq)

calcolo della forza della superficie:

$TSR = 10 * \text{Log}(\text{sup}) = 38.7 \text{ dB}$ (forza della superficie)

determinazione il valore della capacità diffusiva Sb dalle figure Rif.RU:

$Sb = f(ar) = f(11.5^\circ) = -48 \text{ dB}$ (attenuazione in funzione dell'angolo di radenza per $f = 10000 \text{ Hz}$

e fondo sabbioso, vedi fig.8.30 p.c.)

calcolo della pressione dovuta alla riverberazione della superficie (sup) illuminata dall'impulso:

$RL = SL - 2TL + Sb + TSR = 200 - 120 - 48 + 38.7 = 70.7 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$ (valore della pressione dovuta

alla riverberazione)

calcolo del rapporto eco/riverberazione in dB:

$\text{Eco/Riv.} = EL - RL = 90 - 70.7 = 19.3$ (rapporto eco/riverberazione)

Il risultato ottenuto con i dati che abbiamo inserito, ed analizzato alla luce della curva di figura 13, è indicativo di una situazione teorica buona per il valore più piccolo di TS del bersaglio, assunto al livello di 10 dB e dal quale scaturisce il valore $EL = 90 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$ dell'eco, per gli altri valori di TS con il massimo a 25 dB si passerebbe ad un rapporto ancor più favorevole.

Se si ripete la procedura di calcolo indicata, per la frequenza di 1000 Hz, valore inferiore del campo dei segnali emessi dal Sonarfish, si ottiene, grazie alla figura 8.28 p.c, che indica per un angolo di radianza di 11° un valore di S_b di circa -44 dB , un rapporto eco/riv.fondo di $+6 \text{ dB}$; valore che sulla base della curva di fig 13 porta ad un errore di misura dell'ordine del 10%, per gli altri valori di TS con il massimo a 25 dB si passerebbe naturalmente ad un errore nettamente inferiore.

La variazione della frequenza emessa incide sulla riverberazione di fondo in modo opposto di quanto incide la frequenza stessa nella riverberazione di superficie; infatti nella riverberazione di fondo con il decremento della frequenza si ha un peggioramento del rapporto Eco/Riv. Questo comportamento è giustificato dal fatto che la direttività del trasduttore ricvente, dalla quale dipende la superficie illuminata, decresce sensibilmente con il decremento della frequenza, e la capacità diffusiva S_b del fondo del mare si riduce con legge meno severa della precedente con il risultato complessivo che viene a sfavore del rapporto Eco/Riv.

6.8.4 Computazioni del rapporto eco/riv.fondo senza la variabile SL

Similmente a quanto riportato nel paragrafo 6.8.2 per la riverberazione di superficie riportiamo la formula di calcolo del rapporto eco/riv di fondo:

$$\text{Eco/Riv.} = EL - RL$$

Dove

$$EL = SL - 2TL + TS$$

$$RL = SL - 2TL + S_b + TSR$$

la formula può essere scritta in forma più estesa come:

$$\text{Eco/Riv.} = SL - 2TL + TS - (SL - 2TL + S_b + TSR) = TS - S_b - TSR$$

nella quale non compaiono più le variabili SL e TL; questa nuova impostazione consente il calcolo del rapporto eco/riv.fondo anche senza conoscere il livello d'emissione del sonar.

6.8.5 Calcoli della riverberazione di volume e del rapporto eco/riv

L'indagine sull'effetto della riverberazione di volume è condotta con le routine di calcolo mostrate nella "Relazione di fattibilità per la individuazione e realizzazione di un sistema di misura del target strength di unità sommergibili" con riferimenti ai diagrammi ed alle formule riportati nel testo di R.Urick che indicheremo con Rif.RU; dalla menzionata relazione riportiamo l'espressione per il calcolo della riverberazione di volume:

$$RL_v = SL - 40 \text{ Log } r + S_v + 10 \text{ Log } V$$

dove:

S_v = valore della capacità diffusiva del mezzo

$\tau = T_d$ = durata impulso

$V = (c\tau/2) \psi r^2$ = volume d'acqua illuminato

ψ = angolo solido d'emissione

Dati impostati:

$r = 1000 \text{ m}$ (distanza dal bersaglio)

$SL = 200 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$ (livello della pressione emessa dal sonar)

$f = 10000 \text{ Hz}$ (frequenza d'emissione del sonar)

$EL = (SL - 2TL + TS) = 90 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$ (livello voluto dell'eco)

$Td = 40 \text{ mSec.}$ (durata dell'impulso emesso)

$Sv = -85 \text{ dB}$ (capacità diffusiva in ore diurne, ricavata dalla figura 8.12 Rif.R.U. per $f = 10000 \text{ Hz}$)

Dimensioni trasduttore trasmettente del Txx

$a = .8 \text{ m.}$ in orizzontale

$b = .1 \text{ m.}$ in verticale

sviluppiamo i calcoli:

calcolo della lunghezza d'onda:

$$\lambda = (c/f) = (1530 / 10000) = .15$$

calcolo di $q = (10 \log \psi)$, logaritmo dell'ampiezza del lobo di direttività in trasmissione sulla base delle formule riportate nella tabella 8.1 della p. c, per un trasduttore rettangolare $a \gg b$:

$$q = 10 * \log [(\lambda^2 / (12.56 * a * b))] + 7.4 =$$

$$= 10 * \log [.15^2 / (12.56 * .8 * .1)] + 7.4 = -9.09 \text{ dB} \quad (\log. \text{ dell'angolo d'apertura lobo direttività})$$

calcolo dell'angolo d'apertura del lobo di direttività in steradian:

$$\psi = 10^{(q/10)} = 10^{(-9.09/10)} = .12$$

calcolo del volume d'acqua illuminato

$$V = (\pi r^2 / 2) \psi =$$

$$= (1530/2 * 40/1000) * .12 * 1000^2 = 3672000$$

calcolo dell'attenuazione per divergenza:

$$TL = 40 * \log(r) = 40 * \log 1000 = 120 \text{ dB}$$

calcolo del livello di riverberazione di volume

$$RL_v = SL - TL + Sv + 10 \log V = 200 - 120 - 85 + 66 = 61 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$$

calcolo del rapporto eco/riverberazione in dB:

$$\text{Eco/Riv.} = EL - RL_v = 90 - 61 = 29 \quad (\text{rapporto eco/riverberazione})$$

Il risultato ottenuto con i dati che abbiamo inserito, ed analizzato alla luce della curva di figura 13, è indicativo di una situazione teorica ottima per il valore più piccolo di TS del bersaglio, assunto al livello di 10 dB e dal quale scaturisce il valore $EL = 90 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$ dell'eco.

6.8.6 Calcoli della riverberazione di volume senza la variabile SL

Per il calcolo del rapporto Eco/Riv in funzione della frequenza emessa dal sonar si può impostare una nuova espressione partendo dalla funzione di partenza

$$\text{Eco/Riv.} = EL - RL_v$$

Dove

$$EL = SL - 2TL + TS$$

$$RL_v = SL - 2TL + Sv + 10 \log V$$

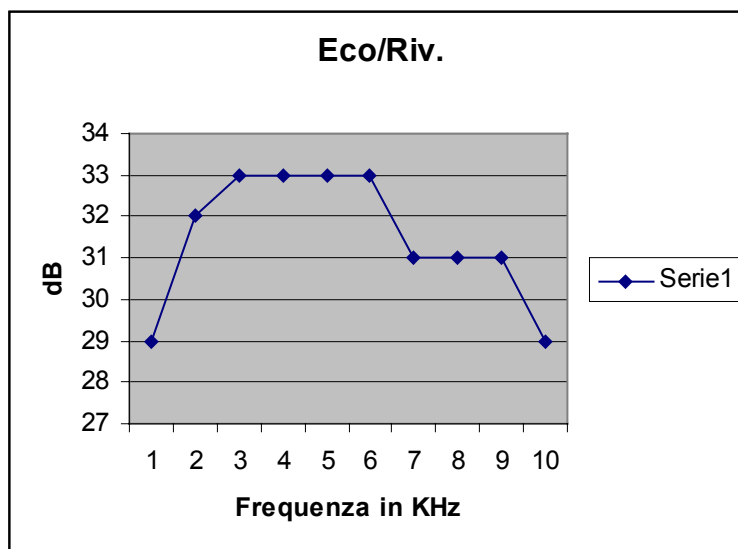
la formula può essere scritta in forma più estesa come:

$$\text{Eco/Riv.} = \text{SL} - 2\text{TL} + \text{TS} - (\text{SL} - 2\text{TL} + \text{Sv} + 10\text{Log V}) = \text{TS} - \text{Sv} - 10\text{Log V}$$

nella quale non compaiono più le variabili SL e TL; questa nuova impostazione consente il calcolo del rapporto eco/riv.volume. anche senza conoscere il livello d'emissione del sonar.

Con questa nuova espressione, e con estrapolazioni del grafico della figura 8.12 Rif.R.U. si calcola indicativamente come varia il rapporto Eco/Riv in funzione della frequenza emessa dal sonar così come è riportato nel grafico di figura 16

Figura 16



La figura mostra che la variazione del rapporto Eco/Riv.volume in funzione della frequenza d'emissione del sonar è molto contenuta; la ragione dipende dal fatto che la legge di variazione della direttività del trasduttore d'emissione, dalla quale dipende il volume d'acqua illuminato, è compensata in parte dalla legge di variazione della capacità diffusiva Sv dell'acqua.

6.8.7 Considerazioni in merito alla riverberazione nel caso di emissione con Sonarfish

Le valutazioni sull'intensità della riverberazione e sui conseguenti calcoli del rapporto Eco/Riverberazione sono state condotte nell'ipotesi d'impiego del trasduttore del trasmettitore Txx sostitutivo del Sonarfish; detto trasduttore è direttivo sul piano orizzontale ed ha un guadagno di circa 12 dB. Ripetendo i calcoli di cui sopra nel caso di utilizzo del Sonarfish, che ha i trasduttori d'emissione omnidirezionali, si ha un peggioramento del rapporto eco/Riverberazione dell'ordine di circa 10 dB. Una perdita tanto elevata sul rapporto Eco/Riverberazione potrebbe portare a condizioni di misura poco favorevoli tali da mettere in discussione tutto il sistema per il rilievo del TS; soltanto l'attività sul campo potrà dissipare, se infondate, queste perplessità.

L'attività con il Sonarfish potrà iniziare predisponendo l'apparato per l'emissione alla frequenza di 10000 Hz e comparando il rapporto Eco/Riv. del momento con il rapporto Eco/Riv.ottenuto in precedenza con l'emissione del Txx.

7)Filosofia di funzionamento del sistema di misura del TS

7.1 Schema a blocchi del sistema di misura

Sulla base della struttura del sistema di misura esposta nel paragrafo 6.1.4 definiamo le schema a blocchi dell'elettronica e delle parti bagnate:

UNITÀ (A)

L'unità A è costituita da 6 sezioni contenenti ciascuna i seguenti componenti numerati così come saranno individuabili negli schemi a blocchi :

I^a SEZIONE TRASDUTTORI RICEVENTE E TRASMITTENTE

1-trasduttore Rx1

2-pesce (parte del sonarfish) o trasduttore del Txx

II^a SEZIONE RICEVITORE SEGNALI ACUSTICI (alloggiata nel contenitore Cn)

3-preamplificatore

4-amplificatore di catena e filtri di banda

5-rivelatore di involuppo

III^a SEZIONE SOGLIE DEL SISTEMA D'INTERFACCIA CON P.C. (alloggiata nel contenitore Cn)

6-circuito soglie

IV^a SEZIONE ANALOGICO DIGITALE DEL SISTEMA D'INTERFACCIA CON P.C.

(alloggiata nel contenitore Cn)

7-convertitori A/D

8-interfaccia con il P.C. di servizio

9-P.C. di servizio

10-base tempi software

V^a SEZIONE DI TRASMISSIONE ACUSTICA DEL SONARFISH O Txx

11-generatore d'impulsi

12-trasmettitore d'impulsi

VI^a SEZIONE DI ALIMENTAZIONE DEL SISTEMA (alloggiata nel contenitore Cn)

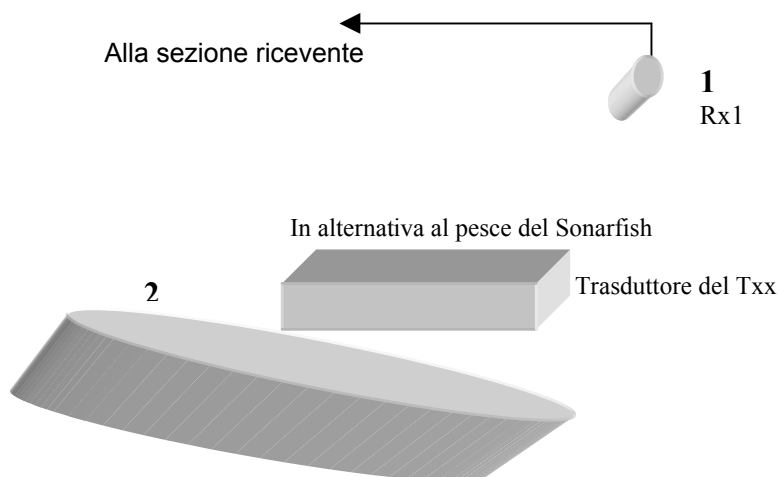
13-alimentatore generale

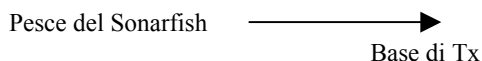
Le 6 sezioni sono ora illustrate facendo riferimento agli schemi a blocchi di sezione:

I^a sezione

In figura 17 è tracciato lo schema della **sezione trasduttori** costituita da:

Figura 17





Dai trasduttori transitano:

Da Rx1 gli impulsi d'eco e del risponditore BAIP70 ricevuti dalla zona del bersaglio

Per Tx gli impulsi di trasmissione verso il bersaglio

II^a sezione

In figura 18 è tracciato lo schema della **sezione ricevitore segnali acustici** alloggiata nel contenitore Cn.

Figura 18



L'amplificatore idrofonico porta gli impulsi d'eco e del risponditore ad un livello adatto per essere applicati all'amplificatore di catena ed al banco dei filtri di ricezione, i filtri, opportunamente selezionati in base alla frequenza d'emissione del sonar, attenuano tutte le frequenze estranee agli spettri degli impulsi ed hanno un guadagno di -6dB nella banda passante, il rivelatore di inviluppo riceve gli impulsi dal filtro di banda selezionato li amplifica e li rende disponibili per il trattamento successivo.

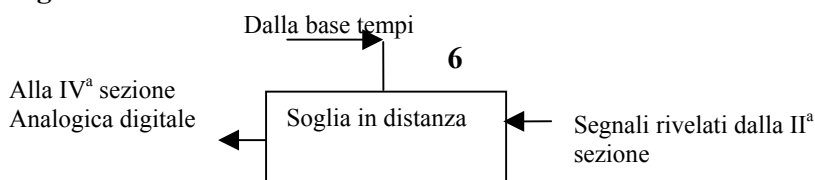
III^a sezione

In figura 19 è tracciato lo schema della **sezione soglia di sicurezza**, facente parte del sistema d'interfaccia Cn/P.C. che ha il seguente compito:

Impedisce all'impulso SL di saturare il canale di elaborazione successivo, riduce l'acquisizione della riverberazione nell'intervallo di tempo nel quale non è previsto l'arrivo dell'eco.

Il circuito riceve gli impulsi rivelati dalla II^a sezione e sulla scorta della predisposizione della soglia in distanza li trasferisce alla IV^a sezione analogico digitale; il processo è eseguito a guadagno unitario.

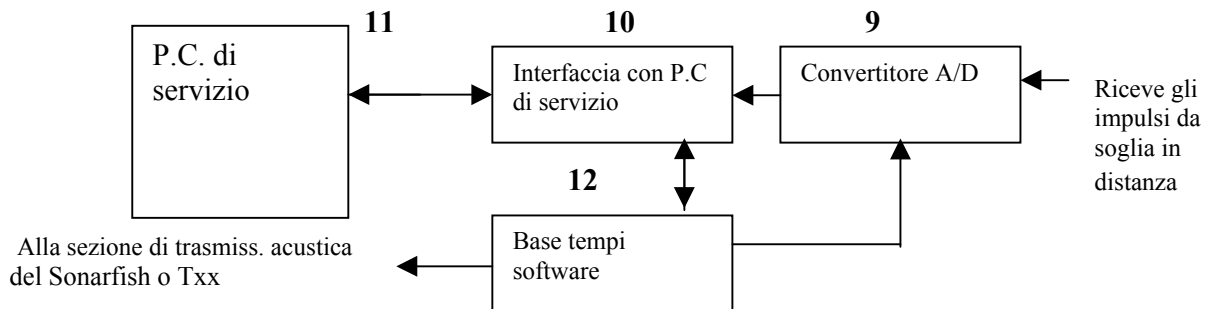
Figura 19



IV^a sezione

In figura 20 è tracciato lo schema della **sezione analogico digitale** facente parte del sistema d'interfaccia Cn/P.C. che ha il seguente compito:

Figura 20



La base tempi software, blocco 12, è di fatto una routine che gira nel P.C. di servizio ma è indicata come un blocco singolo per consentire la visione delle interconnessioni funzionali.

Il convertitore A/D campiona gli impulsi di ingresso dell'unità A al ritmo imposto dalla base tempi; dato che la banda degli impulsi rivelati, se questi sono al minimo della durata di 10mSec, si estende fino a 100 Hz il ritmo di campionatura dovrà essere almeno di 300 Hz.

I dati numerici all'uscita del convertitore A/D sono applicati al circuito di interfaccia con il P.C. di servizio per l'introduzione a calcolo secondo quanto stabilito dalla filosofia del sistema.

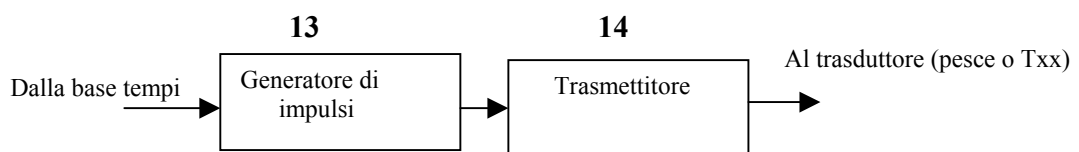
La base tempi è collegata con il trasmettitore del Sonarfish o Txx per coordinare la trasmissione acustica.

Il P.C. di servizio riceve le informazioni, sia dal collegamento diretto con il blocco interfaccia, sia dalle impostazioni manuali dell'operatore; ha il compito di eseguire i calcoli e la presentazione, sia di tipo a, sia polare del TS, tenendo in memoria tutta la storia della campagna di misure.

V^a sezione

In figura 21 è tracciato lo schema della **sezione di trasmissione acustica** del Sonarfish o Txx.

Figura 21



Il generatore d'impulsi, a comando della base tempi, genera impulsi alle frequenze ed alle durate predisposte.

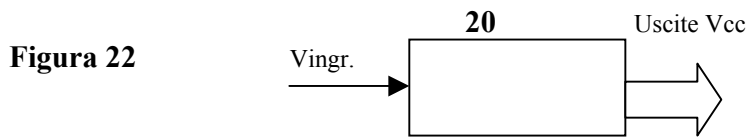
VI^a sezione

In figura 22 è tracciato lo schema della **sezione alimentazione** facente parte del sistema d'interfaccia Cn/P.C. che ha il seguente compito:

questa deve fornire tutte le tensioni stabilizzate necessarie al funzionamento di tutte le sezioni operative dell'unità A.

La sezione è alimentata con 115V 50/60 Hz; tutte le tensioni stabilizzate devono essere regolate entro

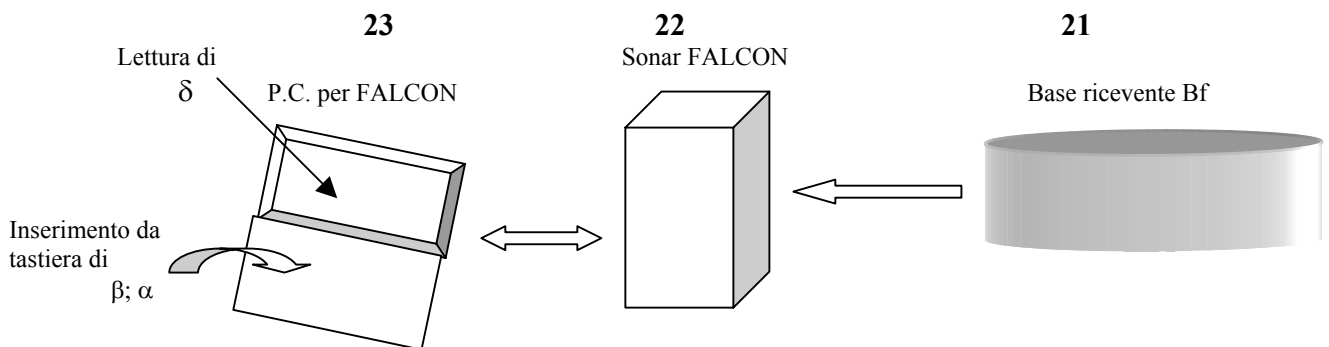
l' 1% per variazioni di rete dell'ordine del 15%, con un'ondulazione p.p inferiore ad 1/1000 della tensione fornita.



VII^a sezione

In figura 23 è riportato lo schema della **sezione rilevamento BRQ**; questa ha il compito di eseguire il rilevamento del “sommersibile bersaglio” rispetto all’asse della “nave pilota” e di fornire, con l’ausilio dei dati di bussola, sia della nave, sia del bersaglio , il valore dell’angolo di esposizione. Questa sezione è costituita dal sonar passivo FALCON e dalla base descritta al paragrafo 5.4.

Figura 23



Il segnale di rumore emesso dall’unità B, a comando vocale, via radio, dall’unità A, colpisce la base ricevente Bf e consente al sonar FALCON di individuare la presenza del bersaglio; la situazione di scoperta è visualizzata sullo schermo del P.C. sopra il quale l’operatore muove l’indice di rilevamento per collimare il bersaglio, questa operazione è evidenziata con l’indicazione su apposito display del valore del BRQ misurato; successivamente l’operatore , con l’ausilio dei dati di bussola della nave e del bersaglio, inseriti in precedenza, pigiando un tasto ottiene su di un secondo display il valore dell’angolo δ di esposizione del bersaglio.

L’operatore infine trasferisce questo dato sul P.C. di servizio del sistema perché con esso sia aperta la prima pagina di raccolta dati.

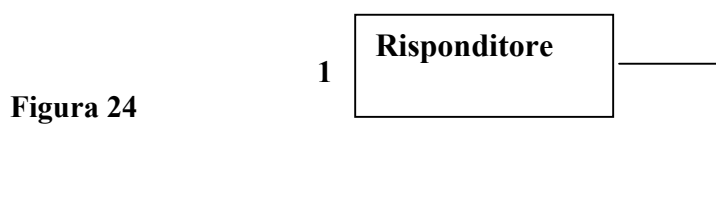
UNITÀ (B)

L’unità B è costituita da 1 sezione contenente i componenti numerati così come sono individuabili nello schema a blocchi di figura 24 :

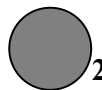
SEZIONE RISPONDITORE E TRASDUTTORE RICE-TRASMITTENTE

1-risponditore BAIP70 modificato

2-trasduttore Rx/Tx



Al comando voce/radio l'operatore A su "nave pilota" chiede all'operatore B su "battello di servizio" di predisporre il risponditore 1 alle funzioni previste.



Il trasduttore 2 riceve gli impulsi di emissione e trasmette la risposta voluta

7.2 Filosofia d'impiego del sistema di misura

Vediamo quale filosofia generale si è resa concreta analizzando il funzionamento del sistema mediante una sequenza di eventi operativi facilmente tracciabili in funzione del tempo.

Per semplificare la stesura del testo indichiamo in questo paragrafo con la lettera B1 l'impulso del risponditore e con la lettera A1 l'eco del sommergibile bersaglio.

Dopo la sistemazione definitiva sul campo del "sommergibile bersaglio" e del "battello pilota" iniziano gli eventi operativi su comando dell'operatore sul sonar e sul P.C. di servizio :

t_0 = l'operatore accende il sistema e seleziona uno dei filtri di ricezione per adattarlo alla frequenza d'emissione predisposta nel sonar

t_1 = l'operatore comanda a voce, via radio, l'accensione temporanea (durata automatica di 20Sec.) del BAIP70 in passivo per il rilevamento del BRQ del bersaglio (angolo γ_f) mediante sonar FALCON

t_2 = l'operatore addetto al sonar misura il rilevamento γ_f del bersaglio e lo introduce a calcolo con gli altri dati in suo possesso, α ; β , per la determinazione dell'angolo di esposizione δ ; con δ inserito dall'operatore nel P.C. di servizio s'identifica la prima pagina, δ_1 , dei rilievi relativi a tale angolo di esposizione.

t_3 = viene comandata l'emissione del primo impulso del Sonarfish o Txx per illuminare il bersaglio alla frequenza di lavoro stabilita

t_4 = dopo dt Secondi, al tempo t_3+dt , il trasduttore Rx1 riceve l'eco del bersaglio A1 di livello $A1 = SL + TS - 2TL$

t_5 = dopo $dt+k$ Secondi, al tempo t_3+dt+k , il trasduttore Rx1 riceve l'impulso del risponditore Rs (BAIP70) di livello $B1 = SL' - TL$ (k è il ritardo di risposta di Rs)

t_6 = gli impulsi A1 e B1, dopo rivelazione, sono presentati, l'uno dopo l'altro, sullo schermo del P.C. di servizio e memorizzati dal sistema di elaborazione e calcolo.

t_7 = finita la fase di acquisizione il calcolatore esegue la seguente operazione:

$$TS = A1 - 2B1 + (2SL' - SL)$$

A seguito della computazione il valore di TS è messo nella pagina di memoria distinta dall'angolo δ_1

t_8 = con "battello pilota" sempre fermo l'operatore, da tastiera del P.C. di servizio, ripete n volte la routine di misura dal punto indicato in precedenza dal t_3 al t_7 , i nuovi dati di TS vengono immessi nella pagina δ_1 ; raggiunto il numero n di valori, così come impostato in precedenza l'operatore può leggerne la media e gli scarti rispetto alla media.

Il valore della media rappresenta il primo punto di un diagramma polare che viene automaticamente presentato in una parte dello schermo del P.C. di servizio.

Naturalmente tutti i dati possono essere stampati compreso il diagramma polare del TS.

t_9 = il battello pilota assume una nuova posizione e la procedura riparte, a comando dell'operatore, dal punto t_1 , con il rilievo di un nuovo valore dell'angolo δ di esposizione del bersaglio, δ_2 , e la conseguente apertura di una nuova pagina δ_2 .

7.3 La funzione “base tempi”

Nel paragrafo 7.1 abbiamo visto che gran parte delle sezioni funzionali dell'interfaccia con il P.C. di servizio sono asservite alla base tempi; abbiamo altresì evidenziato che questo blocco è di fatto una routine software; in questo paragrafo definiremo gli eventi da implementare nella routine per l'unità studiata per il P.C. di servizio.

Iniziamo con l'elencare tutte le funzioni che la base tempi deve svolgere nell'unità d'interfaccia sulla base della sequenza temporale riportata nel paragrafo 7.2.

La base dei tempi software genera:

t_{ea} = impulso inizio trasmissione acustica per illuminare il bersaglio ed eccitare il risponditore

t_c = impulsi di campionamento per conversione A/D in fase di ricezione

t_b = impulso di bloccaggio soglie

Le istruzioni del software da costruire con gli eventi che abbiamo evidenziato sono, di fatto, intrecciate con altre istruzioni relative all'ingresso/uscita dei dati dal P.C.; ne segue pertanto che le routine che girano nella macchina sono sensibilmente complicate.

8)Indicazioni sul software di elaborazione e presentazione dati

Il sistema di misura del target strength dei bersagli è dotato di un software di elaborazione e presentazione dati che è implementato nel P.C. di servizio.

Il software gestisce tutti i rapporti tra il gruppo interfaccia ed il P.C. di servizio, è delegato a tutte le elaborazioni dei dati ed ai calcoli necessari all'operatività del sistema, fornisce inoltre la presentazione video con interfaccia per l'operatore e tutti i comandi virtuali per la conduzione del sistema.

Per illustrare il software è utile iniziarne la descrizione partendo dall'interfaccia operatore macchina che è l'oggetto virtuale che con più immediatezza si collega a quanto già è stato scritto in precedenza sulla filosofia di tutto il sistema; il capitolo seguente sarà pertanto dedicato alla descrizione della presentazione video dei segnali sul P.C. ed alla serie di comandi ed indicatori per la conduzione dell'apparato.

8.1 L' interfaccia operatore macchina

Il pannello di controllo con la serie dei comandi e la presentazione video dei segnali compare sullo schermo del P.C. di servizio così come è riportato in figura 25; in essa si vedono, nell'ordine numerico tracciato sopra:

SCHERMO E INDICATORI

1s-Schermata video tipo A con l'indice di collimazione

2i-Indicatore del numero degli impulsi emessi (B.Tot.)

3i- Non impiegato

4i-Indicatore del livello impulso risponditore (SL'-TL)

5i-Indicatore del livello eco del bersaglio (SL-2TL+TS)

6i-Indicatore della posizione temporale dell'indice di collimazione (Posiz.Temp.)

7i-Indicatore dell'angolo di esposizione del bersaglio (Ang.esp.)

8i-Indicatore del TS istantaneo calcolato (TSi(dB))

9i-Indicatore del TS medio progressivo calcolato (TSm(dB))

10i-Indicatore distanza del bersaglio

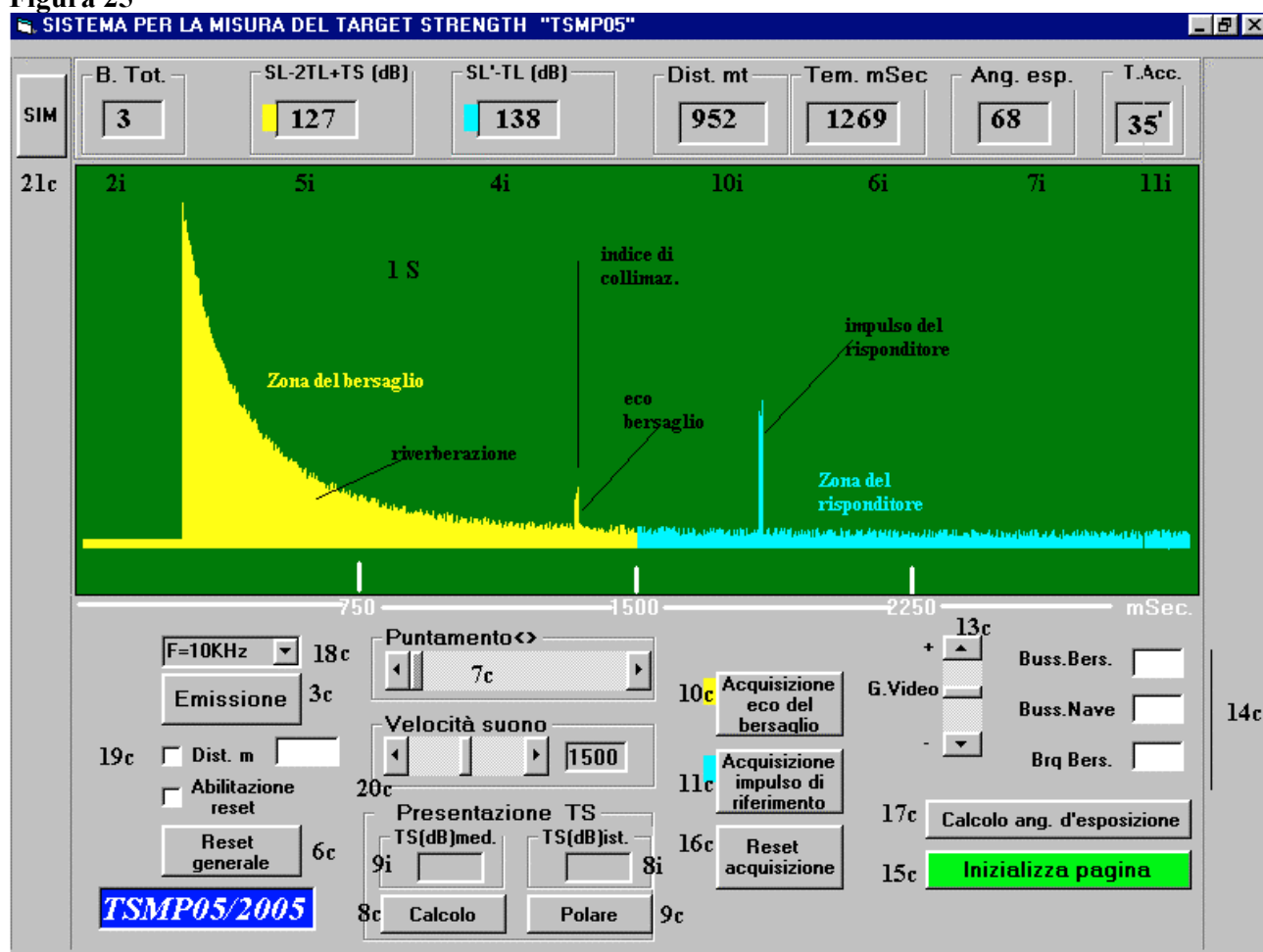
11i-Indicatore del tempo dall'accensione

Nello schermo sono evidenziate le due zone di presentazione:

*Nella parte di sinistra la Zona del bersaglio; in essa compaiono la riverberazione e l'eco del bersaglio

*Nella parte di destra la Zona del risponditore; in essa compare l'impulso di riferimento emesso dal risponditore

Figura 25



COMANDI VIRTUALI

3c-Comando d'emissione

6c-Azzeramento processo e presentazione (Reset generale)

7c-Posizionamento indice di collimazione (Puntamento <>)

8c-Pulsante di calcolo (Calcolo)

9c-Comando presentazione polare (Polare)

10c-Pulsante di acquisizione eco bersaglio (Acquisizione SL-2TL+TS)

11c-Pulsante di acquisizione impulso risponditore (Acquisizione SL' - TL)

13c-Regolatore della sensibilità video (G. Video)

14c-Impostazione dati bussola neve, bersaglio e BRQ bersaglio

15c-Inizializzazione pagina dati del TS (Inizializza pagina)

16c-Reset singola battuta

17c-Pulsante calcolo angolo d'esposizione

18c – Inseritore del valore della frequenza d'emissione del Sonarfish o del Txx

19c- Inseritore finestra distanza

20c –Inseritore velocità del suono

21c- Comando inserzione simulatore

Con l'elenco sopra redatto procediamo ora alla descrizione dell'interfaccia operatore macchina con un insieme di nozioni, sia di carattere teorico, sia di carattere operativo, intrecciandole tra loro per meglio comprendere il funzionamento del sistema.

All'accensione dell'apparato e del P.C. di servizio nello schermo 1s- (di colore verde scuro) compaiono soltanto l'indice di collimazione (colore nero), posizionato all'estrema sinistra, ed una traccia orizzontale gialla e celeste, posizionata sulla base dello schermo; su questa traccia compariranno gli impulsi ricevuti, sia dal bersaglio, sia dal risponditore.

All'accensione tutti gli indicatori, dal numero 2i) al numero 9i) compaiono con il valore 0.

*Le prime azioni che l'operatore deve compiere consistono:

-nell'impostazione della frequenza d'emissione del Sonarfish o Txx mediante il comando 18c

-nella impostazione della velocità del suono mediante il comando 20c

Segue la determinazione dell'angolo di esposizione del bersaglio con l'attivazione del sonar del battello pilota e con i valori del Brq battello bersaglio, del Bq del battello ed il Bq del bersaglio; dopo l'impostazione dei dati si calcola, mediante il comando 17c, l'angolo di esposizione nel P.C. di servizio.

A quest'ultima azione corrisponde la comparsa sull'indicatore 7i- (Ang. esp.) del valore calcolato, valore che l'operatore deve assegnare alla prima pagina dati mediante la pressione del pulsante (15c)- di inizializzazione.

E' ovvio che tutta la procedura operativa ora descritta deve essere ripetuta per ciascun posizionamento del "battello pilota" lungo la sua traiettoria circolare.

*La seconda azione è compiuta con l'emissione dell'impulso d'illuminazione del bersaglio e di eccitazione del risponditore, dopo il comando giungono la riverberazione, l'eco e l'impulso risponditore.

*La terza azione consiste nell'acquisizione dell'eco del bersaglio a seguito del comando di trasmissione. L'eco del bersaglio, di livello SL-2TL+TS, raggiunge il P.C. di servizio che lo presenta, sullo schermo video, in apposita traccia di colore giallo.

Dopo l'acquisizione dell'eco si procede all'acquisizione dell'impulso del risponditore, di livello SL'-TL, che il P.C. di servizio presenta, sullo schermo video, in apposita traccia di colore celeste.

Queste azioni vengono eseguite dall'operatore in sequenza mediante la collimazione della traccia dell'impulso giallo, prima, e dell'impulso celeste, dopo; per far ciò egli punta l'indice nero sul centro degli impulsi mediante il comando 7c-(Puntamento <>) e preme i pulsanti virtuali d'acquisizione; con queste operazioni gli indicatori giallo SL-2TL+TS e celeste SL'-TL indicano l'ampiezza dell'eco e dell'impulso del risponditore.

Le operazioni sopra indicate pongono i valori degli impulsi in apposite memorie di calcolo che sono opportunamente lette al momento di calcolare il valore di TS.

A seguito dell'impulso di trasmissione l'apposito indicatore 2i- (B.Tot.) indica con il valore 1 che è stata eseguita la prima battuta del bersaglio.

*La quarta azione consiste nel calcolo del primo valore di TS da porre nella pagina relativa al valore dell'angolo di esposizione impostato all'inizio della procedura di misura.

Per eseguire questo calcolo l'operatore preme il pulsante 8c- (Calcolo) ed ottiene immediatamente il valore computato del TS, in decibel, nell'apposito indicatore 8i- TS(dB) istantaneo e 9i TS(dB) medio . Se per motivi contingenti si ritiene necessario eseguire altre n battute del bersaglio, si ripete la procedura dalla seconda alla quarta azione ; l'indicatore 2i- (B.Tot.) riporterà il numero delle battute eseguite mentre l'indicatore 9i- TS(dB) riporterà il valore del TS ottenuto dalla media dei livelli acquisiti in memoria durante le n battute, cioè $TS = 20 \text{ Log } [(bat1+bat2+...+batn)/n]$.

Per procedere nelle misure sotto un diverso angolo di esposizione del bersaglio si posiziona la “nave pilota” nel nuovo sito e si ripetono le azioni dall'inizio.

Se risultasse necessario ripetere le misure annullando i dati acquisiti è sufficiente premere il pulsante 6c- Azzeramento processo e presentazione (Reset generale).

Se risultasse necessario ripetere soltanto l'ultima misura annullando i dati acquisiti è sufficiente premere il pulsante (Reset acquisizione).

Se si rende utile aggiustare l'ampiezza dei segnali sullo schermo video si agisce sul regolatore 13c- (G. Video).

Alla fine dei rilievi sul campo, o durante le fasi di misura, è possibile visualizzare in un diagramma polare i vettori TS computati con indicazione della frequenza impiegata nella misura; ciascun vettore caratterizzato dal suo modulo TS(dB) e dal suo argomento δ (angolo di esposizione del bersaglio).

La presentazione in oggetto si ottiene mediante l'azione sul pulsante virtuale 9c- (Polare), premuto il quale si ottiene sullo schermo video, in sostituzione del tracciato tipo A il diagramma polare mostrato in esempio in figura 26.

In questo tipo di presentazione figurano tre pulsanti di comando:

1p- pulsante di calcolo e presentazione (Elaboraz. polare)

2p-pulsante di ritorno alla presentazione tipo A (Cartesiana)

3p-pulsante di memorizzazione file dati (Mem. dati)

Agendo su 1p- si ottiene, sul tracciato polare, la presentazione dei vettori TS con gli estremi tra loro connessi come è d'uso nei diagrammi polari del target strenght.

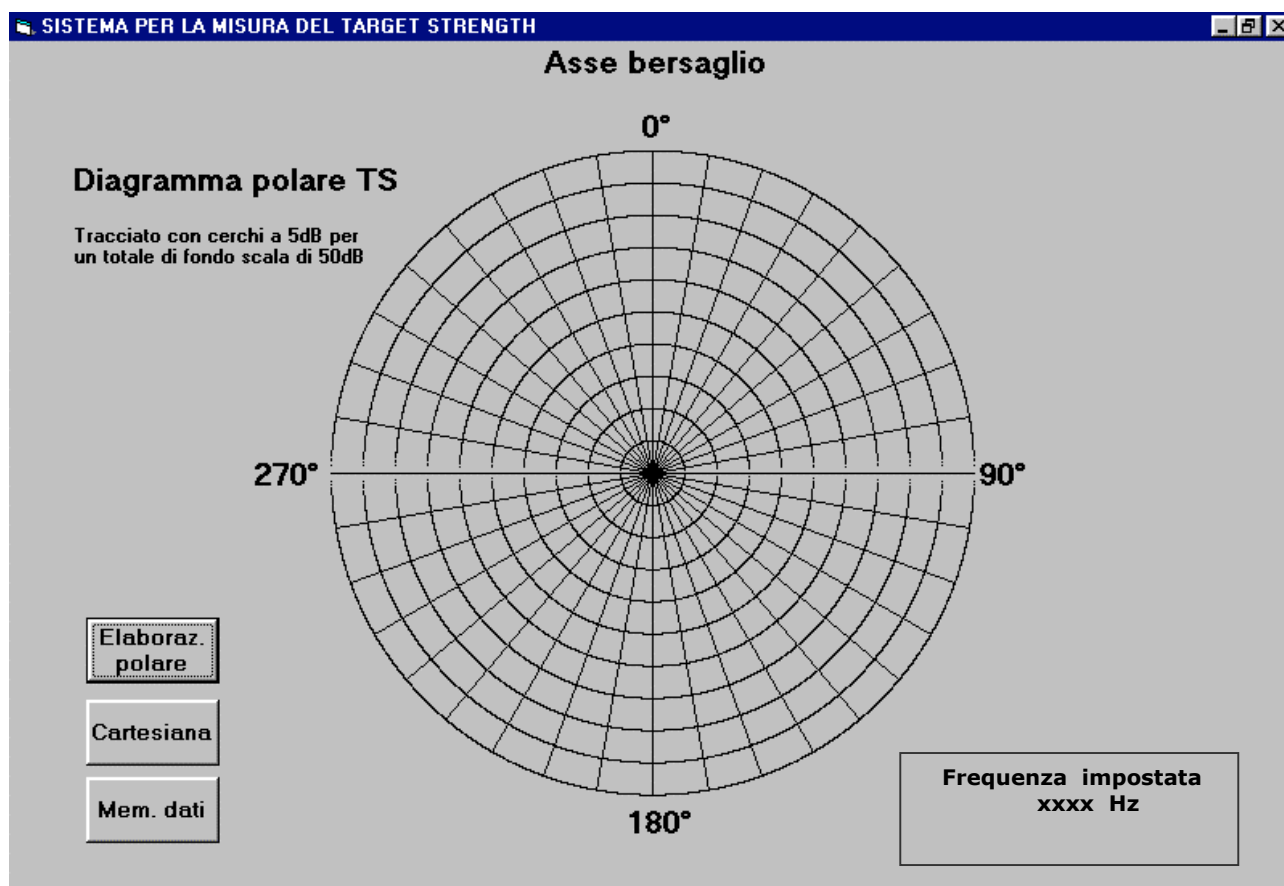
Agendo su 3p- si ottiene il caricamento di tutte le coppie di dati δ , TS(dB), in un file **datin.doc**, collocato in una directory scelta a priori, è possibile caricare un notevole numero **n** di file.

Agendo su 2p- si ripristina la presentazione di misura tipo A.

Il tracciato polare è suddiviso con 36 raggi distanziati di 10° e 10 cerchi da 5dB ciascuno con un fondo scala di 50dB.

Compare in basso a destra della presentazione il valore della frequenza d'emissione con la quale sono state eseguite le misure.

Figura 26



8.2 Il diagramma di flusso del software

Per illustrare il diagramma di flusso del software è d'aiuto la descrizione dell'interfaccia operatore macchina dato che a ciascuna funzione di comando e/o presentazione sono associate una o più routine contenute nel programma principale.

Il diagramma di flusso mostrato in figura 27 contiene, opportunamente collegate e/o divise, le 14 routine contenute nel programma operativo.

L'elenco delle routine contenute nel programma è il seguente:

Rem 0 DICHIARAZIONE MATRICI

Zona per la dichiarazione di tutte le matrici (memorie) necessarie all'acquisizione ed all'elaborazione dei dati

Rem 00 DICHIARAZIONE VARIABILI

Zona per la dichiarazione di tutte le variabili comuni a tutte le routine (le variabili di routine non comuni ad altre routine non sono dichiarate in questa zona)

Rem 000 DICHIARAZIONE PER INDIRIZZO PORTE

Zona per la dichiarazione del software di gestione delle porte parallele

Rem 0000 IMPOSTAZIONI INIZIALI

Rem 1 COLORAZIONE OGGETTI IN FASE DI ATTIVAZIONE

Zona per le routine di gestione del colore degli oggetti

Rem 2 TEMPORIZZATORI DI SERVIZIO

Zona per le routine degli orologi di servizio ad esclusione degli orologi per il campionamento dei segnali

Rem 3 IMPOSTAZIONE DATI

Zona per la routine d'impostazione dei dati all'accensione del sistema

Rem 4 COMANDO INDICE

Zona per le routine di comando dell'indice di collimazione dei bersagli associata al comando virtuale **"Puntamento◊"**

Rem 5 REGOLAZIONI E COMANDI

Zona per le routine associate ad alcuni comandi virtuali di servizio

Rem 6 INTRODUZIONE ANGOLO DI ESPOSIZIONE

Zona per le routine associate al comando virtuale relativo all'introduzione dell'angolo di esposizione del bersaglio **"Angolo di esposizione"** e al comando virtuale **"Inizializza pagina"** della pagina δ

Rem 7 EMISSIONE IMPULSO PER ECO/RICEZIONE IMPULSO ED ECO

Zona per le routine associate al comando virtuale di emissione **"Tx"** e campionamento dei segnali ricevuti (collegata agli indicatori annessi)

Rem 8 PRESENTAZIONE VIDEO

Zona per le routine associate alla presentazione video comprensiva dell'indice di collimazione e delle modalità di colorazione per i diversi tipi di segnali. La routine contiene anche le istruzioni per la compensazione della velocità del suono.

Rem 9 CALCOLO TS

Zona per la routine di calcolo di TS(dB) associata al comando virtuale di calcolo **"Calcolo"**

All'interno di Rem 9 è contenuta la subroutine Rem f per le correzioni in funzione della frequenza

Rem 10 DISPONIBILE

Rem 11 MODIFICA PRESENTAZIONE TIPO A ◊ POLARE

Zona per le routine di passaggio tra presentazione cartesiana e polare, associate al comando virtuale **"Polare"**

Rem 12 COMPUTAZIONI E PRESENTAZIONE POLARE

Zona per le routine di calcolo e presentazione in forma polare dei vettori TS associata al comando virtuale **"Elaboraz.Polare"**

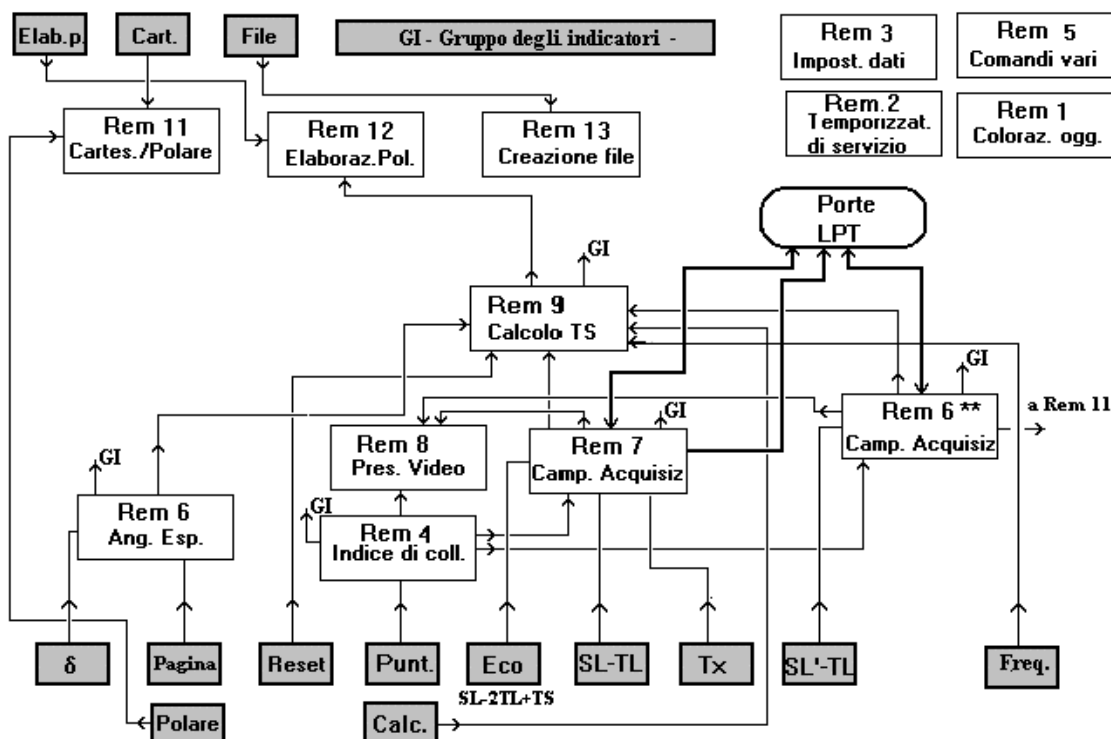
Rem 13 MEMORIZZAZIONE DATI SU FILE TS datin.doc

Zona per la routine di gestione e archiviazione dati delle coppie δ , TS(dB) relative ai vettori TS misurati alla frequenza selezionata dal sonarfish, associata al comando virtuale **"Mem.dat"**

Rem 14 IMPOSTAZIONE SOGLIA TEMPORALE

Zona per la routine d'impostazione della soglia videografica associata al comando **"Soglia temporale"**

Figura 27



Nella figura 27 sono colorati in grigio tutti i comandi e/o pulsanti virtuali ed il gruppo degli indicatori marcato genericamente con GI, questo gruppo raccoglie, per semplicità grafica, in un unico insieme tutti gli indicatori dello schermo di presentazione dal 2i al 10i, il trasferimento delle informazioni al blocco GI è indicato dal simbolo



Con grafica tondeggiante sono indicate le due porte parallele del P.C. di servizio che consentono il collegamento fisico di quest'ultimo con l'hardware esterno che costituisce l'insieme dell'unità A.

Le frecce indicano il senso del flusso delle informazioni, le tracce più sottili sono le interdipendenze tra le routine, le tracce più spesse sono le interdipendenze tra routine e porte parallele LPT1-LPT2.

Le linee di flusso che si intersecano non sono mai collegate tra loro.

Le indicazioni sui comandi e/o pulsanti, per ragioni di spazio, non riportano fedelmente le scritte mostrate nella figura 27.

All'accensione del sistema il software implementato nel P.C. di servizio inizia la sua attività seguendo di massima lo scambio d'informazioni secondo il diagramma di flusso.

Iniziamo l'illustrazione del diagramma di flusso con quattro routine che per le loro caratteristiche non evidenziano notevoli movimentazioni di dati Rem1, Rem 2, Rem3, Rem 4, Rem 5:

La routine Rem 1 esegue l'impostazione dei colori dinamici degli oggetti.

La routine Rem 2 esegue la temporizzazione per la visualizzazione del tempo di accensione ed indirizza le sue informazioni all'indicatore "T.Acc." del gruppo GI.

La routine Rem 3 esegue l'impostazione di dati iniziali quali: posiziona l'indice di collimazione all'inizio scala dei tempi, azzerà tutti gli indicatori numerici del gruppo G.I.

La routine Rem 4 esegue il posizionamento dell'indice di collimazione su comando dell'operatore su "Punt", aggiorna il relativo indicatore numerico, del gruppo GI, con il valore del tempo collimato. Invia

la posizione temporale dell'impulso collimato, sia alla routine Rem6** , sia alla routine Rem 7, per il puntamento delle relative celle di memoria.

La routine Rem 5 gestisce due comandi virtuali, il Guadagno video ed il Reset; il comando video agisce sulla grafica di presentazione Rem 8 e consente l'aggiustamento dei livelli degli impulsi, il comando di reset agisce sul blocco di calcolo Rem 9 azzerando tutte le memorie dati.

Proseguiamo ora con la descrizione delle routine più complesse e dinamiche seguendo sempre la successione delle azioni dell'operatore già illustrata nel paragrafo xxxx, per semplificare la descrizione si suddividono le azioni in fasi:

FASE 1

^ L'operatore attiva il sonar per la localizzazione del bersaglio (rilevamento del bersaglio in BRQ) e introduce a calcolo la frequenza di lavoro impostata sul sonarfish.

FASE 2

^ A seguito della localizzazione del bersaglio l'operatore introduce il valore del rilevamento e preme il pulsante "8" che agisce sulla routine Rem 6, questa presenta su GI il dato introdotto, successivamente egli preme il pulsante "Pagina" che agendo ancora sulla routine Rem 6 provoca l'apertura della prima pagina di memoria dati all'interno della routine calcolo Rem 9.

FASE 3

^ Quando l'operatore preme il pulsante "Emissione" il comando raggiunge la routine Rem 7 che esegue le seguenti operazioni:

- invia all'indicatore numerico di battute , del gruppo GI, il valore 1

- invia alla porta parallela LPT2 un messaggio in uscita indirizzato all'hardware per indicare che l'unità A deve emettere l'impulso di livello SL verso l'unità B affinché il bersaglio generi l'impulso d'eco (SL-TL+TS) ed il risponditore generi l'impulso di riferimento di livello SL'

- inizia il conteggio (te) del tempo dal momento della emissione di SL

- invia alla porta parallela LPT2 una sequenza di impulsi, alla frequenza fc, allo scopo di iniziare, nell'hardware, il campionamento dei segnali impulsivi , $SL - 2TL + TS$ e $SL' - TL$, ricevuti dall'unità A.

- in modo sincrono con fc invia alla porta parallela LPT2 il comando per l'acquisizione dati da LPT1 affinché da LPT1 stessa possano entrare gli impulsi $SL - 2TL + TS$ e $SL' - TL$ campionati

- colloca in apposita zona di memoria mde, con locazioni funzioni di (tr), la sequenza dei campioni acquisiti in funzione del tempo

- trasferisce i dati dalla memoria mde alla routine Rem 8 per la presentazione video

^ Quando l'operatore, dopo aver collimato il primo impulso sul video, preme il pulsante "Acquisizione eco del bersaglio", il comando raggiunge la routine Rem 6** che esegue le seguenti operazioni:

- colloca in apposita zona di memoria mde, con locazioni funzioni di (te), la sequenza dei campioni acquisiti in funzione del tempo

- trasferisce i dati dalla memoria mde alla routine Rem 8 per la presentazione video

-invia il valore di $SL - 2TL + TS$ all'indicatore relativo in GI

-invia il valore di $SL - 2TL + TS$ alla memoria della routine Rem 9 per le operazioni di calcolo successive

^ Quando l'operatore, dopo aver collimato il secondo impulso sul video, preme il pulsante "Acquisizione impulso di riferimento", il comando raggiunge la routine Rem 6** che esegue le seguenti operazioni:

-colloca in apposita zona di memoria mde, con locazioni funzioni di (te), la sequenza dei campioni acquisiti in funzione del tempo

-trasferisce i dati dalla memoria mde alla routine Rem 8 per la presentazione video

-invia il valore di $SL' - TL$ all'indicatore relativo in GI

-invia il valore di $SL - 2TL + TS$ alla memoria della routine Rem 9 per le operazioni di calcolo successive

FASE 5

^ Quando l'operatore ha ultimato le due acquisizioni preme il pulsante "Calc." che agisce sulla routine Rem 9; la routine, nell'ambito della pagina 8 impostata, elabora i dati ricevuti in precedenza: da Rem 6 il valore della variabile di riferimento $SL' - TL$, da Rem 7 il livello $SL - TL$ ed il livello dell'eco $SL - 2TL + TS$, dall'impostazione di Rem 9 stessa il valore SL' , con questi dati calcola il valore del TS del bersaglio. Il valore è immediatamente trasferito all'apposito indicatore del gruppo GI; nella messa a calcolo della variabile di riferimento $SL' - TL$ il calcolo stesso apporta la correzione dell'attenuazione per assorbimento, in funzione della frequenza emessa dal sonarfish, in modo che venga compensata la differenza d'assorbimento tra la frequenza emessa dal sonarfish e la frequenza emessa dal risponditore.

FASE 6 (eventuale)

^ Se necessario l'operatore può procedere all'azzeramento di tutti i dati acquisiti mediante la pressione del pulsante "Reset acquisizione" che agisce direttamente sulle memorie di calcolo in Rem 9.

FASE 7

^ Quando l'operatore ha ultimato tutte le acquisizioni preme il pulsante "Polare" che agisce sulla routine Rem 11, la routine attivata trasforma la presentazione dinamica cartesiana in una presentazione statica polare dove, a comando successivo, sono presentati tutti i vettori TS(dB) calcolati dalla routine Rem 9.

Mediante l'azione sul pulsante "Elab.p." i dati depositati in Rem 9 sono trasferiti in Rem 12 e su questa routine vengono trasformati in coordinate polari e presentati sul diagramma tracciato in precedenza.

Se necessario le coppie di dati dei vettori TS, modulo ed argomento, possono essere salvati in un file collocato in una directory precedentemente selezionata; quest'operazione si esegue con l'azione sul pulsante "File" che agisce sulla routine di scrittura Rem 13.

Per il ritorno alla presentazione dinamica cartesiana è necessario agire sul pulsante "Cart" che attiva la routine Rem 11.

9)Indicazioni sulle prove in mare del sistema di misura

Le prove a mare del sistema di misura completo dovranno essere condotte secondo la cinematica indicata in figura 10 ; in questo sistema di misura, purtroppo, non è possibile adottare la cinematica alternativa, a suo tempo proposta, consistente nella navigazione con rotte parallele di “nave pilota” e di “smg. bersaglio”, a causa della indispensabile presenza del battello di servizio dal quale viene messo e tenuto in opera il risponditore BAIP70 nello specchio d’acqua sovrastante il bersaglio.

Si deve pertanto mettere in conto la necessità di vincolare il “smg. bersaglio” tra due boe così come è mostrato nella figura citata. Nella zona dovrà essere ormeggiato anche il battello di servizio.

9.1 Fase di prove preliminari

La fase di prove preliminari prevede una cinematica tipo quella indicata nella figura 10 ma senza la presenza del “smg. bersaglio”; al posto di questo dovrà essere vincolato alle boe un bersaglio di TS noto per eseguire su di esso le misure per il controllo della procedura di trasmissione ed acquisizione impulsi nonché la corretta funzionalità del software di calcolo.

A seguito della prima relazione di fattibilità sono state eseguite una serie di prove, condotte in vasca, che ci hanno dato la certezza che i valori del TS misurati, per bersagli sferico o cilindrico, erano congruenti con i corrispondenti valori calcolati. Questa esperienza ci porta fiduciosi ad utilizzare un bersaglio di tipo sferico o cilindrico, di dimensioni note, per procedere al calcolo teorico del suo TS che dovrà poi essere di riferimento per il controllo del sistema di misura in mare. Per individuare un bersaglio le cui dimensioni lo rendano “ragionevolmente movimentabile” è necessario procedere mediante le formule classiche per il calcolo del TS che riportiamo:

BERSAGLIO SFERICO

L’equazione per il calcolo del TS di un bersaglio sferico è data da:

$$TS = 10 \text{ Log } (a^2 / 4)$$

Dove a = raggio della sfera

a conzione che:

$$ka \gg 1$$

$$r > a$$

dove

r = distanza emettitore-bersaglio

$$k = 2\pi / (1530 / f)$$

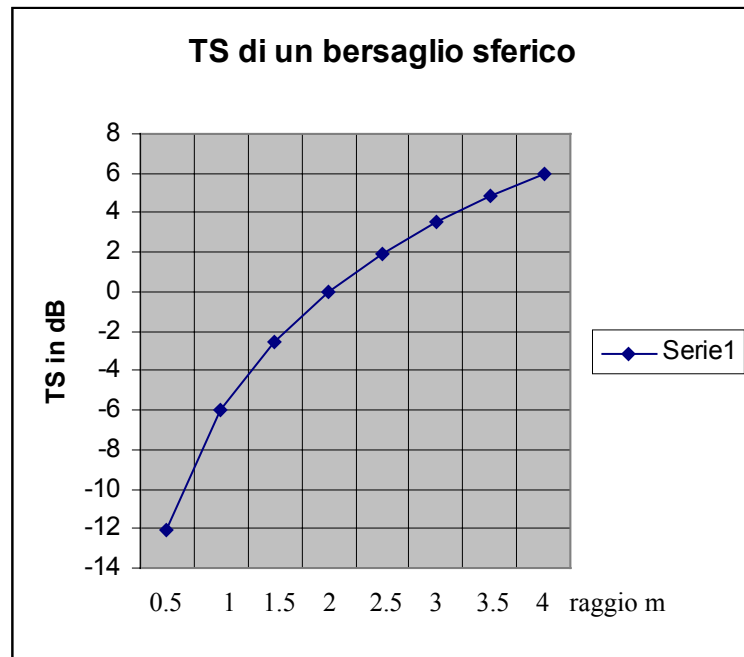
La curva che mostra come varia il valore del TS in funzione del raggio della sfera è tracciata in figura 28; la curva è valida in tutto il campo di variabilità di “a” nell’ipotesi di r = 1000 metri e f nel campo da 1000 a 10000 Hz ; avendo assunto nel grafico il valore massimo di a = 4 m si hanno verificate le condizioni:

$$r > a \text{ essendo } 1000 > 4$$

$$ka \gg 1 \text{ essendo } (2\pi / (1530 / 10000)) * 4 = 164 \quad \text{per } f=10000 \text{ Hz}$$

$$ka \gg 1 \text{ essendo } (2\pi / (1530 / 1000)) * 4 = 16.4 \quad \text{per } f=1000 \text{ Hz}$$

Figura 28



Dalla curva si vede che per ottenere valori del TS ben inferiori al minimo TS di un sommergibile, che è dell'ordine di circa 10 dB, si devono assumere dimensioni della sfera considerevoli

BERSAGLIO CILINDRICO

L'equazione per il calcolo del TS di un bersaglio cilindrico è data da:

$$TS = 10 \text{ Log } (a L^2 / (1.67 \lambda))$$

Dove

a = raggio del cilindro

L = lunghezza del cilindro

$\lambda = c/f$

se si fissa un ragionevole rapporto tra L ed a

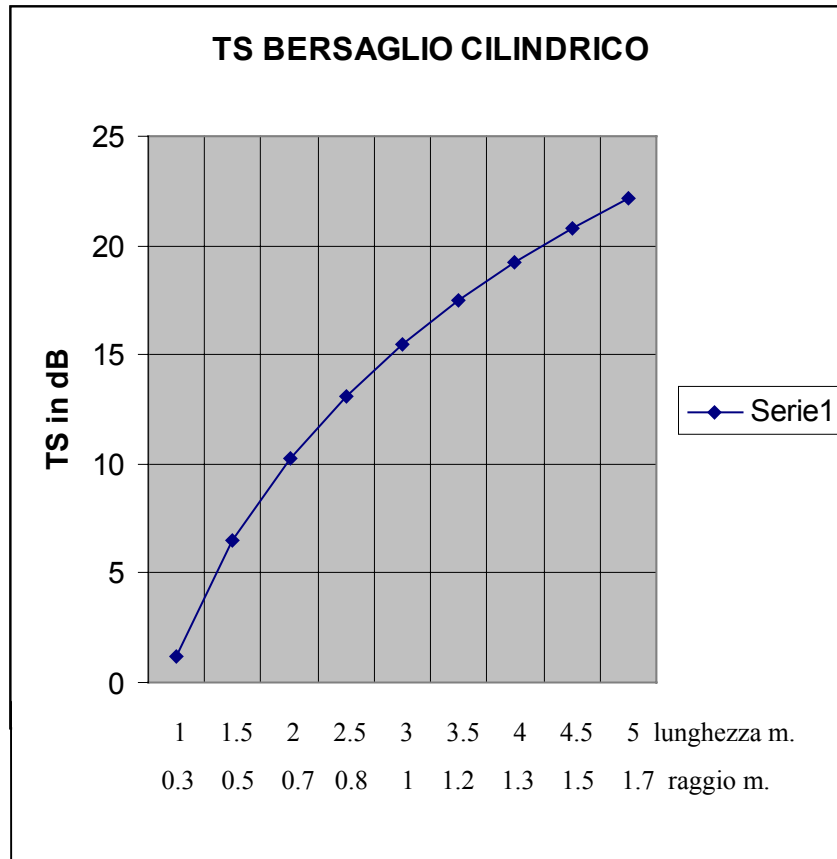
$L/a = 3$ si può scrivere $a = L/3$ quindi

$$TS = 10 \text{ Log } (L^3 / 3 (1.67 \lambda))$$

La nuova espressione, sviluppata per valori di L da 1 metro a 5 metri, porta al grafico di figura 29 che mostra, come era prevedibile, un notevole incremento del TS del cilindro rispetto ad una sfera che occupi gli stessi volumi.

Un cilindro della lunghezza di 2 metri ed un raggio di 2/3 di metro ha un $TS = 10$ dB pari al TS minimo di un sommergibile.

Figura 29



Per poter impiegare come riferimento calibrato un bersaglio cilindrico è indispensabile che l'emissione degli impulsi del sonar avvenga sulla perpendicolare all'asse del cilindro stesso in modo che l'eco di risposta abbia il valore massimo che compete con il valore del TS calcolato.

Perché siano validi i valori del TS riportati nel diagramma devono essere verificate due condizioni:

$$2\pi a / \lambda \gg 1$$

$$r > L^2 / \lambda$$

dove

$$\lambda = c/f$$

r = dimensione del campo

a = raggio minimo

L = lunghezza massima

Consideriamo 2 casi legati alle frequenze d'emissione del sonar:

1° caso: la frequenza degli impulsi è la massima $f = 10000$ Hz si ha:

essendo il valore “a” minimo, come messo a calcolo, $a = L \text{ min.} / 3 = 1/3 = 0.33$
 dato che $2\pi a / \lambda = 6.28 * 0.33 / 0.153 = 13.5 \gg 1$ la prima condizione è verificata

essendo poi $r = 1000 \text{ m}$
 e $L \text{ max} = 5$

$L^2 / \lambda = 25 / 0.153 = 163 < 1000$ anche la seconda condizione è verificata.

2° caso: la frequenza degli impulsi è la minima $f = 1000 \text{ Hz}$ si ha:

essendo il valore “a” minimo, come messo a calcolo, $a = L \text{ min.} / 3 = 1/3 = 0.33$

dato che $2\pi a / \lambda = 6.28 * 0.33 / 1.53 = 1.35 > 1$ e non $\gg 1$ la prima condizione non è verificata

essendo poi $r = 1000 \text{ m}$
 e $L \text{ max} = 5$

$L^2 / \lambda = 25 / 1.53 = 16.3 < 1000$ la seconda condizione è verificata.

In questo secondo caso la mancanza della validità della prima condizione per $f = 1000 \text{ Hz}$ ci informa che per tale frequenza il grafico non è valido.

Il valore di frequenza minima per la quale anche la prima condizione risulta verificata è dell'ordine di 5000 Hz , ciò ci dice che se si rende indispensabile operare a 1000 Hz si deve scegliere un cilindro di raggio almeno 1.6 metri .

9.1.1 Comportamento del bersaglio con l'angolo d'incidenza dell'impulso

Sappiamo che il TS del bersaglio sferico è indipendente dall'inclinazione del raggio sonoro che lo colpisce; da qualsiasi direzione venga illuminata la sfera questa risponde con una eco di uguale intensità; per questo tipo di solido non necessita quindi alcuna indagine sul comportamento dell'oggetto con l'angolo d'incidenza dell'impulso.

Comportamento diverso invece si ha per il bersaglio cilindrico: Nel paragrafo precedente, subito di seguito alla figura 29, abbiamo scritto; “Per poter impiegare come riferimento calibrato un bersaglio cilindrico è indispensabile che l'emissione degli impulsi del sonar avvenga sulla perpendicolare all'asse del cilindro stesso in modo che l'eco di risposta abbia il valore massimo che compete con il valore del TS calcolato”; ciò premesso è ora d'obbligo calcolare come varia il TS per direzioni di emissione non perpendicolari all'asse del cilindro per valutare la precisione di posizionamento necessaria durante le misure preliminari. L'espressione che consente questa valutazione è:

$$TS = 10 \text{ Log } \{ a L^2 / 2 \gamma [\text{Sen } \beta / \beta]^2 \text{ Cos } \alpha \}$$

Dove

a = raggio del cilindro

L = lunghezza del cilindro

$\beta = kL \text{ Sen } \alpha$

$k = 2\pi / \gamma$

α = angolo di provenienza dell'impulso

Con il calcolo di questa espressione è possibile avere un grafico dell'andamento del TS in funzione della direzione, tracciato che potrà servire come riscontro per il posizionamento reciproco sonar-bersaglio.

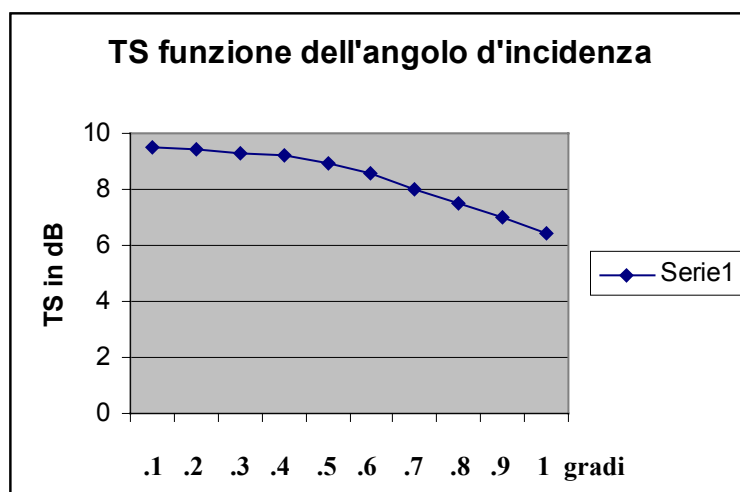
Assumendo $f = 10000 \text{ Hz}$

$L = 2 \text{ m}$

$a = 0.7 \text{ m}$

otteniamo la curva di figura 30

Figura 30



La curva mostra come con un solo grado di inclinazione della direzione di provenienza del suono rispetto alla perpendicolare all'asse del cilindro si abbia una variazione del TS di circa 3 dB.

L'andamento del TS in funzione dell'angolo d'incidenza ci fa riflettere sulla possibilità d'impiegare un bersaglio di forma cilindrica come bersaglio di riferimento; si comprende con quale difficoltà, una volta in fase di misure in mare, si potrebbe mantenere l'emissione sonar centrata, entro frazioni di grado, sulla perpendicolare all'asse del cilindro, condizione quest'ultima indispensabile per ricevere l'eco al livello del TS calcolato come riferimento.

Dall'esame che abbiamo condotto emerge chiaramente come il bersaglio cilindro, pur con valori di TS superiori, a parità di volume, con la sfera, risulta estremamente critico per i nostri scopi. Non resta pertanto di orientarci verso l'utilizzo di un bersaglio sferico.

9.1.2 Le dimensioni del campo nella fase di misure preliminari

Una volta scelto il tipo del bersaglio secondo quanto discusso nel paragrafo 9.1.1 è necessario definire le dimensioni del campo di misura. Un criterio da seguire può essere quello di mantenere, per quanto possibile, il livello dell'impulso d'eco che ritorna dal bersaglio sferico d'ampiezza pari a quello che si avrebbe, nel campo definitivo, con un bersaglio reale.

Assunti come livelli del TS di un sommergibile i noti valori: $TS_{max} = 25$ dB; $TS_{min} = 10$ dB, ai quali abbiamo associato un campo di 1000 m di raggio, i livelli d'eco sull'idrofono ricevente sono rispettivamente di 105 dB/ μ Pa e 90 dB/ μ Pa contando su di un $SL = 200$ dB/ μ Pa; si può tracciare, tenendo come limite il minimo di questi, un diagramma nel quale si mostra come, al variare della distanza "nave pilota" - "bersaglio", vari, in corrispondenza, il livello del segnale che colpisce l'idrofono ricevente, scelte le dimensioni del bersaglio sferico.

Il grafico è tracciato in figura 31 secondo l'espressione:

$$Eco = SL - 40 \log R + TS$$

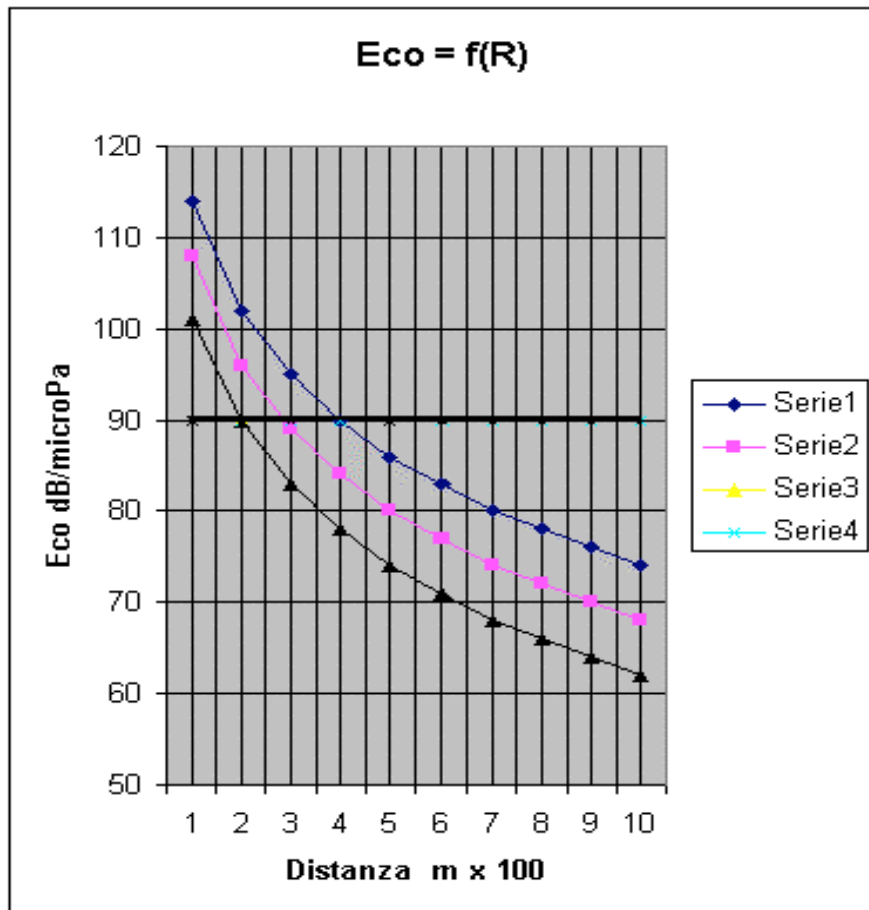
che per il bersaglio sferico diventa:

$$Eco = SL - 40 \log R + 10 \log (a^2 / 4)$$

dove $SL = 200 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$
 $R = \text{distanza "Nave pilota"} - \text{"bersaglio"}$
 $a = \text{raggio del bersaglio sferico}$

nella quale si assume come variabile indipendente la distanza R e come parametro il raggio " a " del bersaglio.

Figura 31



Nella figura sono tracciate tre serie di dati:

- la serie 1 è relativa ad un bersaglio sferico avente un raggio di 1 m
- la serie 2 è relativa ad un bersaglio sferico avente un raggio di 0.5 m
- la serie 3 è relativa ad un bersaglio sferico avente un raggio di 0.25 m

le tre curve sono tagliate da una retta a livello costante pari ad un Eco di $90 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$ (serie 4) che rappresenta l'eco minimo generato da un bersaglio reale a 1000 m di distanza. Dalle curve emerge chiaramente come il livello minimo d'eco, stabilito a priori in $90 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$, sia ottenibile rispettivamente con:

- sfera di raggio 1 m a distanza di 400 m
- sfera di raggio 0.5 m a distanza di circa 300 m
- sfera di raggio 0.25 m a distanza di circa 200 m

Con i dati ora esposti è possibile scegliere le dimensioni del bersaglio, in base alla disponibilità dell'oggetto, e definire l'estensione del campo di misura preliminare.

In virtù della forma sferica del bersaglio non sarà necessario preoccuparsi dell'uguaglianza della quota tra lo stesso e l'emettitore degli impulsi.

9.2 Fase delle misure finali

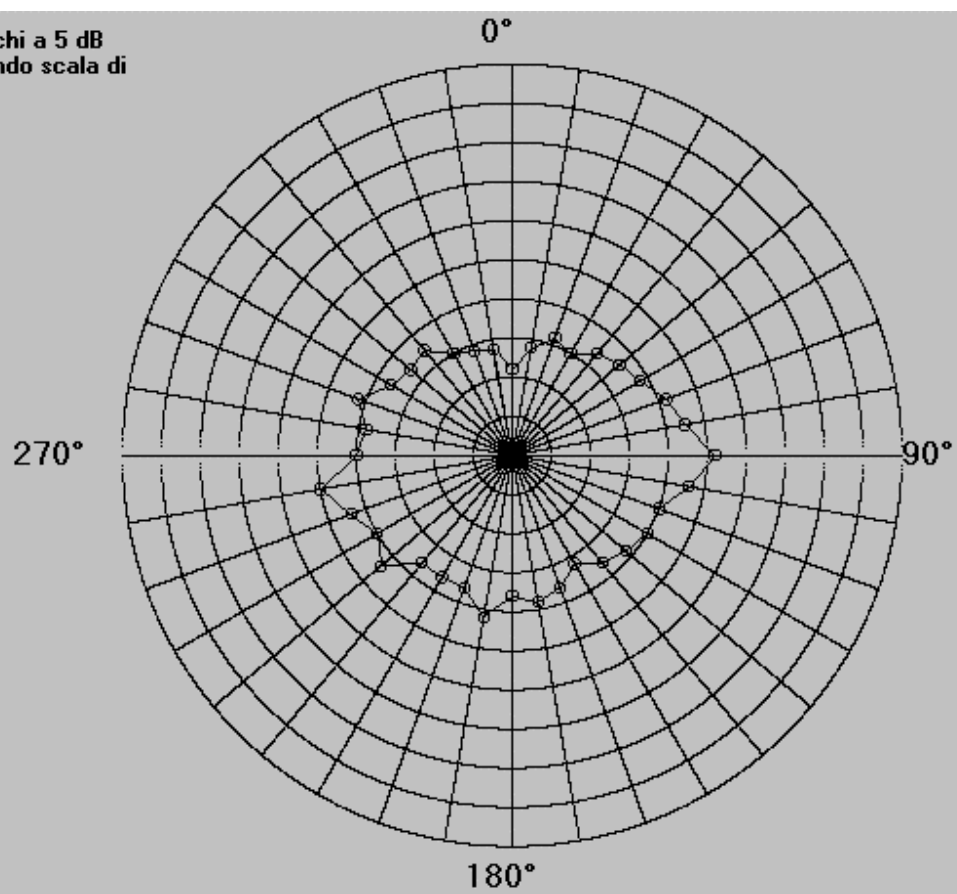
La fase delle misure finali prevede la cinematica ed i mezzi indicati nella figura 10, con il bersaglio vincolato ad una coppia di boe ed il battello di servizio che staziona nelle immediate vicinanze; questa è l'unica possibilità logistica per l'ottenimento dei risultati voluti secondo la filosofia del sistema.

9.2.1 Sui risultati ottenibili

Un'idea dei risultati ottenibili durante una serie di rilievi sul campo, per la misura del TS di un sommergibile, si può avere dall'esame del tracciato di figura 9.14 pag. 310 di Rif.RU che riportiamo nel supporto grafico di figura 32 facente parte della presentazione dei dati del sistema di misura :

Figura 32

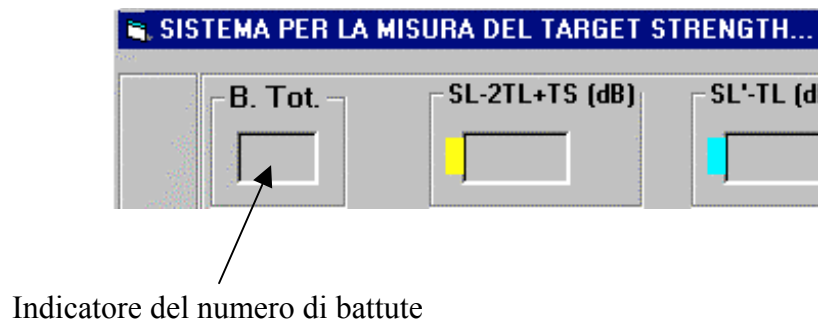
Tracciato con cerchi a 5 dB
per un totale di fondo scala di
50 dB



I dati riportati in Rif.RU sono stati misurati alla frequenza di 24 KHz su di un sommergibile della II guerra mondiale, ciascun punto del diagramma rappresenta la media di circa 40 misure.

L'indicazione che l'autore fornisce relativamente al numero delle battute per ciascun angolo d'aspetto giustifica l'impiego del contatore di emissioni che compare sul pannello virtuale di comando del sistema di misura (si veda figura 33).

Figura 33



La necessità di eseguire più battute sul bersaglio obbliga la “nave pilota” a sostare per un certo periodo di tempo affinché l’operatore al sistema possa eseguire le misure necessarie; questa esigenza impone la scelta di una nave in grado di posizionarsi e stazionare con estrema facilità.

9.2.2 Il posizionamento dei trasduttori

Per il posizionamento in quota del trasduttore d’emissione sarà opportuno che la quota stessa sia al livello di quella del bersaglio; così anche per la quota dell’idrofono ricevente.

L’idrofono ricevente dovrà essere collocato nei pressi del trasduttore d’emissione ad una distanza tale da non pregiudicare il calcolo del TS; vediamo di quantificare questa distanza ragionando sulle formule illustrate nel paragrafo 6.1.4:

Le formule indicano:

per l’eco di ritorno $A1 = SL + TS - 2TL$

per l’impulso del risponditore $B1 = SL' - TL$

nell’ipotesi che le distanze emettitore/bersaglio e bersaglio/ricevitore siano diverse a causa di un posizionamento non idoneo dell’idrofono ricevente si avranno due livelli d’attenuazione diversi:

TL sarà l’attenuazione emettitore/bersaglio

TLo sarà l’attenuazione bersaglio/ricevitore

pertanto le due formule date possono essere scritte

per l’eco di ritorno $A1 = SL + TS - TL - TLo$

per l’impulso del risponditore $B1 = SL' - TLo$

ponendo $TLo = TL + k$ le formule assumono la forma:

per l'eco di ritorno $A1 = SL + TS - TL - TL - k$

per l'impulso del risponditore $B1 = SL' - TL - k$

ovvero:

per l'eco di ritorno $A1 = SL + TS - 2TL - k$ 1)

per l'impulso del risponditore $B1 = SL' - TL - k$ 2)

Potendo scrivere $2B1 = 2SL' - 2TL - 2k$ si ha $2TL = 2SL' - 2B1 - 2k$ che sostituito nella 1) dà:

$A1 = SL + TS - (2SL' - 2B1 - 2k) - k$ si ha:

$$TS = A1 - 2B1 + (2SL' - SL) - k$$

dalla quale si vede come l'errore di calcolo del TS si identifichi con il valore k.

Essendo $k = TLo - TL$ si può scrivere $k = 20 \text{ Log } Ro - 20 \text{ Log } R$

dove

R è la distanza emettitore/bersaglio

Ro è la distanza bersaglio/ricevitore

Se poniamo $Ro = R + d$ possiamo scrivere:

$$k = 20 \text{ Log } R - 20 \text{ Log } (R+d)$$

con la quale poter calcolare l'errore di misura del TS in funzione della differenza "d" tra le due distanze.

Con la formula ora ricavata tracciamo una serie di curve nelle quali "d" rappresenta la variabile indipendente espressa in metri ed R rappresenta il parametro; il grafico è mostrato in figura 34 per 10 valori di R (da R=100 m ad R=1000 m) e per "d" variabile da 0 a 50 m.

I parametri delle 10 serie di curve sono:

per la serie1 R= 100m

per la serie2 R= 200m

per la serie3 R= 300m

per la serie4 R= 400m

per la serie5 R= 500m

per la serie6 R= 600m

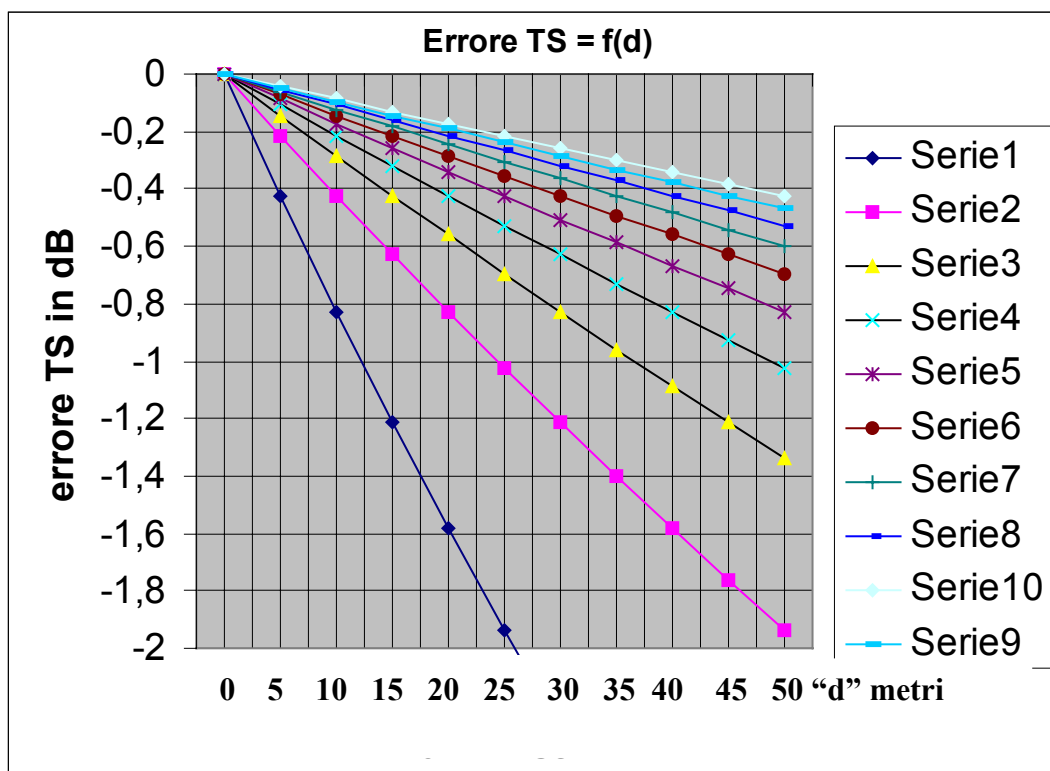
per la serie7 R= 700m

per la serie8 R= 800m

per la serie9 R= 900m

per la serie10 R= 1000m

Figura 34



Dalla figura si vede chiaramente come l'entità dell'errore nella misura del TS è tanto più grande quanto è maggiore la differenza "d" tra le distanze (idrofono ricevente/bersaglio) e (trasduttore di trasmissione/bersaglio), e come l'errore, a parità di "d" si riduca con l'aumento della distanza R. Le conclusioni di quest'analisi sono:

- se il valore di R è piccolo si deve prestare molta attenzione al posizionamento dell'idrofono ricevente in zona molto prossima al trasduttore di emissione
- se il valore di R è grande il posizionamento dell'idrofono ricevente non è critico
- in ogni caso si dovrà utilizzare la figura 34 per valutare se l'errore dovuto al posizionamento è da ritenersi accettabile oppure non accettabile.

9.2.3 La scelta della profondità del sito

Dalla scelta della profondità del sito dipende l'entità della riverberazione di fondo che può incidere sul rapporto Eco/riverberazione; il motivo di questa dipendenza è comprensibile analizzando il disegno della figura 35.

La figura mostra:

* il percorso di un raggio acustico dal trasduttore al fondo della lunghezza di 1000 m.

*la profondità h del fondo

* l'angolo di radenza (α_r) tra il raggio ed il fondo

* l'angolo (α_d) che compete al lobo di direttività orizzontale del trasduttore

Dal disegno si comprende facilmente come da h dipenda l'angolo di radenza " α_r "; sapendo ora che dall'angolo di radenza dipende la capacità diffusiva del fondo ci si pone il problema della valutazione dell'entità della riverberazione di fondo al variare di h .

Un'indagine in questo senso è resa possibile con la routine di calcolo illustrata nel paragrafo 6.8.3 nella quale variando il valore di h si ottiene la corrispondente variazione del rapporto Eco/riverberazione.

I dati relativi alla capacità diffusiva del fondo, necessari per il calcolo, sono stati estrapolati dalla curva riportata in figura 8.28 del Rif.R.U. per fondo sabbioso alla frequenza di 1000 Hz.

Le variabili introdotte per il calcolo sono :

$R = 1000 \text{ m}$

$h = \text{variabile da 20 a 200 metri}$

$SL = 200 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$

$f = 1000 \text{ Hz}$

$EL = (SL - 2TL + TS) = 90 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$

$Td = 40 \text{ mSec.}$

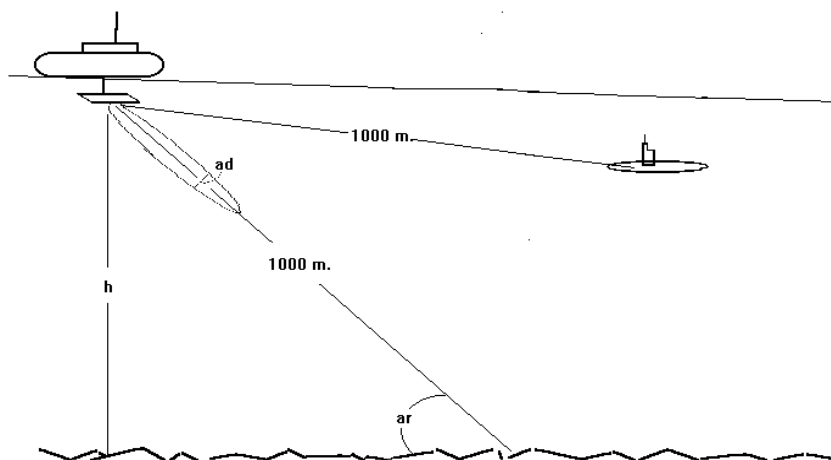
Dimensioni trasduttore di trasmissione

$a = .8 \text{ m. in orizzontale}$

$b = .1 \text{ m. in verticale}$

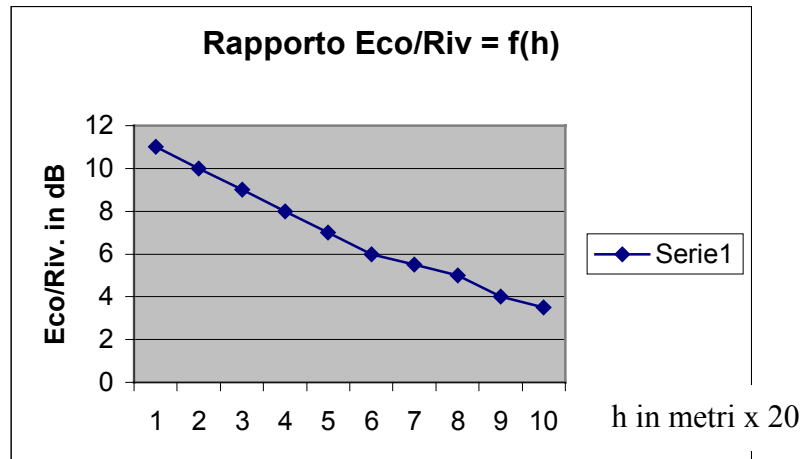
$S_b = \text{capacità diffusiva del fondo}$

Figura 35



Il risultato dei calcoli porta al diagramma di figura 36 nel quale la variabile indipendente è h e la variabile dipendente è il rapporto Eco/riverberazione. La curva ha soltanto valore indicativo dell'andamento del fenomeno dato che i valori della capacità diffusiva del fondo sono stati ricavati, per estrapolazione, tra le poche curve di dati sperimentali disponibili nel testo citato.

Figura 36



Il grafico mostra come il rapporto Eco/Riv. peggiori con l'incremento di h ; risultato coerente con l'andamento della capacità diffusiva del fondo che cresce, ovviamente, con l'aumentare dell'angolo di radenza.

Esaminando la figura 35 si vede che l'angolo di radenza dipende, oltre che da h , anche da R rendendo le valutazioni sul fenomeno della riverberazione di fondo più complesse.

Per la scelta della profondità del sito si dovrà tenere conto contemporaneamente, sia di h , sia di R .

Per condurre un esame di questo tipo è necessario introdurre a calcolo il rapporto $cx = R/h$ che consenta di tracciare l'andamento del fenomeno in funzione della sola variabile cx impostando $h = R/cx$ ed R come parametro.

Per questo nuovo calcolo la formula di estrapolazione impiegata è la seguente:

$$S_b = 0.75 * ar - 50$$

formula che si ricava dal diagramma di figura 8.28 del Rif.R.U. per fondo sabbioso alla frequenza di 1000 Hz; nella figura citata è stata presa in esame la curva tratteggiata estendendone l'andamento dal livello $S_b = -42.5$ ad $S_b = 0$ per ottenere, estrapolando, un campo di variabilità dell'angolo di radenza compreso tra 0 e 10° ed impostando l'equazione del segmento di retta come segue:

$$\frac{S_b - S_{b1}}{ar - ar_1} = \frac{S_{b2} - S_{b1}}{ar_2 - ar_1}$$

dove le coordinate degli estremi del segmento sono:

$$(ar_1 = 10^\circ ; S_{b1} = -42.5) \text{ e } (ar_2 = 0^\circ ; S_{b2} = -50)$$

Secondo questa impostazione si impiega la routine di calcolo per la riverberazione di fondo illustrata al paragrafo 6.8.3 con alcune modifiche, **indicate in grassetto**, che andiamo ad esaminare:

'CALCOLO RIVERBERAZIONE DI FONDO
Cls

R = ? ' R come parametro (da 500 a 1000 m) percorso del raggio dal Tx al fondo

For cx = 5 To 65 Step 5 'anello di calcolo per 13 valori del rapporto cx

h = R / cx '(distanza dal fondo in metri)

EL = 90 ' EL(livello eco dB)

sl = 200 'SL(livello indice dB)

td = 0.04 'td(durata imp. Sec.)

f = 1000 ' f(hertz) frequenza di lavoro

b = 0.1 'b(altezza trasd. m)

a = 0.8 'a(larghezza trasd. m)

'FASE COMPUTO ar

rp = h / R 'rapporto profondità /distanza

ar = 57.3 * Atn(rp / Sqr(-rp * rp + 1)) 'angolo di radenza

**Sb = 0.75 * ar – 50 ' (capac. rifl. fondo Sb = f(ar) dB) valore della capacita di riflessione in
'funzione dell'angolo di radenza**

'FASE DI CALCOLO

landa = (1530 / f)

q = (10 * Log(landa / (6.28 * a)) / Log(10) + 9.2)

qr = 10 ^ (q / 10) ' angolo di direttività in rad.per calcolo superficie irradiata

ad = qr * 57.3 'angolo di direttività in gradi

tl = 40 * Log(r) / Log(10) ' att. andata e rit. per diverg.

sup = Int(((1530 * td) / 2) * qr * r) 'superficie lluminata

tsr = Int((10 * Log(sup)) / Log(10))

RL = sl - tl + Sb + tsr ' valore della pressione di riverberazione in dB/μPa

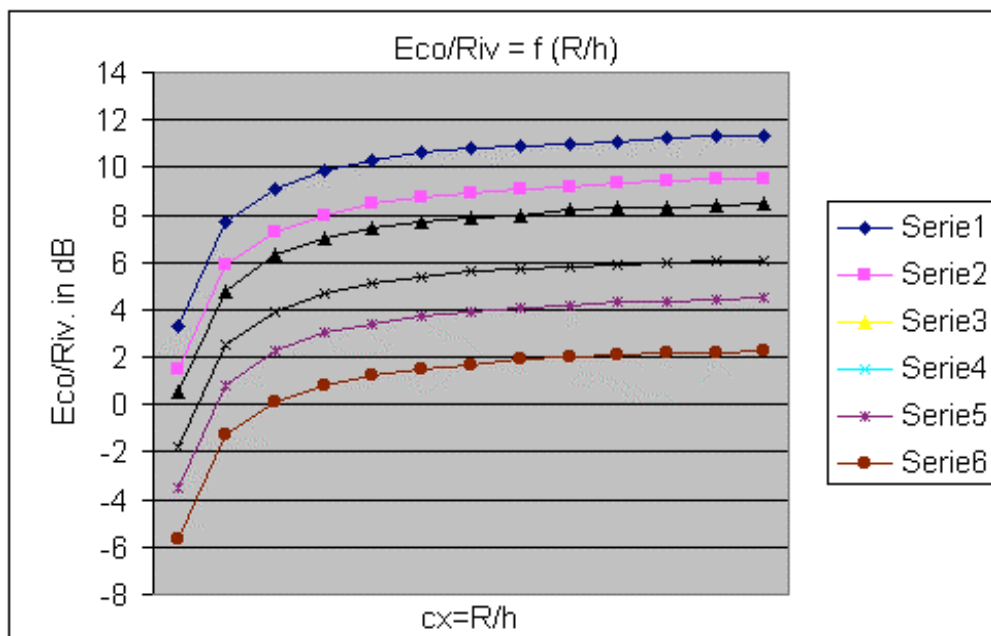
sr = EL - RL 'rapporto eco/riverb.

Print "Rapporto (Eco/RL) (dB)= "; USING; "###.##"; sr

Next cx

Facendo girare il programma per sei valori del parametro R (500; 600; 700; 800; 900; 1000) in metri si ottiene infine il grafico di figura 37:

Figura 37



Nella figura sono tracciate 6 serie di curve in funzione del rapporto $cx = R/h$:

- la Serie1 per $R = 1000$ m
- la Serie2 per $R = 900$ m
- la Serie3 per $R = 800$ m
- la Serie4 per $R = 700$ m
- la Serie5 per $R = 600$ m
- la Serie6 per $R = 500$ m

Dall'esame complessivo dell'andamento delle 6 curve si possono trarre le seguenti conclusioni:

-Le condizioni che presentano il peggiore rapporto Eco/Riv, per qualsiasi valore del parametro R, si manifestano per i valori più bassi di cx , ciò a significare che le i rapporti R/h piccoli sono da evitare.

-Per rapporti R/h superiori a 30 non si hanno significativi miglioramenti del rapporto Eco/Riv. per nessun valore del parametro R.

-L'andamento delle curve mostra inoltre che le migliori condizioni di lavoro si possono ottenere per i più elevati valori di R.

I valori del rapporto Eco/Riv che compaiono nella figura 37 hanno soltanto funzione indicativa dell'andamento del fenomeno, sia perché i valori della capacità diffusiva del fondo sono stati ricavati per estrapolazione tra le poche curve di dati sperimentali disponibili, sia perché alla frequenza di 1000 Hz la direttività del trasduttore di emissione è molto piccola e conseguentemente

la superficie illuminata del fondo è molto grande; di quest'ultimo problema abbiamo peraltro già accennato nel paragrafo 6.8.3.

10)Elenco indicativo dei materiali

Nel presente paragrafo vengono elencati, di massima, i materiali che compongono il sistema di misura costituito dall'unità A, da installare sulla "nave pilota" e dall'unità B da installare sul "battello di servizio".

10.1 Elenco dei materiali che compongono l'unità A

10.1.1 Parti bagnate

N° 1 stecca di trasduttori USEA tipo 422/ESB/A con cavo subacqueo

N° 1 trasduttore prodiero USEA tipo 422/ID con cavo subacqueo

N° 1 pesce trainato (gruppo sonarfisch)

N° 18 Trasduttori USEA 422/ESB/A tipo con serie di cavi subacquei

10.1.2 Parti meccaniche

N° 1 contenitore portatile con rack porta carte e servizi per unità A

Serie di sostegni meccanici per trasduttore Rx1 da definire in base alle caratteristiche della nave pilota

N° 1 tamburo di supporto per base BF con asta di posizionamento e flange

10.1.3 Componenti elettronici finiti

N° 1 Personal computer portatile con C.P.U ≥ 1 GHz

Apparato Sonarfisc

Apparato sonar FALCON

N° 1 radio Rx/Tx per comunicazioni vocali tra i mezzi

10.1.4 Componenti elettronici vari

N° 1 scheda di preamplificazione

N° 1 scheda di rivelazione, filtri di banda e soglia

N° 2 schede digitali per base tempi

N° 1 scheda analogico digitale per l'interfaccia con il P.C.

N° 2 schede miste di servizio e per Txx

N° 1 alimentatore modulare stabilizzato tipo seriale
110 Vca con uscite: (+15V; -15V; +5V) 10W

Serie di connettori da rack per carte

Serie di connettori per collegamento di comando sonarfish

Serie di connettori per collegamento all'idrofono ricevente

Serie di interruttori, deviatori, commutatori rotanti, fusibili, led da pannello

10.2 Elenco dei materiali che compongono l'unità B

10.2.1 Parti bagnate

Trasduttore sferico tipo ITC 1001

10.2.3 Componenti elettronici finiti

Risponditore acustico BAIP70 modificato

N° 2 Batterie da 24 V 10 Ah

N° 1 radio Rx/Tx per comunicazioni vocali tra i mezzi

11) Appendice

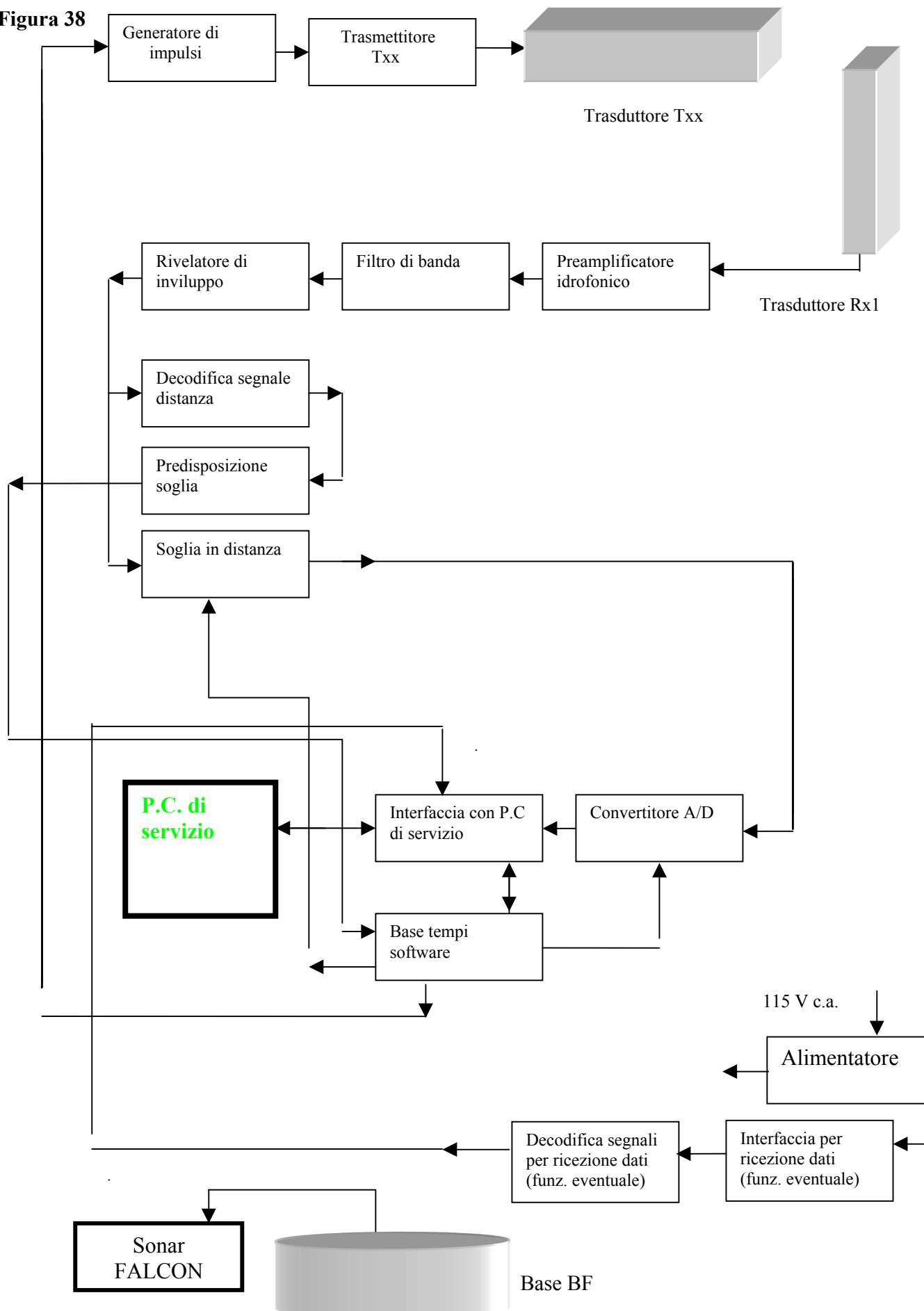
Gli argomenti trattati in appendice servono come complemento al contenuto dello studio, sia come ampliamento dello stesso, sia come esempi applicativi nell'utilizzo del sistema di misura del TS.

I diversi paragrafi contengono:

- * Sintesi dello schema a blocchi dell'unità A
- * Descrizione sintetica schema a blocchi dell'unità A
- * Sintesi dello schema a blocchi dell'unità B
- * Tabella dei livelli unità A
- * Tabella dei livelli unità B
- * Misure comparative tra due bersagli
- * Relazione complementare per l'impiego sonar IP70

11.1 Schema a blocchi unità A

Figura 38



11.2 Descrizione sintetica dello schema a blocchi dell'unità A

Il "Sonar FALCON", tramite i sensori della "Base BF" riceve il segnale di rumore emesso dal BAIP70 per il rilevamento angolare del battello di servizio, questo dato, con gli altri dati di bussola nave pilota e sommergibile bersaglio vengono inseriti nel P.C. di servizio per il calcolo dell'angolo di esposizione del bersaglio.

Il "Generatore di impulsi" su comando della "Base tempi software" pilota il "Trasmettitore Txx" il quale a sua volta eccita il "Trasduttore Txx" affinché questo generi gli impulsi acustici di emissione destinati, sia all'illuminazione del bersaglio per averne l'eco, sia all'eccitazione del risponditore BAIP70 delegato ad emettere, dopo opportuno ritardo l'impulso di riferimento.

L'eco del bersaglio prima e l'impulso del BAIP70 dopo, vengono ricevuti dal "Trasduttore Rx1"; le tensioni impulsive generate da Rx1 vengono amplificate dal "Preamplificatore idrofonico", filtrate nella banda voluta dal "Filtro di banda" ed infine rivelate in ampiezza dal "Rivelatore di involuppo".

L'uscita del "Rivelatore di involuppo" è applicata sia alla "Soglia in distanza", sia alla sequenza di "Decodifica segnale distanza" – "Predisposizione soglia".

L'uscita della "Predisposizione soglia" viene applicata alla "Base tempi software" affinché questa comandi l'apertura della "Soglia in distanza" consentendo infine ai segnali impulsivi rivelati di essere applicati al "Convertitore A/D" che tramite l' "Interfaccia con P.C. di servizio" introduce, tramite la porta parallela del P.C, i dati numerici afferenti agli impulsi ricevuti nel P.C. stesso; il programma operativo e di calcolo che gira nel P.C. elabora i dati numerici e presenta nello schermo del P.C. le tracce degli impulsi.

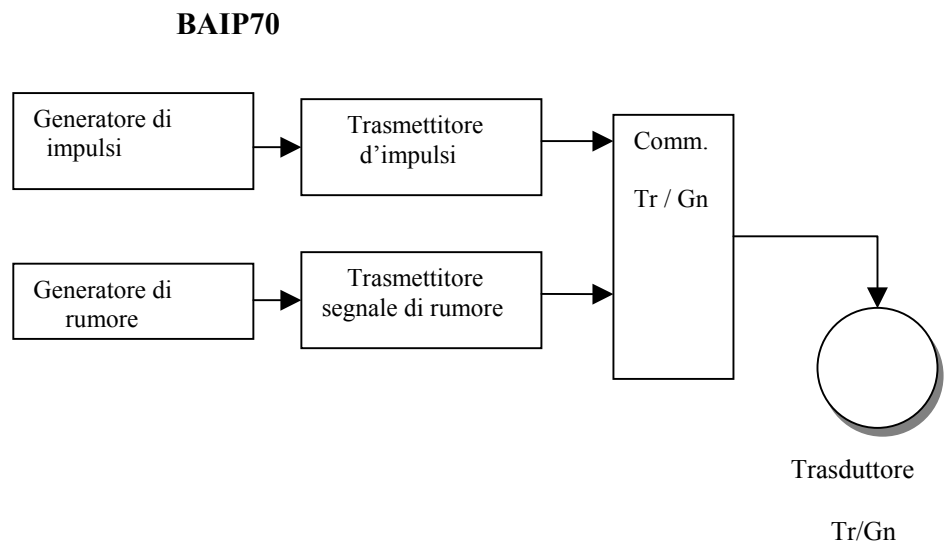
La "Base tempi software" tramite l' "Interfaccia con P.C. di servizio" agisce sui circuiti annessi al "Convertitore A/D" per la campionatura e l'acquisizione dei segnali impulsivi rivelati.

Tutto il sistema hardware è alimentato, tramite l' "Alimentatore" dalla tensione di bordo a 115V.

Sono previste per eventuali estensioni delle funzioni del sistema i blocchi "Decodifica segnali per ricezione dati" e "Interfaccia per ricezione dati".

11.3 SCHEMA A BLOCCHI UNITÀ B

Figura 39



11.4 Tabella dei livelli unità A

I segnali circolanti nell'unità sono individuati dai simboli: Impulso d'eco = Ie; Impulso di riferimento emesso da B e ricevuto da Rx = Ir; Rumore del mare = Rm banda=2000		
Trasduttore di emissione di "Tx" Risposta a 10000 Hz = = 175dB/μPa/V	Tensione applicata in trasmissione = = 18 V.eff.	Pressione emessa = 200 dB/μPa
Trasduttore di ricezione "Rx" Sensibilità a 10000 Hz = = -56 dB/μV/μPa	Pressione Ie ricevuta: Minima = 90 dB/μPa Massima = 105 dB/μPa Pressione Ir ricevuta = = 103 dB/μPa Pressione Rm del mare ss=2 (DI = 12) =67 dB/μPa	Tensione Ie generata: Minima =53μV eff Massima = 298 μV eff. Tensione Ir generata = = 223 μVeff Tensione Rm generata = = 3.5 μVeff
Preamplificatore idrofonico Guadagno A = 75 dB	Tensione Ie ricevuta: Minima = 53μV eff. Massima = 298 μV eff. Tensione Ir ricevuta = = 224 μVeff Tensione Rm ricevuta = = 3.5 μVeff	Tensione Ie d'uscita: Minima = 300 mV eff. Massima = 1670 mV eff. Tensione Ir d'uscita = 1270 mV eff. Tensione Rm d'uscita = 20 mV eff.
Filtro di banda Risposta: 9450-9550 Hz Guadagno in banda = -6 dB	Tensione Ie dal preamplificatore : Minima = 300 mV eff. Massima = 1670 mV eff. Tensione Ir dal preamplificatore = 1270 mV eff. Tensione Rm dal preamplificatore = 20 mV eff.	Tensione Ie in uscita dal filtro: Minima = 150 mV eff. Massima = 835 mV eff. Tensione Ir in uscita dal filtro di banda = 635 mV eff. Tensione Rm in uscita dal filtro di banda = 10 mV eff.
Rivelatore di involuppo Guadagno Vcc.picco/Veff A = 8 dB	Tensione Ie dal filtro di banda Minima = 150 mV eff. Massima = 835 mV eff. Tensione Ir dal filtro di banda = 635 mV eff. Tensione Rm dal filtro di banda = 10 mV eff.	Tensione Ie d'uscita: Minima = 375 mV picco Massima = 2000 mV picco Tensione Ir in uscita dal rivelatore = 1590 mV picco. Tensione Rm in uscita dal rivelatore = 25 mV picco.
Soglia in distanza Guadagno A = 0 dB	Tensione Ie dal rivelatore: Minima = 375 mV picco Massima = 2000 mV picco Tensione Ir dal rivelatore = = 1997 mV picco Tensione Rm dal rivelatore = = 8 mV picco	Tensione Ie d'uscita: Minima = 375 mV picco Massima = 2000 mV picco Tensione Ir d'uscita: = 1997 mV picco Tensione Rm d'uscita: = 8 mV picco
Convertitore A/D a 16 bit	Tensione Ie dalla soglia: Minima = 375 mV picco Massima = 2000 mV picco Tensione Ir dalla soglia = 1997 mVp.	Livello Ie numerico in uscita: Minimo = 1000 Massimo = 5330 Livello Ir numerico = 4350

	Tensione Rm dalla soglia = 8 mVp.	Livello Rm numerico = 12
--	-----------------------------------	--------------------------

11.5 Tabella dei livelli unità B

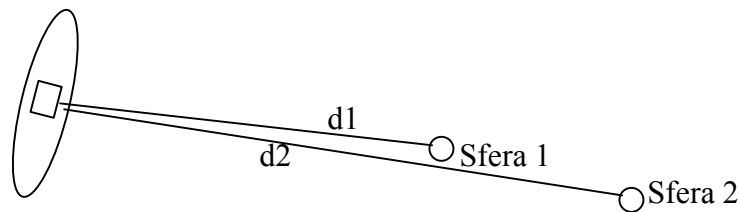
I segnali circolanti nell'unità sono individuati dai simboli: Impulso del Tx emesso da A e ricevuto da B con Rx1 = Itx		
Trasduttore emissione impulsi "Tx1" Risposta a 9500 Hz = 138dB/μPa/V	Tensione applicata in trasmissione = =21 V.eff.	Pressione emessa = 163 dB/μPa
Trasduttore emissione rumore Risposta a 2250 Hz = 118dB/μPa/V	Tensione applicata in trasmissione = = 15 V.eff. in banda 100Hz	Pressione emessa = 153 dB/μPa in banda 1500 Hz
Trasduttore di ricezione "Rx1" Sensibilità a 10000 Hz = = -70 dB/μV/μPa	Impulso emesso da unità A e ricevuto da Rx1 Itx = 140 dB/μPa	Tensione Itx generata = = 3160 μV eff

11.6) Misure comparative tra due bersagli

11.6.1 Il campo di misura

Misure comparative tra i target strength di due bersagli sferici di piccole dimensioni potranno rendersi necessarie; in questo caso le sfere dovranno essere sistemate nel campo di misura così come mostrato nella figura 40

Figura 40



Dove:

con Sfera 2 si identifica la sfera campione

con d2 la distanza tra nave pilota e sfera 2

con Sfera 1 si identifica la sfera da confrontare

con d1 la distanza tra nave pilota e sfera 1

La disposizione della figura 40, che prevede la sfera 2 ad una distanza maggiore della distanza della sfera da confrontare, è dovuta all'esigenza fondamentale di avere due echi separati nel tempo, ed inoltre la certezza che se si scopre la sfera 2 il campo delimitato dalla distanza d2 è in condizioni ottimali anche per la sfera 1.

La differenza tra d2 e d1, che dovrà assicurare che i due echi si possano visualizzare senza sovrapposizione, è legata in parte alle dimensioni delle sfere: la durata di una eco dovuta ad una sfera con raggio $a = 2$ metri è di circa:

$$T_o = 2 * a / 1530 = 2.6 \text{ mSec}$$

Se si assume una differenza tra d2 e d1 pari a:

$$d2 - d1 = 10 \text{ m}$$

si ha una differenza del tempo di ritorno tra gli echi dell'ordine di 13 mSec; differenza che risulta nettamente superiore alla durata degli echi stessi e tale da evitare la loro sovrapposizione.

11.6.2 Il TS della sfera

L'equazione per il calcolo del TS di un bersaglio sferico è data da:

$$TS = 10 \text{ Log} (a^2 / 4)$$

Dove a = raggio della sfera

a condizione che:

$$ka \gg 1$$

$$r > a$$

dove

r = distanza emettitore-bersaglio

$$k = 2\pi / (1530 / f)$$

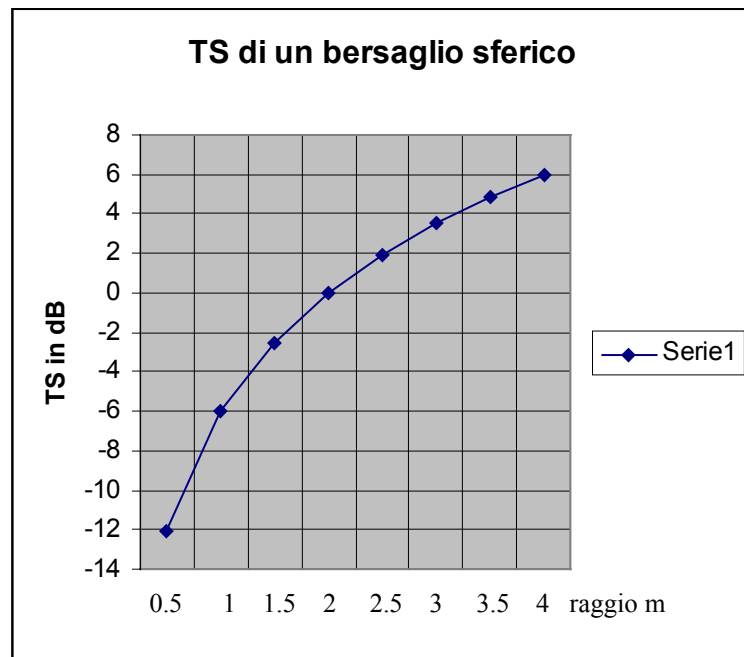
La curva che mostra come varia il valore del TS in funzione del raggio della sfera è tracciata in figura 28 e qui ripetuta per comodità; la curva è valida in tutto il campo di variabilità di “a” nell’ipotesi di $r > 40$ metri e f nel campo da 5000 a 10000 Hz ; avendo assunto nel grafico il valore massimo di $a = 2$ m si hanno verificate le condizioni:

$r > a$ essendo $40 > 2$

$ka \gg 1$ essendo $(2\pi / (1530 / 10000)) * 2 = 82$ per $f=10000$ Hz

$ka \gg 1$ essendo $(2\pi / (1530 / 5000)) * 2 = 41$ per $f=5000$ Hz

Figura 28



11.6.3 Valutazioni delle ampiezze degli echi

Possiamo ora procedere alle valutazioni delle ampiezze degli echi per arrivare al confronto numerico tra i target strength dei due bersagli.

Iniziamo ora l’impostazione delle espressioni di calcolo in termini logaritmici:

l’eco della sfera 2 in dB sarà dato da:

$$e2 = SL - 40 \text{ Log } d2 + TS2$$

l’eco della sfera 1 in dB sarà dato da:

$$e1 = SL - 40 \text{ Log } d1 + TS1$$

Il rapporto in dB tra $e2$ ed $e1$ sarà:

$$rp = SL - 40 \text{ Log } d2 + TS2 - (SL - 40 \text{ Log } d1 + TS1)$$

$$= TS2 - TS1 + 40 \text{ Log } d1 - 40 \text{ Log } d2$$

$$\text{da cui infine } TS1 = TS2 + 40 \text{ Log } (d1/d2) - rp$$

Consideriamo ora, a titolo d'esempio, due sfere con lo stesso raggio, $r = 1\text{ m}$, ma con diverse caratteristiche riflettenti tali che Sfera 1 abbia una caratteristica riflettente pari a -6 dB rispetto alla sfera campione avremo:

$TS2 = -6\text{ dB}$ (dato di riferimento)

$TS1 = -12\text{ dB}$ (dato da misurare come base dell'esempio)

Ipotizzando:

$SL = 200\text{ dB}/\mu\text{Pa}$

$d1 = 50\text{ metri}$

$d2 = 60\text{ metri}$

misureremo i seguenti livelli d'eco:

$e1 = SL - 40 \text{ Log } d1 + Ts1 = 120.04\text{ dB}/\mu\text{Pa}$

$e2 = SL - 40 \text{ Log } d2 + Ts2 = 122.88\text{ dB}/\mu\text{Pa}$

da cui calcoleremo il valore di $TS1$

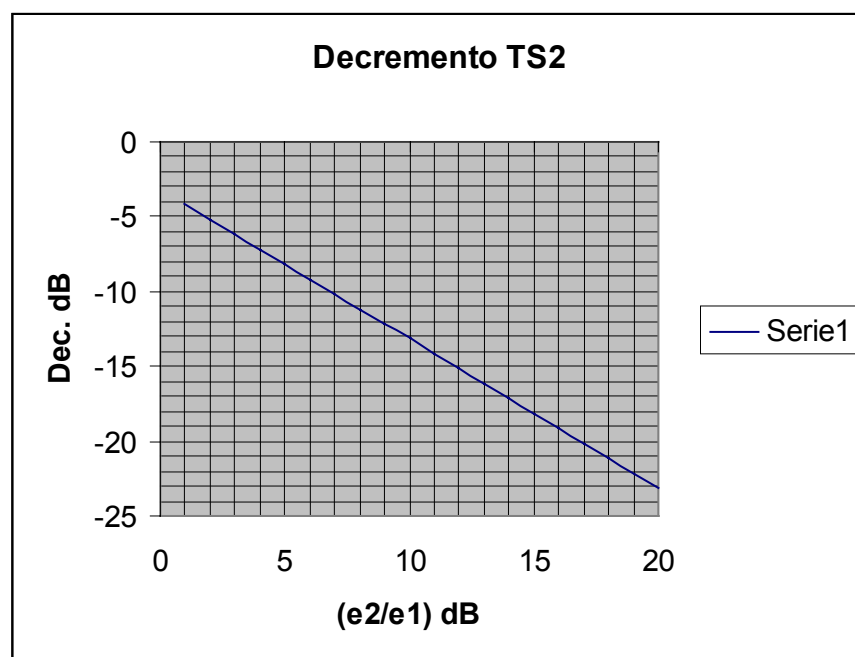
$$\begin{aligned} TS1 &= TS2 + 40 \text{ Log } (d1/d2) - rp \\ &= -6 + 40 \text{ Log } (50/60) - (122.88 - 120.04) \\ &= -6 + (-3.16) - (2.84) = -12\text{ dB} \end{aligned}$$

ottenendo, ovviamente, il risultato già posto a base dell'esempio.

11.6.4 Computazione rapida

Come ausilio alla computazione rapida del valore di $TS1$, dato $TS2$ e misurato il rapporto $(e2/e1)\text{ dB}$, è dato il diagramma di figura 41 nel quale si ricava immediatamente il valore del decremento $\text{Dec. dB} = 40 \text{ Log } (d1/d2)$ da assegnare a $TS2$ per $d1 = 50\text{ m}$ e $d2 = 60\text{ m}$.

Figura 41



Vediamo come utilizzare il diagramma di figura 41 nella ripetizione dell'esempio fatto in precedenza:

dato $TS2 = -6 \text{ dB}$

misurati

$e1 = 120.04 \text{ dB/ } \mu\text{Pa}$

$e2 = 122.88 \text{ dB/ } \mu\text{Pa}$

calcolato il rapporto

$(e2/e1)_{\text{dB}} = 2.84$

si legge il corrispondente valore del decremento rispetto a $TS2$

Dec. pari a -6dB

da cui

$TS1 = TS2 - \text{Dec.} = -6 \text{ dB} - 6 \text{ dB} = -12 \text{ dB}$

11.6.5 Considerazioni in merito alla misura delle distanze $d1$ e $d2$

Una considerazione va fatta nei riguardi dei valori delle distanze $d1$ e $d2$; la misura precisa di tratti di mare dell'ordine di 60 metri non è cosa facile, più ragionevole è il pensare il fissaggio dei due bersagli alla distanza voluta di 10 metri.

Per indagare sugli errori nella misura del $TS1$, causati dall'incertezza della misura della distanza tra nave pilota e Sfera2, si prende inizialmente in esame l'espressione per il calcolo di $TS1$:

$$TS1 = TS2 + 40 \text{ Log } (d1/d2) - rp$$

nella quale inserire al posto di $d1$ il valore $d2-10$ ottenendo :

$$TS1 = TS2 + 40 \text{ Log } (1- 10/d2) - rp \quad a)$$

dove in a) il dato $d2$ rappresenta il valore della distanza messa a calcolo; $d2 = 60 \text{ m}$

Ora si esamina l'espressione di rp :

$$\begin{aligned} rp &= (e1/e2)_{\text{dB}} = (SL - 40 \text{ Log } d1 - TS1) - (SL - 40 \text{ Log } d2 - TS2) \\ &= TS2 - TS1 + 40 \text{ Log } (d1/d2) = \\ &= TS2 - TS1 + 40 \text{ Log } (1-10/d2) \quad b) \end{aligned}$$

nella b) il dato $d2$ non rappresenta la distanza messa a calcolo bensì la distanza reale, distanza che ora indicheremo con $d2r$; la b) pertanto si scriverà:

$$rp = TS2 - TS1 + 40 \text{ Log } (1-10/d2r) \quad c)$$

assunti, come nell'esempio precedente, $TS2 = -6 \text{ dB}$ e $TS1 = -12 \text{ dB}$ la c) può essere scritta:

$$r_p = 6 + 40 \text{ Log } (1 - 10/d_{2r}) \quad d)$$

sostituendo la d) nella a) otteniamo :

$$TS1 = TS2 + 40 \text{ Log } (1 - 10/d_2) - [6 + 40 \text{ Log } (1 - 10/d_{2r})] \quad e)$$

la e) per $TS2 = -6 \text{ dB}$ diventa:

$$TS1 = -12 + 40 \text{ Log } (1 - 10/d_2) - 40 \text{ Log } (1 - 10/d_{2r})$$

nella quale l'errore dovuto alla diversità tra la distanza d_2 messa a calcolo e distanza reale d_{2r} è dato da:

$$\varepsilon = 40 \text{ Log } [(1 - 10/d_2)/(1 - 10/d_{2r})]$$

ponendo $d_{2r} = k d_2$ si ha

$$\varepsilon = 40 \text{ Log } [(1 - 10/d_2)/(1 - 10/k d_2)]$$

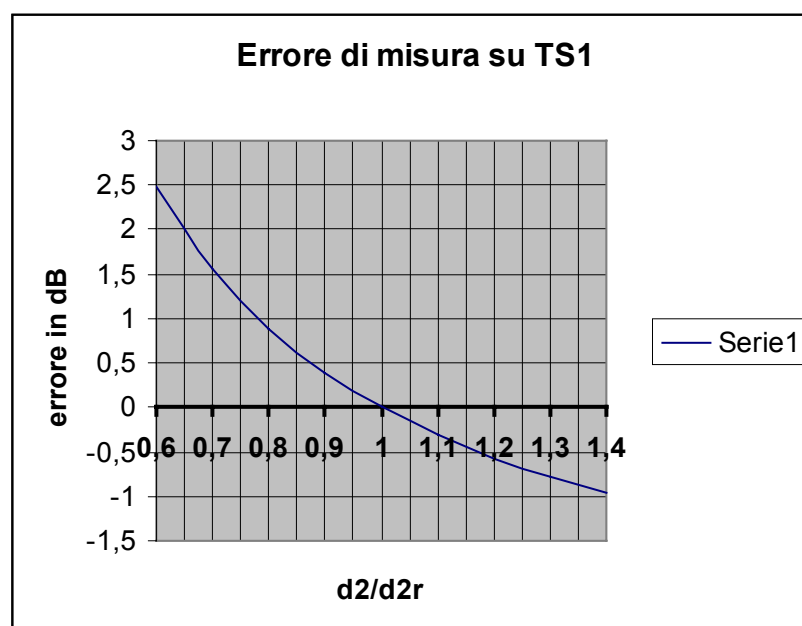
assumendo $d_2 = 60$ metri si ha:

$$\varepsilon = 40 \text{ Log } [(1 - 10/60)/(1 - 10/k 60)]$$

che per $d_{2r} = d_2$, ovvero per $k=1$, ci fornisce il valore di $TS1 = -12 \text{ dB}$ già calcolato in precedenza. L'andamento dell'errore in funzione del rapporto d_2/d_{2r} è riportato in figura 42; in essa si vede come per $d_2 = d_{2r}$, caso in cui la distanza d_2 messa a calcolo coincida con la distanza reale d_{2r} , l'errore sia nullo, per errori di valutazione della distanza d_2 del $\pm 10\%$ si hanno errori di misura di $TS1$ dell'ordine di $\pm 0,5 \text{ dB}$, per errori di valutazione della distanza d_2 del $\pm 20\%$ si hanno errori di misura di $TS1$ contenuti in $\pm 1 \text{ dB}$.

Il grafico di figura 42 mostra inoltre come l'errore cresca di più per $d_2 < d_{2r}$ rispetto a $d_2 > d_{2r}$. Chiudiamo quest'analisi osservando che l'andamento complessivo dell'errore di misura di $TS1$, a causa di errate valutazioni della distanza tra nave pilota e bersaglio, è contenuto e non pregiudica in alcun modo l'indagine comparativa tra la sfera campione e la sfera sotto indagine.

Figura 42



11.6.6 Effetti dovuti alla riverberazione

Un'indagine sugli effetti della riverberazione nella misura comparativa del TS delle due sfere è necessario per valutare quali livelli di rapporto Eco/Riv subordineranno le misure.

Sulla base delle routine di calcolo illustrate nella "Relazione di fattibilità per la individuazione e realizzazione di un sistema di misura del target strength di unità sommergibili" vengono sviluppati i calcoli per la determinazione dei livelli di riverberazione.

I dati calcolati potranno essere utilizzati per conoscere i rapporti Eco/Riv. una volta stabilite, in via definitiva, sia le dimensioni, sia le caratteristiche riflettenti delle sfere da impiegare nelle misurazioni.

Calcolo della riverberazione di fondo

Dati di base per il calcolo della riverberazione di fondo:

Distanza del bersaglio: $R = 60$ m

Profondità del sito: $h = 20$ m

Frequenza di emissione: $F = 10000$ Hz/5000 Hz

Livello di trasmissione: $SL = 200$ dB/ μ Pa

Durata dell'impulso: $t_o = 0.005$ Sec.

Angolo di radenza: $ar = 20^\circ$

Capacità diffusiva fondo: $S_b = -42$ dB

Dimensioni emettitore: $a = 0.8$; $b = 0.1$

Livello della riverberazione di fondo ($F=10000$ Hz) = 104 dB/ μ Pa

Livello della riverberazione di fondo ($F=5000$ Hz) = 107 dB/ μ Pa

Calcolo della riverberazione di superficie

Dati di base per il calcolo della riverberazione di superficie:

Distanza del bersaglio: $R = 60$ m

Quota dell'emettitore: $P = 10$ m

Frequenza di emissione: $F = 10000$ Hz/5000 Hz

Livello di trasmissione: $SL = 200$ dB/ μ Pa

Durata dell'impulso: $t_o = 0.005$ Sec.

Velocità del vento: $V = 10$ nodi

Dimensioni emettitore: $a = 0.8$; $b = 0.1$

Livello della riverberazione di superficie ($F=10000$ Hz) = 102 dB/ μ Pa

Livello della riverberazione di superficie ($F=5000$ Hz) = 101 dB/ μ Pa

Calcolo della riverberazione di volume

Dati di base per il calcolo della riverberazione di volume:

Distanza del bersaglio: $R = 60$ m

Frequenza di emissione: $F = 10000$ Hz/5000 Hz

Livello di trasmissione: $SL = 200$ dB/ μ Pa

Durata dell'impulso: $t_o = 0.005$ Sec.

Capacità diffusiva del

mezzo in ore diurne: $S_v = -85$ dB

Dimensioni emettitore: $a = 0.8$; $b = 0.1$

Livello della riverberazione di volume ($F=10000$ Hz) = 76 dB/ μ Pa

Livello della riverberazione di volume ($F=5000$ Hz) = 82 dB/ μ Pa

Dopo aver calcolato i livelli di riverberazione procediamo ad una valutazione dei rapporti Eco/Riv. prendendo a modello, a solo scopo indicativo, i livelli degli echi dovuti ai bersagli sferici presi a modello in precedenza:

TS2 = -6 db (dato di riferimento)

TS1 = -12 db (dato da misurare)

$e1 = SL - 40 \log d1 + Ts1 = 120.04 \text{ dB} / \mu\text{Pa}$

$e2 = SL - 40 \log d2 + Ts2 = 122.88 \text{ dB} / \mu\text{Pa}$

Sfera 1

Riverberazione di fondo

Freq. Hz	e1(dB)	Riv dB	Eco/Riv. dB
5000	120	107	+13
10000	120	104	+16

Riverberazione di superficie

Freq. Hz	e1(dB)	Riv dB	Eco/Riv. dB
5000	120	102	+18
10000	120	101	+19

Riverberazione di volume

Freq. Hz	e1(dB)	Riv dB	Eco/Riv. dB
5000	120	82	+38
10000	120	76	+44

Sfera 2

Riverberazione di fondo

Freq. Hz	e2(dB)	Riv dB	Eco/Riv. dB
5000	123	107	+16
10000	123	104	+19

Riverberazione di superficie

Freq. Hz	e2(dB)	Riv dB	Eco/Riv. dB
5000	123	102	+21
10000	123	101	+22

Riverberazione di volume

Freq. Hz	e2(dB)	Riv dB	Eco/Riv. dB
5000	123	82	+41
10000	123	76	+47

Le tabelle compilate mostrano, se pur con le inevitabili approssimazioni dovute alla scarsa disponibilità di dati sulla riverberazione, che se le sfere avessero le caratteristiche di quelle prese ad esempio il problema della riverberazione, in tutte le sue forme, non creerebbe problemi nelle misure comparative del TS.

Naturalmente la situazione potrebbe diventare più pesante se volessimo valutare l'eco della sfera¹, in particolare in presenza di riverberazione di fondo, qualora il valore di TS1 fosse di molto inferiore a quello preso ad esempio.

11.6.7 Problemi relativi alla profondità del sito

I problemi che riguardano la profondità del sito, nel quale collocare i bersagli, sono da ricercare nell'entità dell'angolo di radenza α_r .

Negli esempi svolti finora si è assunta una profondità (h) del sito di 20 metri ed una distanza nave-bersaglio (r) di 60 metri allo scopo di mantenere l'angolo di radenza sul fondo nell'ordine di:

$\alpha_r = 20^\circ$; con questo valore di α_r infatti, in base alla letteratura citata, una capacità diffusiva (S_b) del fondo di circa -42 dB è individuata ed è accettabile.

Naturalmente se s'incrementa la profondità del sito s'incrementa α_r e di conseguenza S_b con il risultato di un netto incremento della riverberazione del fondo.

Se per necessità di misura è indispensabile incrementare il valore di h è necessario aumentare in proporzione anche la distanza nave-bersaglio in modo che il loro rapporto consenta sempre di avere un valore α_r dell'ordine di 20° .

La procedura indicata, se da un lato consente di mantenere S_b in termini ragionevoli, dall'altro penalizza il rapporto eco/riv. a seguito, sia dell'attenuazione degli echi che cresce con il crescere della distanza, sia all'incremento della superficie illuminata del fondo che cresce anch'essa con l'aumento della distanza; dato che il fenomeno è complesso vediamo in termini numerici quali valori del rapporto eco/riv. sono in gioco con l'incremento della profondità e quindi della distanza.

Assumiamo costante il rapporto h/r come sopra citato :

$$h/r = 20/60$$

compiliamo la tabella relativa alle ampiezze di e_1 ed e_2 in funzione della distanza r :

assunto:

$$SL = 200 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$$

$$TS2 = -6 \text{ db (dato di riferimento)}$$

$$TS1 = -12 \text{ db (dato da misurare)}$$

$$d2 = r$$

$$d1 = r - 10$$

$$e1 = SL - 40 \text{ Log } d1 + Ts1$$

$$e2 = SL - 40 \text{ Log } d2 + Ts2$$

Profondità h (metri)	Distanza r (metri)	Livello eco e2 (dB/μPa)	Livello eco e1 (dB/μPa)
20	60	123	120
40	120	111	106
60	180	104	99
80	240	99	94
100	300	95	90

Nella tabella possiamo riconoscere i valori di $e1=120$ ed $e2=123$ relativi all'esempio iniziale calcolati per $h=20$ e $r=60$.

Una seconda tabella viene compilata per indicare l'andamento dell'intensità della riverberazione secondo le routine di calcolo già menzionate ($f = 10000$ Hz):

Profondità h (metri)	Distanza r (metri)	Livello riv. alla distanza r (dB/μPa)	Livello riv. alla distanza r-10 (dB/μPa)
20	60	104	106
40	120	95	96
60	180	90	91
80	240	86	86
100	300	83	84

Infine con la terza tabella si mostrano i rapporti eco/riv. ottenuti dai dati delle due tabelle precedenti:

Profondità h (metri)	Distanza r (metri)	Rapporto e2/riv. (dB)	Rapporto e1/riv. (dB)
20	60	19	14
40	120	16	10
60	180	14	8
80	240	13	8
100	300	12	6

I risultati di questa tabella sono riportati nel grafico di figura 43 nel quale si evidenzia chiaramente l'andamento del fenomeno.

La curva superiore riporta l'andamento del rapporto $e2/riv.$ mentre la curva inferiore riporta il rapporto $e1/riv.$ entrambe le curve mostrano che sotto $h = 50$ m (a cui corrisponde $r = 150$ m) i rapporti sono molto piccoli e le misure possono essere rese difficili da altri fattori non considerati in questa sede.

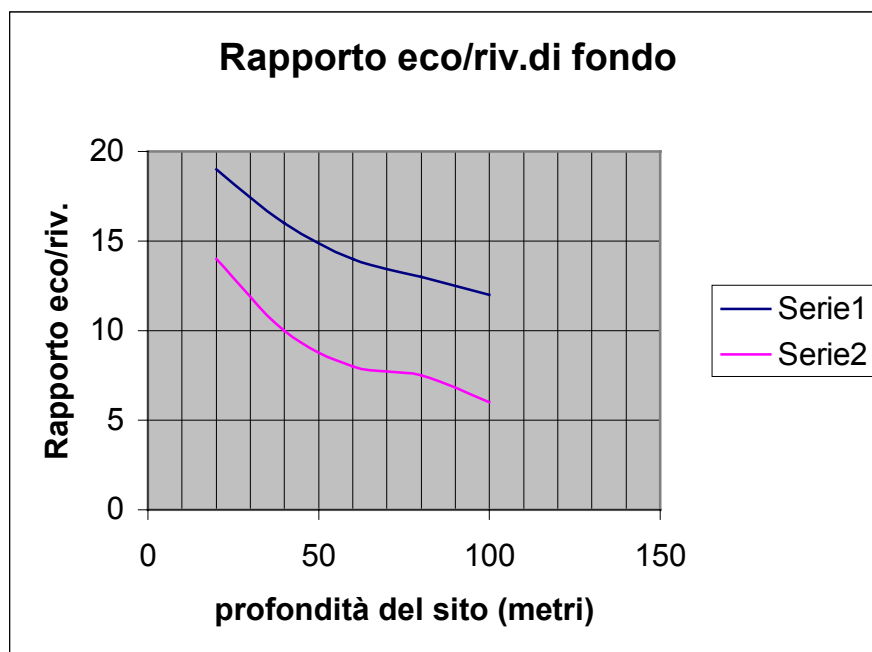


Figura 43

In special modo se TS1 presenta valori di inferiori a -12 dB la misura quantitativa di TS1 stesso può rendersi impossibile.

Si può quindi concludere che se sono necessari rilievi a profondità superiori a 50 metri o valori del TS1 inferiori a -12 dB non resta che aumentare le dimensioni dei bersagli.

11.6.8 Misure su piccole sfere

Se le sfere disponibili per le misure comparative hanno raggi sensibilmente inferiori al metro la conseguente riduzione del TS, individuabile in figura 28, consiglia di seguire un approccio alle misure diverso da quanto esposto nei precedenti paragrafi.

Per poter recuperare il decremento del TS a seguito della riduzione del raggio delle sfere, nel caso della riverberazione di fondo, non resta che cercare un abbattimento di S_b mediante la riduzione dell'angolo di radenza ar.

Questa azione è possibile se si pensa di lavorare su bassi fondali sabbiosi **per i quali si possa** utilizzare l'equazione di Lambert che consente di calcolare, con discreta approssimazione, il valore di S_b , per valori di $ar < 45^\circ$, come segue:

$$S_b = 10 \text{ Log } \mu + 10 \text{ Log Sen}^2(ar)$$

dove $10 \text{ Log } \mu$ è riportato, a seguito diversi rilievi, in funzione della frequenza, nel grafico di figura 8.28 del testo di Urick.

Dall'esame del grafico si può assumere, per la frequenza di 10000 Hz, un valore medio tra i rilievi dell'ordine di -30 dB e quindi applicare la formula ottenendo:

$$S_b = -30 + 10 \text{ Log Sen}^2(ar)$$

che computata nell'intervallo $ar = 2^\circ - ar = 14^\circ$ fornisce il seguente tabulato:

ar°	Sb (dB)
2	-59
4	-53
6	-50
8	-47
10	-45
12	-44
14	-42

Non resta ora, fissata la distanza nave-bersaglio per $r = 60$ m, che legare la profondità del sito all'angolo di radenza ar ; essendo :

$$ar = \text{ArcSen} (h / r)$$

si ha : $h = r \text{ Sen } ar$

da cui la tabella:

ar°	Sb (dB)	h (metri)
2	-59	2
4	-53	4
6	-50	6
8	-47	8
10	-45	10.5
12	-44	12.5
14	-42	14.5

Ora una considerazione deve essere fatta:

A parità di distanza nave-bersaglio, fissata in 60m, di tanto decresce S_b , rispetto ai -42 dB presi a calcolo nel paragrafo 11.1.6, di altrettanto può decrescere il valore di TS_2 stabilito in -6 dB nel paragrafo citato; questa relazione è riportata nella seguente tabella per il TS della sfera 2:

ar°	Sb (dB)	ΔS_b decremento di S_b rispetto a -42 dB	$TS_2 = -6 - \Delta S_b$
2	-59	17	-23
4	-53	11	-17
6	-50	8	-14
8	-47	5	-11
10	-45	3	-9
12	-44	2	-8
14	-42	0	-6

È necessario a questo punto determinare il raggio delle sfere affinché queste, con il beneficio della riduzione di S_b , possano mantenere i soliti rapporti Eco/riv. di cui al paragrafo 11.6.6.

Dato che il TS della sfera è:

$$TS = 10 \text{ Log } (a^2 / 4)$$

Il raggio “a” in funzione del TS è dato da:

$$a = [4 * 10^{(TS/10)}]^{1/2}$$

con questa relazione e con la combinazione delle due tabelle precedenti si ha infine una tabella nella quale si vede quale raggio possono avere le sfere in funzione della profondità h del sito:

h (metri)	Ts2 dB	Raggio della sfera (metri)
2	-23	.14
4	-17	.28
6	-14	.40
8	-11	.56
10.5	-9	.70
12.5	-8	.79
14.5	-6	1

11.6.9 Routine per il calcolo di piccole sfere

Nel presente paragrafo è riportata una semplice routine di calcolo, in Basic, per il computo del raggio di piccole sfere.

Il calcolo è reso possibile dall'applicazione dell'equazione di Lambert della quale abbiamo accennato al paragrafo precedente; è naturale perciò che i risultati conseguenti debbano essere utilizzati come orientamento per l'impostazione delle misure in mare.

I dati che intervengono nel calcolo sono di due tipi:

Dati funzione di alcune condizioni variabili in base alle condizioni ambientali quali:

- *fissare la distanza R nave-bersaglio
- *fissata la profondità h del sito
- *fissato il rapporto Eco/Riv. per riverberazione di fondo

Dati fissi presi a base per il calcolo:

- *SL = 200 µPa Livello indice di trasmissione
- *td = 0.005 durata dell'impulso in secondi
- *f = 10000 frequenza di lavoro
- *b = 0.1 dimensione verticale del trasduttore d'emissione
- a = 0.8 dimensione orizzontale del trasduttore d'emissione

È utile indicare alcuni esempi d'impiego della routine di calcolo per consentirne l'utilizzo nei casi più diversi.

Gli esempi che mostreremo terranno conto che la routine è stata impostata per la determinazione delle dimensioni di piccole sfere e che pertanto prevede l'utilizzo di piccoli angoli di radenza (condizione che impone piccoli rapporti h/R).

1° Esempio

Si voglia stabilire quale raggio assegnare ad un bersaglio sferico per ottenere un rapporto Eco/Riv. di volume pari a 20 dB per una distanza nave-bersaglio di 60 m ed una profondità del sito di 20 m. Una volta avviato il programma si compileranno le righe di richiesta dati:

"r(campo in metri)"; **60**

"h(distanza dal fondo. metri)"; **20**

"Eco/Riv"; **20**

quindi **“Invio”** e si ottiene:

r(campo in metri)? 60

h(distanza dal fondo. metri)? 20

Eco/Riv? 20

===Dati a calcolo===

f (hz) = 10000

SL(dB) = 200

eco/riv.(dB) = 20

Distanza mt = 60

Fondo mt = 20

Durata imp. mSec = 5

===Dati d'uscita===

raggio sfera (metri) = 1.49

Angolo di radenza in gradi = 19.5

Lobo di direttività in gradi = 14.5

Superf. irradiata mq = 58

Sb = f(angolo di rad.) (dB) = -39.56734

Incremento di superficie (dB) = 17

Livello di Riverb. RL(dB) = 106.3

Il risultato principale indica per la sfera un raggio di 1.49 m; altri dati sono mostrati per inquadrare completamente la ipotetica condizione di misura.

2° Esempio

Si voglia stabilire quale raggio assegnare ad un bersaglio sferico per ottenere un rapporto Eco/Riv. di volume pari a 25 dB per una distanza nave-bersaglio di 50 m ed una profondità del sito di 4 m. Una volta avviato il programma si compileranno le righe di richiesta dati:

"r(campo in metri)"; **50**

"h(distanza dal fondo. metri)"; **4**

"Eco/Riv"; **25**

quindi **“Invio”** e si ottiene:

r(campo in metri)? 50

h(distanza dal fondo. metri)? 4

Eco/Riv? 25

===Dati a calcolo===

f (hz) = 10000

SL(dB) = 200

eco/riv.(dB) = 25

Distanza mt = 50

Fondo mt = 4

Durata imp. mSec = 5

===Dati d'uscita===

raggio sfera (metri) = 0.57

Angolo di radenza in gradi = 4.6

Lobo di direttivita' in gradi= 14.5

Superf. irradiata mq = 48

Sb = f(angolo di rad.) (dB) = -51.96407

Incremento di superficie (dB) = 16

Livello di Riverb. RL(dB) = 96.1

Il risultato principale indica per la sfera un raggio di 0.57 m

3° Esempio

Si voglia stabilire quale raggio assegnare ad un bersaglio sferico per ottenere un rapporto Eco/Riv. di volume pari a 20 dB per una distanza nave-bersaglio di 100 m ed una profondità del sito di 15 m. Una volta avviato il programma si compileranno le righe di richiesta dati:

"r(campo in metri)"; **100**

"h(distanza dal fondo. metri)"; **15**

"Eco/Riv"; **20**

quindi **“Invio”** e si ottiene:

r(campo in metri)? 100

h(distanza dal fondo. metri)? 15

Eco/Riv? 20
====Dati a calcolo====
 $f(\text{hz}) = 10000$
 $SL(\text{dB}) = 200$
 $\text{eco/riv.}(\text{dB}) = 20$
Distanza mt = 100
Fondo mt = 15
Durata imp. mSec = 5

====Dati d'uscita====

raggio sfera (metri) = 0.84

Angolo di radenza in gradi = 8.6
Lobo di direttivita' in gradi = 14.5
Superf. irradiata mq = 96
 $S_b = f(\text{angolo di rad.}) (\text{dB}) = -46.5039$
Incremento di superficie (dB) = 19

Livello di Riverb. RL(dB) = 92.5

Il risultato principale indica per la sfera un raggio di 0.84 m

La routine di calcolo da implementare in Basic è la seguente:

'CALCOLO RAGGIO SFERA IN FUNZIONE DI:

'R;h;Eco/Riv.

Cls

'DATI D'INGRESSO

INPUT "r(campo in metri)"; R ' percorso del raggio dal TX al fondo

INPUT "h(distanza dal fondo. metri)"; h ' livello del fondo

INPUT "Eco/Riv"; er

'DATI FISSI:

SL = 200 'INPUT "SL(livello indice dB)"; sl 'livello indice in dB

td = 0.005 'INPUT "td(durata imp. Sec.)"; td ' durata dell'impulso in secondi

f = 10000 'INPUT "f(hertz)"; f ' frequenza di lavoro

$b = 0.1$ 'INPUT "b(altezza trasd. m)"; b' dimensione verticale del trasduttore

$a = 0.8$ 'INPUT "a(larghezza trasd. m)"; a' dimensione orizzontale del trasduttore "stecca 'messa 'nel senso dell'altezza"

'FASE COMPUTO ar (angolo di radenza)

$rp = h / R$ 'rapporto profondità /distanza

$ar = 57.3 * \text{Atn}(rp / \text{Sqr}(-rp * rp + 1))$ 'angolo di radenza

$SB = -30 + 10 * \text{Log}((\text{Sin}(ar * 0.0174))^2) / \text{Log}(10)$

'INPUT "Sb(capac. rifl. fondo f(ar) dB)"; SB ' valore della capacita di riflessione in funzione 'angolo di radenza ,vedi p.c.

'FASE DI CALCOLO

$\lambda = (1530 / f)$

$q = (10 * \text{Log}(\lambda / (6.28 * a)) / \text{Log}(10) + 9.2)$

$qr = 10^{(q / 10)}$ 'angolo di direttivita' in rad.per calcolo 'superficie irrad.

$ad = qr * 57.3$ 'angolo di direttivita' in gradi

$tl = 40 * \text{Log}(R) / \text{Log}(10)$ ' att. andata e rit. per diverg.

$\text{sup} = \text{Int}(((1530 * \lambda) / 2) * qr * R)$ 'superficie illuminata

$\text{tsr} = \text{Int}((10 * \text{Log}(\text{sup})) / \text{Log}(10))$

$RL = SL - tl + SB + \text{tsr}$ ' valore della pressione di Riv.

$TS = er + RL - SL + tl$ 'TS sfera

$\text{rsf} = \text{Sqr}(4 * 10^{(TS / 10)})$ 'raggio sfera

Print "===Dati a calcolo==="

Print "f (hz) ="; f

Print "SL(dB) = "; SL

Print "eco/riv.(dB) = "; er

Print "Distanza mt ="; R

Print "Fondo mt ="; h

```

Print "Durata imp. mSec ="; 1000 * td
Print
Print "===Dati d'uscita==="
Print
Print "raggio sfera (metri) ="; USING; "##.##"; rsf
Print
Print "Angolo di radenza in gradi ="; USING; " ##.#"; ar

Print "Lobo di direttivita' in gradi="; USING; " ##.#"; ad

Print "Superf. irradiata mq ="; sup

Print "Sb = f(angolo di rad.) (dB) ="; SB

Print "Incremento di superficie (dB) ="; tsr

Print

Print "Livello di Riverb. RL(dB) = "; USING; "###.##"; RL

```

11.7) Relazione complementare per l'impiego sonar IP70

A completamento di questo studio riportiamo la relazione complementare per l'impiego del sonar IP70 nel caso che, in corso d'opera, si opti anche per l'utilizzo del sommergibile Da Vinci quale sostituto della "Nave pilota". Questa soluzione, se da un lato obbligherebbe a misure del TS alla sola frequenza operativa dell'IP70, dall'altro eviterebbe, sia l'allestimento della base ricevente per il sonar FALCON, sia l'allestimento del nuovo sistema d'emissione/ricezione con annessi trasduttori direttivi e supporti di movimentazione meccanica.

È di fondamentale importanza evidenziare che l'elettronica ed il software studiati per il sistema di misura del TS più complesso si adattano, senza modifiche, anche alla soluzione con sonar IP70.

La relazione viene riportata integralmente con indici e generalità come segue:

Indice

Generalità	101
11.7.1 Individuazione del sistema di misura	102
11.7.1.1 Motivazioni relative alla scelta della metodologia ridotta	102
11.7.1.2 Caratteristiche del sistema di misura ridotto	102
11.7.2 La struttura di misura	104
11.7.2.1 Il campo nella struttura	104
11.7.2.2 Movimentazione e posizionamento dei mezzi e dimensioni del campo	105
11.7.3 Le variabili acustiche nella struttura di misura (unità A su battello)	106
11.7.3.1 Calcolo delle variabili acustiche (unità A su battello)	106
11.7.3.2 Sulle caratteristiche del canale di amplificazione segnale d'eco	106
11.7.3.3 Determinazione delle caratteristiche del trasmettitore di impulsi	106
11.7.3.4 Esposizione generale delle caratteristiche dei trasduttori Rx e Tx	106
11.7.3.5 L'effetto della riverberazione nella misura del TS	106
11.7.4 Le variabili acustiche nella struttura definitiva (unità B su bersaglio)	107
11.7.4.1 Calcolo delle variabili acustiche (unità B su bersaglio)	107
11.7.5 Filosofia di funzionamento del sistema di misura del TS	108
11.7.6 Lo schema a blocchi del sistema	109
11.7.6.1 L'unità A	119
11.7.7 La base dei tempi software	112
11.7.8 Indirizzi per il software di calcolo e presentazione dati	113
11.7.8.1 L' interfaccia operatore macchina	113
11.7.8.2 Il diagramma di flusso del software	117

INDICE DELLE FIGURE

Figura 44 : Sistema di misura ridotto	102
Figura 45: campo di misura	104
Schemi a blocchi unità A	
Figura 46 : sezione trasduttori	109
Figura 47 : ricevitore segnali	110
Figura 48 : soglie	110
Figura 49 : sezione analogico digitale	110
Figura 50 : trasmissione acustica	111
Figura 51 : alimentatore	111
Figura 52: schermo di presentazione tipo A e comandi del sistema di misura del TS	114
Figura 53: schermo di presentazione polare e comandi	117

Generalità sulla relazione IP70

Nella presente relazione sono riportati gli elementi di studio inerenti alla fattibilità di un sistema di misura del target strength di unità sommergibili mediante sonar IPD70.

La relazione è divisa nei seguenti paragrafi:

- *Individuazione del sistema di misura
- *La struttura definitiva di misura
- *Filosofia di funzionamento del sistema di misura del TS
- *Indirizzi per il software di elaborazione e presentazione dati

In essi sono illustrate nell'ordine:

-l'idea del sistema di misura del TS mediante il sonar IPD70.

-la struttura definitiva e le procedure di calcolo ad essa collegate con particolare riferimento ai livelli dei segnali.

-i criteri per la progettazione e la costruzione del sistema definitivo da impiegare sul campo.

Tutti gli argomenti sono collegati tra loro in modo da renderli utilizzabili come unico strumento di lavoro.

11.7.1) Individuazione del sistema di misura

11.7.1.1 Motivazioni relative alla scelta della nuova metodologia di misura

Nell'eventualità di poter eseguire misure del TS a bordo di un battello equipaggiato con sonar IPD70, con gli elementi di studio contenuti nel documento: **Relazione di fattibilità per la individuazione e realizzazione di un sistema di misura del target strength di unità sommergibili** e con le informazioni relative alle misure acustiche preliminari in essa indicate, e successivamente attuate in vasca, è stata individuata una procedura di misura del TS che prevede i rilievi acustici con l'autocompensazione dei valori di TL in modo diverso da quello adattato nella relazione citata.

La procedura adotta una metodologia ridotta; forte del fatto che le misure acustiche in vasca hanno mostrato una grande affidabilità dei dati di SL impiegati per i calcoli di appoggio alla fase sperimentale.

La nuova procedura vede la sostituzione della nave pilota con il "battello pilota" dotato di sonar IPD70. Questa soluzione elimina di fatto la necessità dell'impiego del FALCON e di tutte le parti bagnate sia per il rilievo del BRQ del bersaglio, sia per l'illuminazione dello stesso che per la ricezione della sua eco.

Con il sonar del "battello pilota", collegato all'elettronica esterna del sistema, si esegue, sia l'illuminazione del bersaglio, sia la ricezione della sua eco e dell'impulso del risponditore; il sonar IPD70 sostituisce tutta la catena di trasmissione e ricezione prevista nel progetto originale del sistema.

11.7.1.2 Caratteristiche del sistema di misura ridotto

Il sistema di misura ridotto è costituito da due unità così come è indicato in figura 44. In figura si osserva:

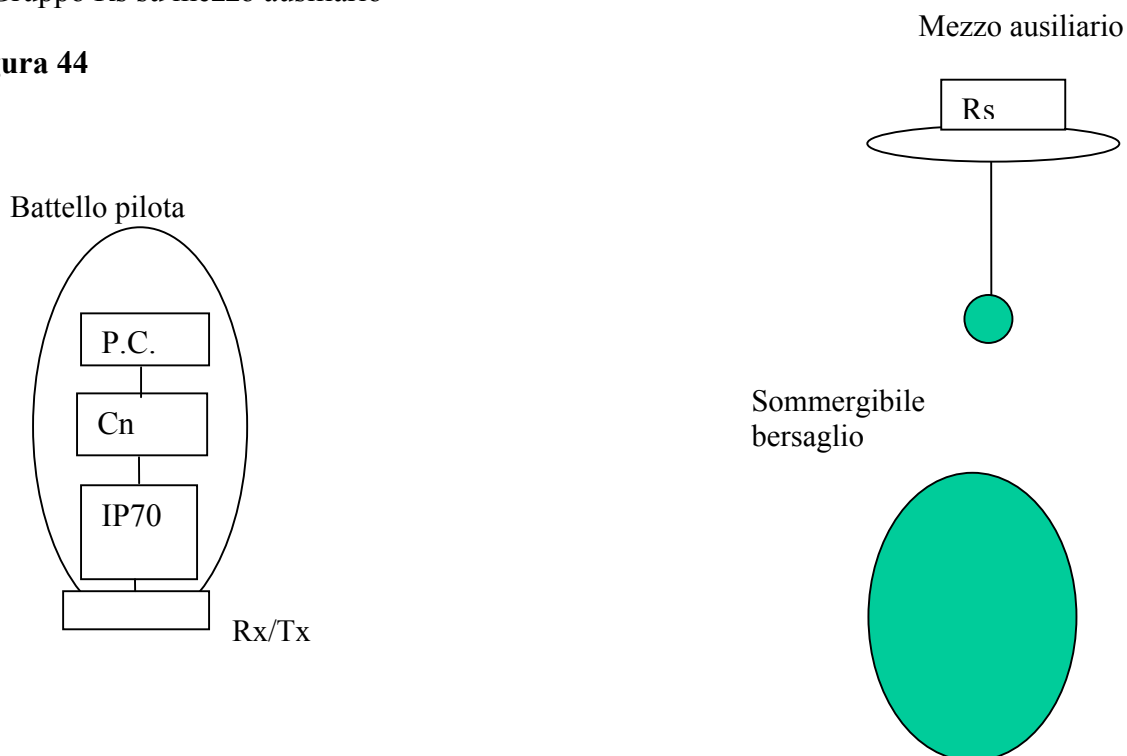
-Il battello pilota con:

- *Contenitore dell'interfaccia Cn
- *Computer
- *Sonar IPD70 con base Rx/Tx

-Il sommergibile bersaglio con:

- * Gruppo Rs su mezzo ausiliario

Figura 44



Le unità del sistema sono così costituite:

Unità su “battello pilota”:

*Il contenitore Cn alloggia tutta l’elettronica di processo necessaria alle funzioni previste

*Il P.C. di servizio con il programma di elaborazione e calcolo del TS

*Il sonar IPD70 collegato al contenitore Cn

*La base ricevente/trasmittente Rx/Tx del sonar IPD70

Unità presso “sommersibile bersaglio”:

*Il contenitore Rs che alloggia tutta l’elettronica del risponditore acustico fissato con un cavetto metallico ad un mezzo ausiliario. Per questo impiego si individua il risponditore BAIP70 con alcune semplici modifiche funzionali.

La filosofia di misura del TS è la seguente:

Assegnati ai simboli SL ed SL’ i seguenti significati:

SL = Livello indice di trasmissione dell’IPD70 in direttivo

SL’ = Livello indice del risponditore Rs

Per l’impostazione dell’equazione per il calcolo del TS si ha:

$$\text{eco di ritorno} \quad A1 = SL + TS - 2TL \quad 1)$$

$$\text{impulso del risponditore} \quad B1 = SL' - TL \quad 2)$$

Potendo scrivere $2B1 = 2SL' - 2TL$ si ha $2TL = 2SL' - 2B1$ che sostituito nella 1) dà:

$A1 = SL + TS - (2SL' - 2B1)$ che risolta in TS dà:

$$TS = A1 - 2B1 + (2SL' - SL)$$

Questa procedura di calcolo non necessita del valore del TL e si affida alla precisione dei valori del SL e SL’ che, come anticipato nella premessa, sono misurabili con accuratezza.

La misura dell’angolo di esposizione del “sommersibile bersaglio” è fattibile al momento in cui, dal “battello pilota”, viene rilevato, con il sonar proprio, il BRQ del sommersibile bersaglio.

Il dato del BRQ rilevato viene opportunamente elaborato nel P.C. di servizio, per determinare finalmente l’angolo di esposizione; naturalmente durante questa fase di misura viene sospeso momentaneamente il rilievo del TS.

11.7.2) La struttura di misura

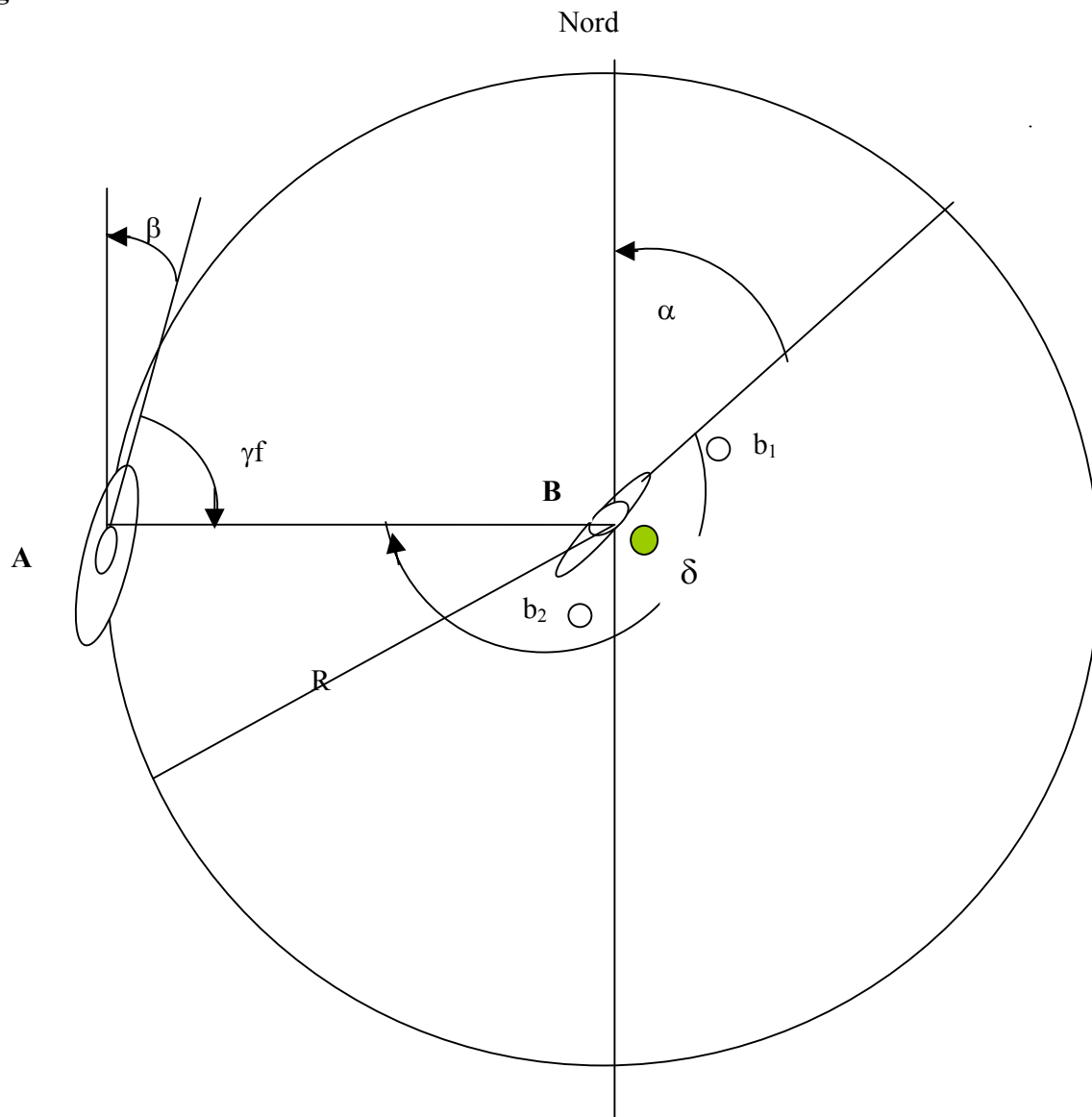
Con riferimento al paragrafo 2.2 ed alla figura 1 prendiamo ora in esame il complesso della struttura impostata per la misura del target strength di unità sommergibili.

Prima di addentrarci nella descrizione tecnica dobbiamo mettere in evidenza il parere espresso da tutti gli autori che si sono cimentati in questo tipo d'imprese: "le misure da eseguire presentano notevoli difficoltà, sia per la il controllo dell'ambiente, sia per la saltuaria mancanza della ripetitività dei rilievi dovuta, tra le altre cause, dalle fluttuazioni dell'ampiezza dell'eco di ritorno dal bersaglio" ciò non per scoraggiarci ma per riflettere sul come realizzare le cose e le misure.

11.7. 2.1 Il campo nella struttura

Il campo nella struttura è definito da una zona di mare circolare alla periferia della quale si muove il "battello pilota"; al centro del campo è collocato, in immersione, il sommergibile bersaglio, vincolato da due boe di posizionamento così come è mostrato in figura 45, la movimentazione dei mezzi e le variabili angolari sono definite nel seguente paragrafo 11.7.2.2.

Figura 45



11.7. 2.2 Movimentazione e posizionamento dei mezzi nel campo

Per la movimentazione ed il posizionamento dei mezzi nel campo si utilizza, per il “battello pilota” una cinematica di raggio R con centro sul bersaglio; per la staticità del bersaglio, al centro del campo, una coppia di boe di ancoraggio adatte a tale impiego.

Il posizionamento dei mezzi nel campo di misura è mostrato in figura 45, da questa si vedono le boe di ormeggio b_1 e b_2 che vincolano il bersaglio, il “sommersibile bersaglio” **B** in posizione vincolata, il “battello pilota” **A** e la traiettoria circolare del battello stesso.

A fianco del bersaglio è riportato un dischetto scuro che rappresenta il risponditore R_s che verrà sistemato sopra il bersaglio.

Nel disegno sono tracciati l’asse del campo verso il nord, l’angolo α tra l’asse del bersaglio e il nord, la distanza R tra la traiettoria del battello ed il bersaglio, l’angolo $\gamma_f = \angle BRQ$ tra l’asse del battello ed il bersaglio.

Nella figura compaiono inoltre, sia l’angolo β tra l’asse del battello ed il nord, sia l’angolo di esposizione δ .

Dagli elementi bibliografici consultati risulta che nelle campagne di misura effettuate nel passato sono state imposte per il campo dimensioni che vanno da circa 500 a 3000 m; riteniamo pertanto che sia ragionevole assumere inizialmente un raggio R del campo di 1000 m. e, successivamente, sulla base dei riscontri sperimentali condotti con la struttura definitiva, riformare tale valore per ottenere le migliori condizioni di misura in dipendenza del particolare tipo di bersaglio che verrà assegnato.

Nel prosieguo di questa relazione vedremo quale ruolo giocano le variabili angolari che sono riportate nella figura.

11.7.3) Le variabili acustiche nella struttura di misura (unità su battello)

Sempre con riferimento al paragrafo 11.7.1.2 ed alla figura 44 esaminiamo ora le variabili acustiche, l'elettronica e le parti bagnate direttamente coinvolte nel processo che interessa l'unità di elaborazione collocata sul "battello pilota" ed alloggiata nel contenitore Cn.

11.7.3.1 Calcolo delle variabili acustiche (unità su battello pilota)

Iniziamo evidenziando che la frequenza di lavoro di tutto il sistema è di 9500 Hz, valore che caratterizza il sonar attivo IPD70.

Le variabili acustiche che intervengono in questo nuovo sistema sono condizionate dal valore del livello indice SL dell'IPD70 e dalle caratteristiche di sensibilità del ricevitore di quest'ultimo.

Per calcolare le variabili acustiche che caratterizzano il sistema di misura definitivo è necessario assumere anzitutto dei valori di base per il target strength del bersaglio, valori che la letteratura individua, per un sommergibile di medie dimensioni, essere compresi tra 10 dB sull'asse e 25 dB al traverso; inoltre è necessario premettere che tutte le computazioni verranno eseguite nelle ipotesi di propagazione sferica in assenza di anomalie.

Andiamo a valutare il livello di ricezione della pressione dell'eco A1 del bersaglio illuminato dall'impulso di emissione dell'IPD70:

$$A1 = SL - 2TL + TS$$

dove :

SL = 231 dB/μPa (IPD70 in emissione direttiva)

TS = variabile da 10 a 25 dB (per i calcoli seguenti si assume ovviamente il valore inferiore)

TL = TLd + α R = attenuazione di propagazione

TLd = 20 Log R = attenuazione per divergenza

R = 1000 m

α R = 2 dB attenuazione per assorbimento

$$TL = 20 \text{ Log } R + \alpha R = 20 \text{ Log } 1000 + 2 = 62 \text{ db}$$

Risulta pertanto $A1 = 231 - 124 + 10 = 117 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$

Per stabilire la durata dell'impulso la si deve calcolare sulla base dell'equazione:

$$t_o = 2 L / c$$

dove L è la lunghezza del bersaglio e c la velocità del suono

Nell'ipotesi che il bersaglio abbia una lunghezza di 30 metri il valore di t_o sarà:

$$t_o = 2 * 30 / 1530 = 39 \text{ mSec.}$$

11.7.3.2 Sulle caratteristiche del canale di amplificazione del segnale d'eco

Le caratteristiche elettriche del canale di amplificazione del segnale d'eco sono definite dalle caratteristiche stesse del sonar IPD70 e pertanto non necessitano di valutazioni preliminari; le valutazioni applicative saranno espletate al momento della progettazione dettagliata del gruppo Cn.

11.7.3.3 Determinazione delle caratteristiche del trasmettitore d' impulsi

Il trasmettitore di impulsi è delegato a fornire l'energia necessaria per pilotare il trasduttore di emissione Tx. Le caratteristiche di questo sono note tra i valori di targa dell'IPD70.

Il valore del livello indice emesso in trasmissione direttiva SL dovrà essere misurato con accuratezza.

11.7.3.4 Sulle caratteristiche dei trasduttori Rx

Anche per questi componenti si fa riferimento ai i valori di targa dell'IPD70.

Il valore della sensibilità di ricezione del trasduttore Rx e dalla catena elettronica dell'IPD70 dovranno essere misurati con accuratezza. Nella figura 31 è mostrata la curva di risposta in ricezione di una stecca della base Rx.

11.7.3.5 L'effetto della riverberazione nella misura del TS

L'effetto della riverberazione nella misura del TS è stato ampiamente trattato nel documento:

Relazione di fattibilità per la individuazione e realizzazione di un sistema di misura del target strength di unità sommergibili, al quale si rimanda.

11.7.4) Le variabili acustiche nella struttura (unità su bersaglio)

Sempre con riferimento al paragrafo 11.7.1.2 ed alla figura 44 esaminiamo ora le variabili acustiche, l'elettronica e le parti bagnate direttamente coinvolte nel processo che interessa l'unità risponditore (**B**) collocato sopra al "sommersibile bersaglio".

Come per i calcoli relativi all'unità A, anche per l'unità B, tutte le computazioni saranno eseguite nelle ipotesi di propagazione sferica in assenza di anomalie.

Data la geometria del campo è necessario che il trasduttore dell'unità **B** sia del tipo omnidirezionale perché il "battello pilota" potrà essere disposto sotto qualsiasi angolo rispetto al "sommersibile bersaglio".

11.7.4.1 Calcolo delle variabili acustiche (unità su bersaglio)

Per calcolare le variabili acustiche che caratterizzano l'unità **B** è necessario ricorrere alle variabili computate per l'unità A, in particolare al valore A1 relativo alla pressione dell'eco del bersaglio calcolata in $A1 = 117 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$;

Per ottenere un impulso B1 dal risponditore Rs di livello comparabile con l'eco del bersaglio il valore di SL' dovrà essere:

$$SL' = A1 + TL$$

$$SL' = 117 + 62 = 179 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$$

Il risponditore Rs dovrà essere dotato di un ritardo dell'ordine di 0.5 Sec. per far sì che il suo impulso giunga alla base Rx dell'IPD70 a sensibile distanza temporale rispetto all'eco del bersaglio.

11.7. 5) Filosofia di funzionamento del sistema di misura del TS

Vediamo quale filosofia generale si è resa concreta analizzando il funzionamento del sistema mediante una sequenza di eventi operativi facilmente tracciabili in funzione del tempo.

Per semplificare la stesura del testo indichiamo in questo paragrafo con la lettera B1 l'impulso del risponditore e con la lettera A1 l'eco del sommergibile bersaglio.

Dopo la sistemazione definitiva sul campo del "sommergibile bersaglio" e del "battello pilota" iniziano gli eventi operativi su comando dell'operatore sul sonar e sul P.C. di servizio :

t_0 = l'operatore accende il sistema

t_1 = dal sonar IPD70, in panoramico, si emettono gli impulsi ECG per il rilevamento del BRQ del bersaglio

t_2 = all'arrivo dell'eco del bersaglio l'operatore addetto al sonar misura il rilevamento γ_f del bersaglio e lo introduce a calcolo con gli altri dati in suo possesso, α ; β , per la determinazione dell'angolo di esposizione δ ; con δ inserito dall'operatore nel P.C. di servizio s'identifica la prima pagina, δ_1 , dei rilievi relativi a tale angolo di esposizione.

t_3 = viene comandata l'emissione, direttiva, del primo impulso per illuminare il bersaglio mediante Tx

t_4 = dopo dt Secondi, al tempo t_3+dt , il trasduttore Rx riceve l'eco del bersaglio A1 di livello
 $A1 = SL + TS - 2TL$

t_5 = dopo $dt+k$ Secondi, al tempo t_3+dt+k , il trasduttore Rx riceve l'impulso del risponditore Rs di livello $B1 = SL' - TL$ (k è il ritardo di risposta di Rs)

t_6 = gli impulsi A1 e B1, dopo rivelazione, sono presentati, l'uno dopo l'altro, sullo schermo del P.C. di servizio e memorizzati dal sistema di elaborazione e calcolo.

t_7 = finita la fase di acquisizione il calcolatore esegue la seguente operazione:

$$TS = A1 - 2B1 + (2SL' - SL)$$

A seguito della computazione il valore di TS è messo nella pagina di memoria distinta dall'angolo δ_1

t_8 = con "battello pilota" sempre fermo l'operatore, da tastiera del P.C. di servizio, ripete n volte la routine di misura dal punto indicato in precedenza dal t_5 al t_7 , i nuovi dati di TS vengono immessi nella pagina δ_1 ; raggiunto il numero n di valori, così come impostato in precedenza l'operatore può leggerne la media e gli scarti rispetto alla media.

Il valore della media rappresenta il primo punto di un diagramma polare che viene automaticamente presentato in una parte dello schermo del P.C. di servizio.

Naturalmente tutti i dati possono essere stampati compreso il diagramma polare del TS.

t_9 = il battello pilota assume una nuova posizione e la procedura riparte, a comando dell'operatore, dal punto t_1 , con il rilievo di un nuovo valore dell'angolo δ di esposizione del bersaglio, δ_2 , e la conseguente apertura di una nuova pagina δ_2 .

11.7.6) Lo schema a blocchi del sistema

Con l'aiuto del diagramma temporale riportato al paragrafo 11.7.5 illustriamo lo schema a blocchi della sezione funzionale che forma l'unità di elaborazione e calcolo su battello pilota.

11.7. 6.1 L'unità A

L'unità A è costituita da 6 sezioni contenenti ciascuna i seguenti componenti numerati così come saranno individuabili negli schemi a blocchi :

I^a SEZIONE TRASDUTTORI DELL'IPD70

- 1-trasduttore Rx
- 2- trasduttore Tx

II^a SEZIONE RICEVITORE SEGNALI ACUSTICI DELL'IPD70

- 3-preamplificatore
- 4-amplificatore di catena e filtro di banda
- 5-rivelatore di involuppo

III^a SEZIONE SOGLIE DEL SISTEMA D'INTERFACCIA IPD70/P.C.

- 6-circuito soglie

IV^a SEZIONE ANALOGICO DIGITALE DEL SISTEMA D'INTERFACCIA IPD70/P.C.

- 9-convertitori A/D
- 10-interfaccia con il P.C. di servizio
- 11-P.C. di servizio
- 12-base tempi software

V^a SEZIONE DI TRASMISSIONE ACUSTICA DELL'IPD70

- 13-generatore d'impulsi
- 14-trasmettitore d'impulsi

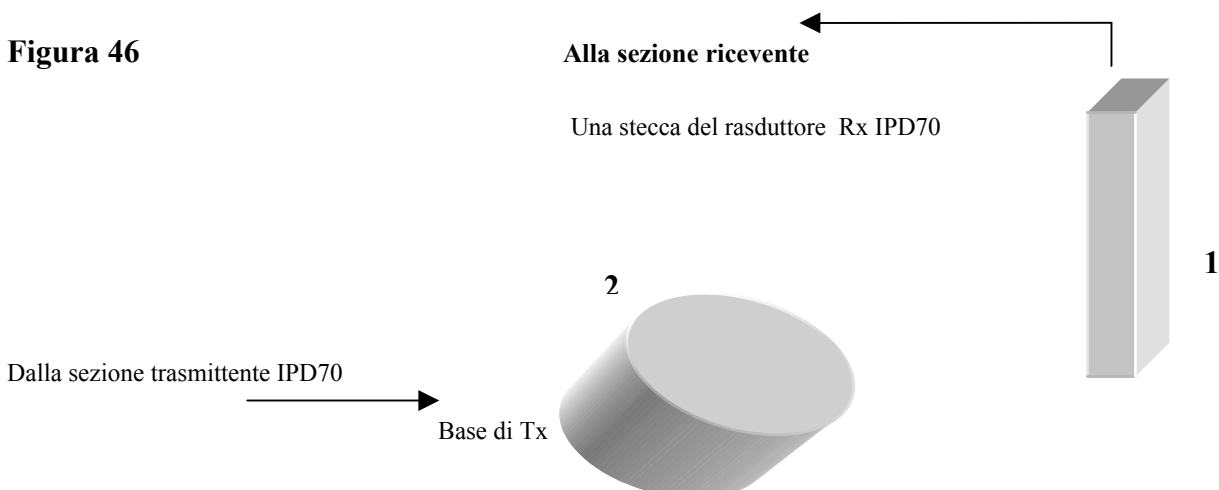
VI^a SEZIONE ALIMENTAZIONE DEL SISTEMA D'INTERFACCIA IPD70/P.C

- 20-alimentatore generale

Le 6 sezioni sono ora illustrate facendo riferimento agli schemi a blocchi di sezione:

I^a sezione

In figura 46 è tracciato lo schema della **sezione trasduttori** IPD70 che comprende, sia il trasduttore Tx sia una sola stecca del trasduttore Rx :

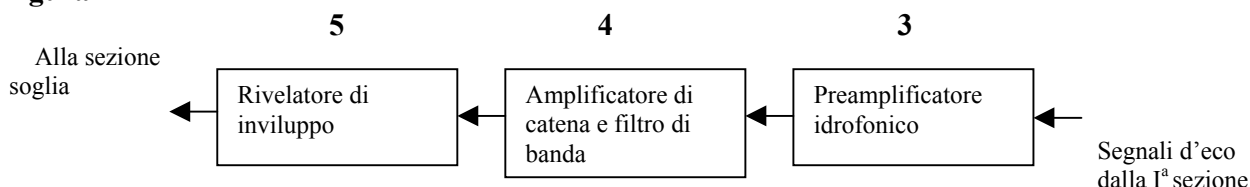


Dai trasduttori transitano:
 Da Rx gli impulsi d'eco e del risponditore ricevuti
 Per Tx gli impulsi di trasmissione

II^a sezione

In figura 47 è tracciato lo schema della **sezione ricevitore segnali acustici dell'IPD70**.

Figura 47



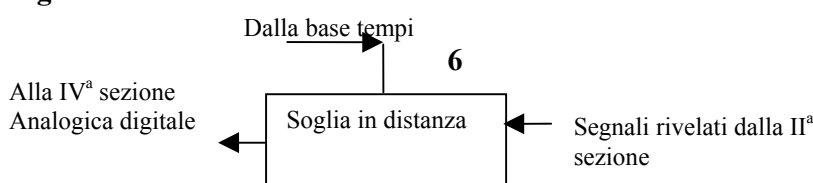
Le caratteristiche di questa catena sono note dai dati di targa dell'IPD70.

L'amplificatore idrofonico, porta gli impulsi d'eco e del risponditore ad un livello adatto per essere applicati, all'amplificatore di catena; il filtro di banda attenua tutte le frequenze estranee agli spettri degli impulsi ed ha guadagno di -6dB nella banda passante di 9000-11000 Hz, il rivelatore di inviluppo riceve gli impulsi dal filtro di banda li amplifica e li rende disponibili per il trattamento successivo.

III^a sezione

In figura 48 è tracciato lo schema della **sezione soglia di sicurezza**, facente parte del sistema d'interfaccia IPD70/P.C. che ha il seguente compito:

Figura 48



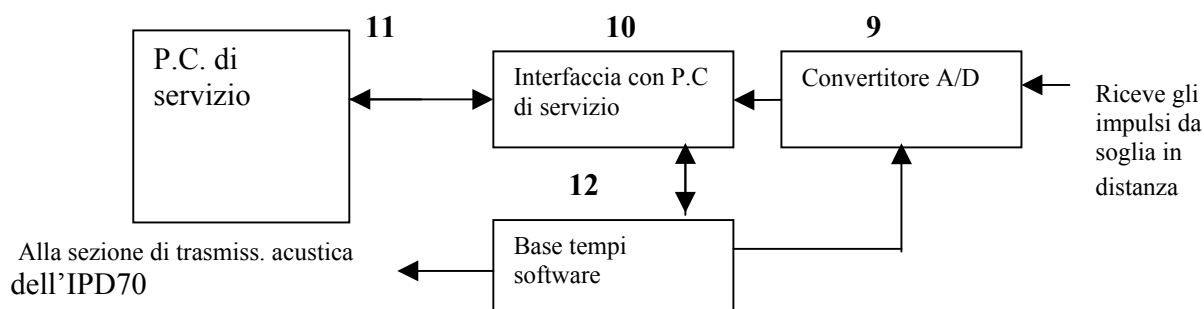
Impedisce all'impulso SL di saturare il canale di elaborazione successivo, riduce l'acquisizione della riverberazione nell'intervallo di tempo nel quale non è previsto l'arrivo dell'eco.

Il circuito riceve gli impulsi rivelati dalla II^a sezione e sulla scorta della predisposizione della soglia in distanza li trasferisce alla IV^a sezione analogico digitale; il processo è eseguito a guadagno unitario.

IV^a sezione

In figura 49 è tracciato lo schema della **sezione analogico digitale** facente parte del sistema d'interfaccia IPD70/P.C. che ha il seguente compito:

Figura 49



La base tempi software, blocco 12, è di fatto una routine che gira nel P.C. di servizio ma è indicata come un blocco singolo per consentire la visione delle interconnessioni funzionali.

Il convertitore A/D campiona gli impulsi di ingresso dell'unità A al ritmo imposto dalla base tempi; dato che la banda degli impulsi rivelati, se questi sono al minimo della durata di 10mSec, si estende fino a 100 Hz il ritmo di campionatura dovrà essere almeno di 300 Hz.

I dati numerici all'uscita del convertitore A/D sono applicati al circuito di interfaccia con il P.C. di servizio per l'introduzione a calcolo secondo quanto stabilito dalla filosofia del sistema.

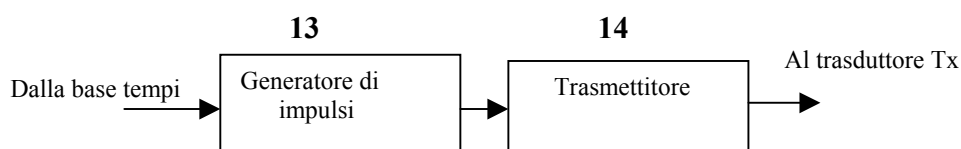
La base tempi è collegata con il trasmettitore dell'IPD70 per coordinare la trasmissione acustica.

Il P.C. di servizio riceve le informazioni, sia dal collegamento diretto con il blocco interfaccia, sia dalle impostazioni manuali dell'operatore; ha il compito di eseguire i calcoli e la presentazione, sia di tipo a sia polare del TS, tenendo in memoria tutta la storia della campagna di misure.

V^a sezione

In figura 50 è tracciato lo schema della **sezione di trasmissione acustica** dell'IPD70.

Figura 50



Il generatore d'impulsi, a comando della base tempi, genera impulsi alla frequenza di 9500 Hz della durata di 40 mSec.

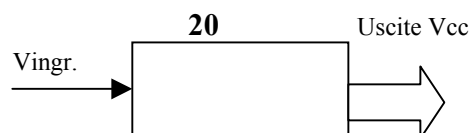
VI^a sezione

In figura 51 è tracciato lo schema della **sezione alimentazione** facente parte del sistema d'interfaccia IPD70/P.C. che ha il seguente compito:

questa deve fornire tutte le tensioni stabilizzate necessarie al funzionamento di tutte le sezioni operative dell'unità A.

La sezione è alimentata con 115V 50/60 Hz; tutte le tensioni stabilizzate devono essere regolate entro l' 1% per variazioni di rete dell'ordine del 15%, con un'ondulazione p.p inferiore ad 1/1000 della tensione fornita.

Figura 51



11.7. 7) La base dei tempi software

Nel paragrafo 11.7.6 abbiamo visto che gran parte delle sezioni funzionali dell'interfaccia con il P.C. di servizio sono asservite alla base tempi; abbiamo altresì evidenziato che questo blocco è di fatto una routine software; in questo paragrafo definiremo gli eventi da implementare nella routine per l'unità studiata per il P.C. di servizio.

Iniziamo con l'elencare tutte le funzioni che la base tempi deve svolgere nell'unità d'interfaccia sulla base della sequenza temporale riportata nel paragrafo 11.7.5.

La base dei tempi software genera:

t_{ea} = impulso inizio trasmissione acustica per illuminare il bersaglio ed eccitare il risponditore

t_c = impulsi di campionamento per conversione A/D in fase di ricezione

t_b = impulso di bloccaggio soglie

Le istruzioni del software da costruire con gli eventi che abbiamo evidenziato sono, di fatto, intrecciate con altre istruzioni relative all'ingresso/uscita dei dati dal P.C.; ne segue pertanto che le routine che girano nella macchina sono sensibilmente complicate.

11.7. 8) INDIRIZZI PER IL SOFTWARE DI CALCOLO E PRESENTAZIONE DATI

Il sistema di misura del target strength dei bersagli è dotato di un software di elaborazione e presentazione dati che è implementato nel P.C. di servizio.

Il software gestisce tutti i rapporti tra il gruppo interfaccia ed il P.C. di servizio, è delegato a tutte le elaborazioni dei dati ed ai calcoli necessari all'operatività del sistema, fornisce inoltre la presentazione video con interfaccia per l'operatore e tutti i comandi virtuali per la conduzione del sistema.

Per illustrare il software è utile iniziarnela descrizione partendo dall'interfaccia operatore macchina che è l'oggetto virtuale che con più immediatezza si collega a quanto già è stato scritto in precedenza sulla filosofia di tutto il sistema; il capitolo seguente sarà pertanto dedicato alla descrizione della presentazione video dei segnali sul P.C. ed alla serie di comandi ed indicatori per la conduzione dell'apparato.

11.7.8.1 L' interfaccia operatore macchina

Il pannello di controllo con la serie dei comandi e la presentazione video dei segnali compare sullo schermo del P.C. di servizio così come è riportato in figura 53; in essa si vedono, nell'ordine numerico tracciato sopra:

SCHERMO E INDICATORI

1s-Schermata video tipo A con l'indice di collimazione

2i-Indicatore del numero degli impulsi emessi (B.Tot.)

3i- Non impiegato

14i-Indicatore del livello impulso risponditore (SL'-TL)

5i-Indicatore del livello eco del bersaglio (SL-2TL+TS)

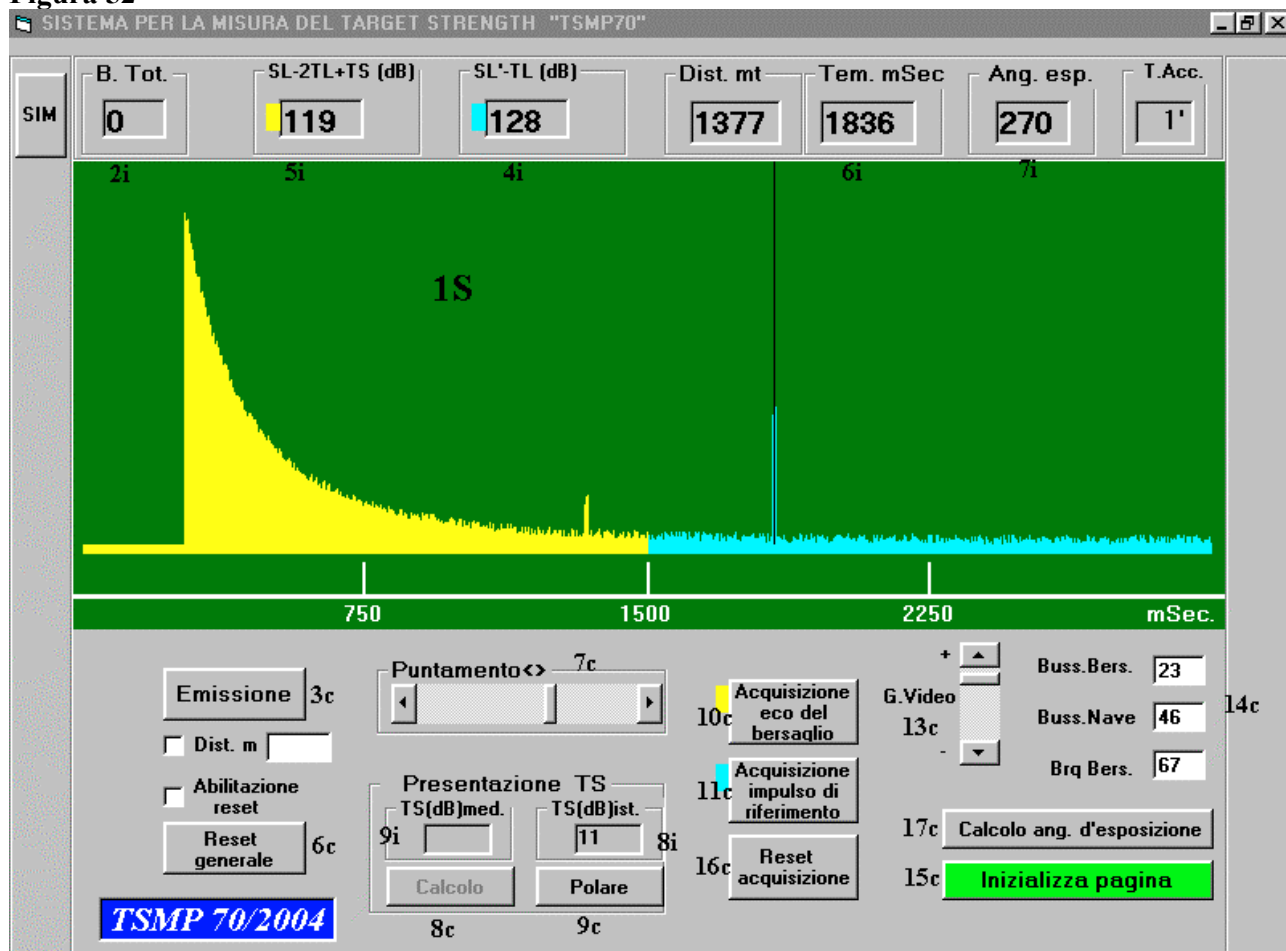
6i-Indicatore della posizione temporale dell'indice di collimazione (Posiz.Temp.)

7i-Indicatore dell'angolo di esposizione del bersaglio (Ang.esp.)

8i-Indicatore del TS istantaneo calcolato (TS_i(dB))

9i-Indicatore del TS medio progressivo calcolato (TS_m(dB))

Figura 52



COMANDI VIRTUALI

3c-Comando d'emissione

6c-Azzeramento processo e presentazione (Reset generale)

7c-Posizionamento indice di collimazione (Puntamento $\diamond$)

8c-Pulsante di calcolo (Calcolo)

9c-Comando presentazione polare (Polare)

10c-Pulsante di acquisizione eco bersaglio (Acquisizione SL-2TL+TS)

11c-Pulsante di acquisizione impulso risponditore (Acquisizione SL' - TL)

13c-Regolatore della sensibilità video (G. Video)

14c-Impostazione dati bussola neve , bersaglio e BRQ bersaglio

15c-Inizializzazione pagina dati del TS (Inizializza pagina)

16c-Reset singola battuta

17c-Pulsante calcolo angolo d'esposizione

Con l'elenco sopra redatto procediamo ora alla descrizione dell'interfaccia operatore macchina con un insieme di nozioni, sia di carattere teorico, sia di carattere operativo, intrecciandole tra loro per meglio comprendere il funzionamento del sistema.

All'accensione dell'apparato e del P.C. di servizio nello schermo 1s- (di colore verde scuro) compaiono soltanto l'indice di collimazione (colore nero), posizionato all'estrema sinistra, ed una traccia orizzontale gialla e celeste, posizionata sulla base dello schermo; su questa traccia compariranno gli impulsi ricevuti, sia dal bersaglio, sia dal risponditore.

All'accensione tutti gli indicatori, dal numero 2i) al numero 9i) compaiono con il valore 0.

*La prima azione che l'operatore deve compiere consiste nella determinazione dell'angolo di esposizione del bersaglio; per far ciò si attiva il sonar della battello pilota e con i valori del Brq battello bersaglio, del Bq del battello ed il Bq, del bersaglio imposta i dati e calcola (17c) l'angolo di esposizione nel P.C. di servizio.

A questa azione corrisponde la comparsa sull'indicatore 7i- (Ang.esp.) del valore calcolato, valore che l'operatore deve assegnare alla prima pagina dati mediante la pressione del pulsante (15c)- di inizializzazione.

E' ovvio che tutta la procedura operativa ora descritta deve essere ripetuta per ciascun posizionamento del "battello pilota" lungo la sua traiettoria circolare.

*La seconda azione è compiuta con l'emissione dell'impulso d'illuminazione del bersaglio e di eccitazione del risponditore, dopo il comando giungono la riverberazione, l'eco e l'impulso risponditore.

*La terza azione consiste nell'acquisizione dell'eco del bersaglio a seguito del comando di trasmissione. L'eco del bersaglio, di livello SL-2TL+TS, raggiunge il P.C. di servizio che lo presenta, sullo schermo video, in apposita traccia di colore giallo.

Dopo l'acquisizione dell'eco si procede all'acquisizione dell'impulso del risponditore, di livello SL'-TL, che il P.C. di servizio presenta, sullo schermo video, in apposita traccia di colore celeste.

Queste azioni vengono eseguite dall'operatore in sequenza mediante la collimazione della traccia dell'impulso giallo, prima, e dell'impulso celeste, dopo; per far ciò egli punta l'indice nero sul centro degli impulsi mediante il comando 7c-(Puntamento $\diamond$) e preme i pulsanti virtuali d'acquisizione; con queste operazioni gli indicatori giallo SL-2TL+TS e celeste SL'-TL indicano l'ampiezza dell'eco e dell'impulso del risponditore.

Le operazioni sopra indicate pongono i valori degli impulsi in apposite memorie di calcolo che sono opportunamente lette al momento di calcolare il valore di TS.

A seguito dell'impulso di trasmissione l'apposito indicatore 2i- (B.Tot.) indica con il valore 1 che è stata eseguita la prima battuta del bersaglio.

*La quarta azione consiste nel calcolo del primo valore di TS da porre nella pagina relativa al valore dell'angolo di esposizione impostato all'inizio della procedura di misura.

Per eseguire questo calcolo l'operatore preme il pulsante 8c- (Calcolo) ed ottiene immediatamente il valore computato del TS, in decibel, nell'apposito indicatore 8i- TS(dB) istantaneo e 9i TS(dB) medio. Se per motivi contingenti si ritiene necessario eseguire altre n battute del bersaglio, si ripete la procedura dalla seconda alla quarta azione; l'indicatore 2i- (B.Tot.) riporterà il numero delle battute eseguite mentre l'indicatore 9i- TS(dB) riporterà il valore del TS ottenuto dalla media dei livelli acquisiti in memoria durante le n battute, cioè $TS = 20 \text{ Log } [(bat1+bat2+...+batn)/n]$.

Per procedere nelle misure sotto un diverso angolo di esposizione del bersaglio si posiziona la "nave pilota" nel nuovo sito e si ripetono le azioni dall'inizio.

Se risultasse necessario ripetere le misure annullando i dati acquisiti è sufficiente premere il pulsante 6c- Azzeramento processo e presentazione (Reset generale).

Se risultasse necessario ripetere soltanto l'ultima misura annullando i dati acquisiti è sufficiente premere il pulsante (Reset acquisizione).

Se si rende utile aggiustare l'ampiezza dei segnali sullo schermo video si agisce sul regolatore 13c- (G. Video).

Alla fine dei rilievi sul campo, o durante le fasi di misura, è possibile visualizzare in un diagramma polare i vettori TS computati; ciascun vettore caratterizzato dal suo modulo TS(dB) e dal suo argomento δ (angolo di esposizione del bersaglio).

La presentazione in oggetto si ottiene mediante l'azione sul pulsante virtuale 9c- (Polare), premuto il quale si ottiene sullo schermo video, in sostituzione del tracciato tipo A il diagramma polare mostrato in esempio in figura 54.

In questo tipo di presentazione figurano tre pulsanti di comando:

1p- pulsante di calcolo e presentazione (Elaboraz. polare)

2p-pulsante di ritorno alla presentazione tipo A (Cartesiana)

3p-pulsante di memorizzazione file dati (Mem. dati)

Agendo su 1p- si ottiene, sul tracciato polare, la presentazione dei vettori TS con gli estremi tra loro connessi come è d'uso nei diagrammi polari del target strenght.

Agendo su 3p- si ottiene il caricamento di tutte le coppie di dati δ , TS(dB), in un file `datin.doc`, collocato in una directory scelta a priori, è possibile caricare un notevole numero **n** di file.

Agendo su 2p- si ripristina la presentazione di misura tipo A.

Il tracciato polare è suddiviso con 36 raggi distanziati di 10° e 10 cerchi da 5dB ciascuno con un fondo scala di 50dB.

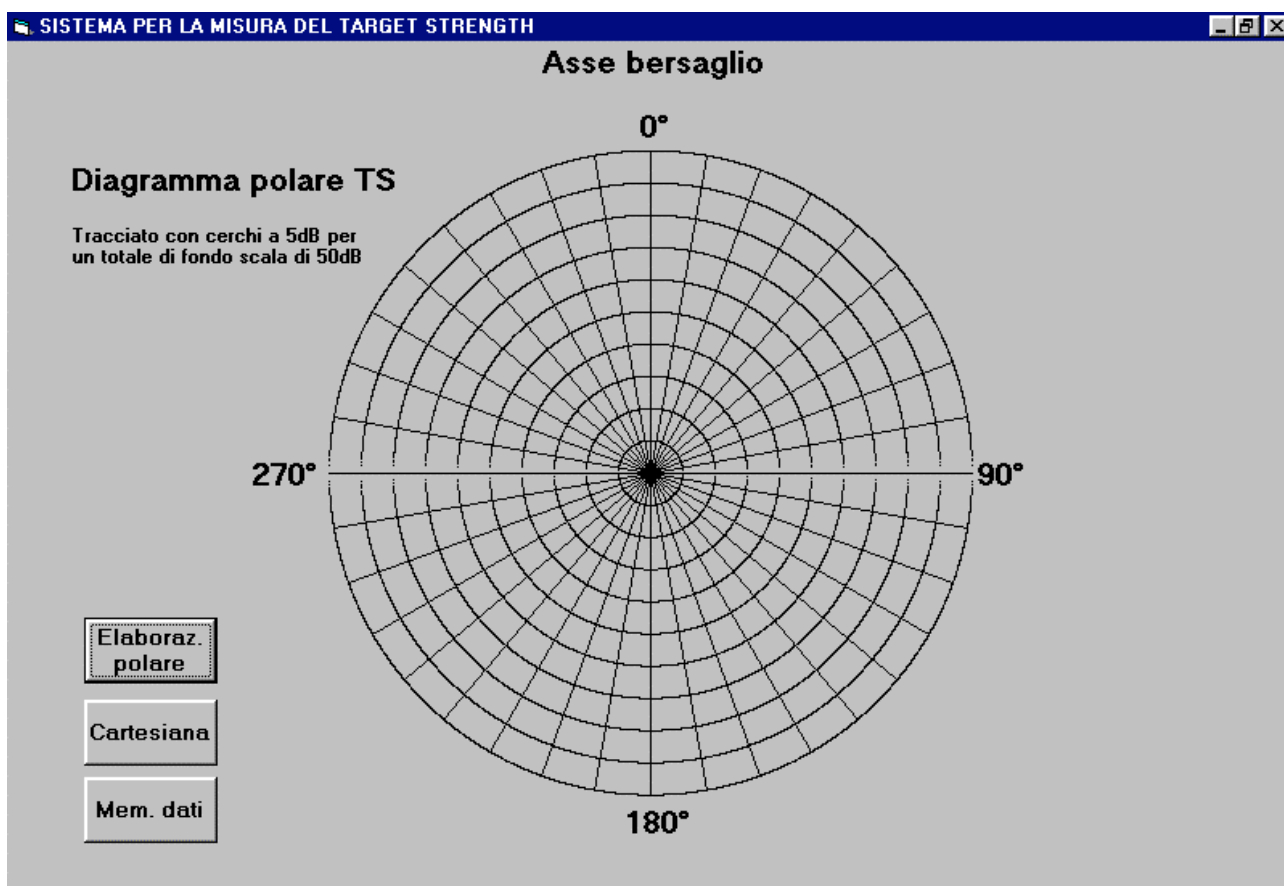


Figura 53

11.7.8.2 Il diagramma di flusso del software

Per l'illustrazione del diagramma di flusso del software è d'aiuto la descrizione redatta per la versione del sistema più complesso alla quale rimandiamo.