

Oltre agli esempi citati sono stati eseguiti parecchi altri cicli su diversi campioni dello stesso tipo, ma sempre con andamento analogo a quello indicato.

Nota - Se potesse interessare l'ordine di grandezza della resistenza per metro lineare di conduttore (tenendo conto che esso, nella prova, è a contatto di solito con due conduttori dell'altro strato) si può ricavarlo facilmente considerando che la scatola conteneva, per ogni strato, da 18 a

Le misure e il tracciamento delle curve sono stati eseguiti, in gran parte e con molta cura e perizia, dal Dott. Carlo Tabaracci, durante il periodo della sua permanenza all'Istituto Elettrotecnico Nazionale.

19 fili di diametro 2 mm, circa 24 fili di diametro 1,6 mm e ancora 18 o 19 fili del diametro di 1 mm, essendosi usata in quest'ultimo caso una scatola di soli 2 cm di larghezza utile. La lunghezza utilizzata è, per ciascun filo, di 12 cm.

Carlo Chiodi

Torino - Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris.

a Giancarlo Vallauri

L'«ombra magnetica» degli scafi

Uno scafo produce variazioni nella configurazione delle linee di flusso del campo magnetico terrestre nello spazio circostante, a cagione dell'anisotropia che il materiale ferromagnetico contenuto nello scafo costituisce nello spazio stesso. La perturbazione è rilevabile mediante adatti dispositivi, e può quindi essere utilizzata per denunciare a distanza la presenza di una nave. La conoscenza approfondita del fenomeno e delle possibilità di attenuarne con mezzi pratici la manifestazione ha grande importanza in relazione coi mezzi di offesa a innesco magnetico, azionati senza contatto diretto col bersaglio. In questi studi viene applicato il criterio di similitudine mediante modelli equivalenti in scala ridotta, con grandissimo vantaggio delle possibilità sperimentali. Nella presente nota si dà cenno di alcune indagini sui criteri che presiedono all'applicabilità dei modelli magneticamente equivalenti.

Uno scafo metallico è accompagnato da fenomeni di perturbazione del campo magnetico terrestre, che sono percepibili in uno spazio circostante ragguardevole rispetto il volume dello scafo stesso, in modo analogo, sebbene non geometricamente simile, all'ombra che accompagna i corpi illuminati da una sorgente esterna di luce. È naturale che il perfezionamento dei dispositivi sensibili al campo magnetico abbia condotto all'idea di valersi del fenomeno per rivelare per questa via la presenza di scafi, e addirittura di utilizzare la manifestazione dell'«ombra magnetica», che anticipa convenientemente la presenza di uno scafo, per innescare dispositivi di offesa (mine, siluri) senza contatto materiale, nel modo e nelle condizioni più favorevoli per ottenere il massimo effetto.

Ne è venuta di conseguenza l'opportunità, allo scopo di difesa passiva, di studiare la compensazione delle perturbazioni magnetiche tentando di rendere, se si vuole continuare ad esprimersi nei termini dell'analogia sopra accennata, lo scafo «magneticamente trasparente», o almeno di ridurre per quanto possibile la sua «ombra magnetica».

Si è condotti così ad affrontare un problema di conoscenza fisica fra i più antichi, e tuttavia ancor oggi appassionante e fertile di risultati utili, che per la loro generalità si può dire stiano alla base di molti rami della tecnica moderna.

Il merito di avere iniziato nel nostro paese questo studio suggestivo va indubbiamente al prof. G. Vallauri, che vi si è accinto quando, anche nei paesi tecnicamente più progrediti e spinti da contingenze più pressanti, non si disponeva di risultati sperimentali apprezzabili, nè si era impostato il problema sulle indispensabili premesse rigorosamente scientifiche.

La difficoltà precipua è di adattare uno schema di calcolo che permetta di rappresentare il fenomeno, consentendo di raggiungere risultati sufficientemente approssimati, senza perdere i necessari requisiti di agevolezza, di accessibilità e nello stesso tempo di generalità.

Ma, a differenza di quanto avviene in altri campi della tecnica, alle difficoltà di ordinare una trattazione di calcolo sufficientemente aderente al fenomeno fisico che ci appare, si aggiungono difficoltà e disagi sperimentali che, pure essendo di tutt'altro ordine, ostacolano fortemente la raccolta di risultati sperimentali validi, su cui verificare ed appoggiare lo sviluppo della teoria.

È facile concretare l'importanza delle difficoltà sperimentali, quando si ponga mente alle condizioni richieste per le determinazioni: si tratta di procedere a rilievi differenziali di campo magnetico, in presenza di un elemento perturbatore di dimensioni estremamente rilevanti (scafi con lunghezze dell'ordine del centinaio di metri), in zone sottostanti alla chiglia, e quindi sotto acqua, e in fondali sufficientemente discosti da cause perturbatrici estranee (non in prossimità di altri scafi, o di installazioni portuali, o di relitti ferromagnetici di qualsiasi genere). I risultati ottenuti dal Vallauri su una Nave da battaglia, a prezzo di ingegnosi accorgimenti e di una lunghissima e costante applicazione, superando con favorevole successo la scarsa disponibilità di adeguati dispositivi di misura e le difficoltà inerenti, hanno dato conferma non soltanto dell'attendibilità degli schemi di calcolo proposti, ma anche della possibilità di ottenere la compensazione magnetica con mezzi accessibili, e di valutare e concretare l'entità dei dispositivi di compensazione.

Il principio della compensazione magnetica consiste nel creare sullo scafo convenienti distribu-

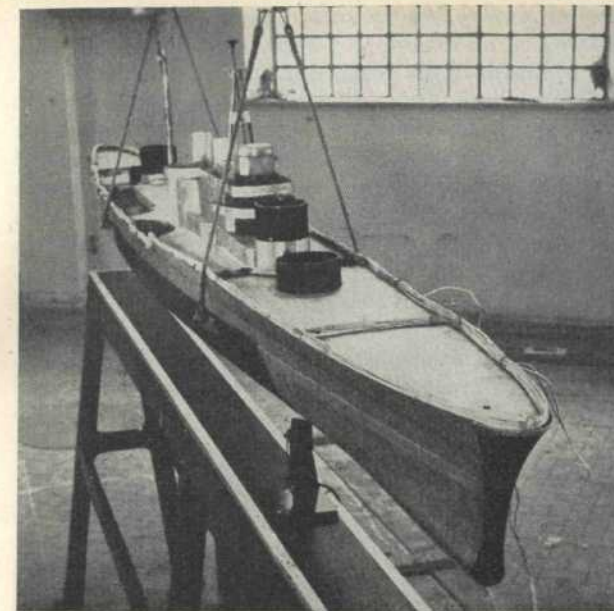


Fig. 1. - Il modello magnetico con le cinture compensatrici.

zioni permanenti di forza magneto motrice, in modo che il flusso d'induzione in una zona subacquea generica non varii, dipendentemente dalla presenza o dall'assenza dello scafo nelle vicinanze. In altri termini, ciò significa che occorre compensare gli effetti del magnetismo proprio e del magnetismo indotto dello scafo costituito da materiale ferromagnetico.

Il modo per attuare tale compensazione consiste nel disporre opportune cinture che giacciono sulla superficie dello scafo, e sono percorse in permanenza da corrente continua di conveniente intensità.

Il progetto e il calcolo di tali cinture comportano in linea generale la determinazione sistematica del campo magnetico nella zona sottostante, in direzione, senso ed ampiezza, a quote e in piani diversi, e la determinazione degli effetti di compensazione derivanti da diverse distribuzioni delle cinture compensatrici.

Un'agevolazione fondamentale per lo sviluppo di queste esperienze è data dalla disponibilità di modelli in scala convenientemente ridotta, i quali consentono di superare tutte le difficoltà pratiche inerenti ai rilievi sullo scafo reale, e consentono di giungere rapidamente a risultati definitivi, a condizione che ad essi sia applicabile con sufficiente approssimazione il criterio della similitudine magnetica.

La verifica dell'attendibilità del criterio di similitudine magnetica fra uno scafo reale e un modello, eseguito necessariamente secondo radicali semplificazioni di disegno e costruttive, richiede di disporre di un'adeguata raccolta di rilievi diretti su scafi reali, per avere i necessari termini di confronto e di riferimento una volta tanto, e per stabilire i limiti delle semplificazioni ammissibili nella costruzione del modello. È inoltre necessario disporre di dispositivi di misura di semplice

uso, convenientemente approssimati, di ingombro ridotto rispetto le dimensioni del modello, e, sopra tutto, idonei a determinazioni differenziali di campo in ambiente magneticamente soggetto a perturbazioni estranee variabili con il tempo e non dominabili. Infatti uno dei pregi fondamentali dell'applicazione dei modelli magnetici deve essere quello di consentire le determinazioni in un laboratorio ordinario, il quale nella generalità dei casi è costruito con materiali ferromagnetici originari per loro conto perturbazioni non trascurabili, ed è soggetto a campi esterni mutevoli (linee elettriche a corrente continua) di ampiezze paragonabili a quelle da determinare sul modello stesso.

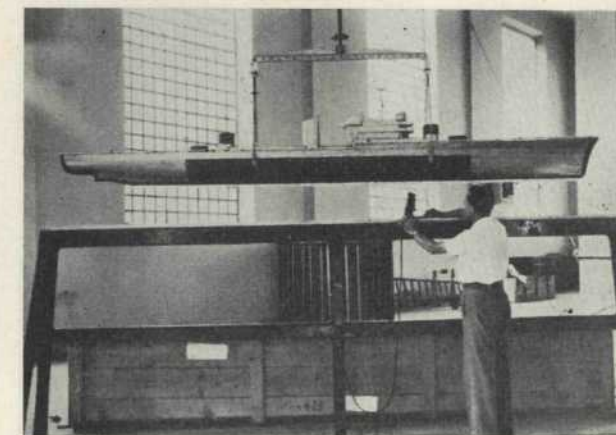
Una ricerca secondo questi orientamenti è stata condotta nel laboratorio del Centro Studi e Ricerche sul Magnetismo Navale (C.S.R.M.N.) presso l'Istituto Elettrotecnico Nazionale, con risultati abbastanza soddisfacenti e conclusivi, che rappresentano l'ideale prosecuzione degli studi e dei presupposti fondamentali stabiliti qualche tempo fa dal prof. Vallauri.

Il primo modello è stato eseguito con la diretta collaborazione dell'Ufficio Studi per le Costruzioni Navali dell'Arsenale Militare della Spezia, e rappresenta, in similitudine magnetica e in scala 1/50, un incrociatore della classe 8000 tonn. della Marina Italiana, sul quale era stata eseguita precedentemente una conveniente serie di determinazioni magnetiche dirette. Il modello in prova è visibile nelle figure 1 e 2.

La semplificazione introdotta nel disegno dello scafo è veramente ragguardevole, in quanto la riproduzione in scala è stata limitata alle strutture esterne (guscio e sovrastrutture fondamentali) e ad un solo ponte intermedio, mentre le compartimentazioni trasversali sono state ridotte a cinque soltanto e si è evitata la riproduzione del materiale interno (macchinario, caldaie, e simili).

Inoltre si è ricorsi ad un'ulteriore e altrettanto fondamentale semplificazione nella scelta del materiale per il modello, decidendo di usare lamiera di ferro dolce di spessori convenienti ed in scala, anziché affrontare l'arduo tentativo di riprodurre le caratteristiche ferromagnetiche dei diversi tipi di acciaio usati nella costruzione reale.

Fig. 2. - Il modello magnetico nel laboratorio.



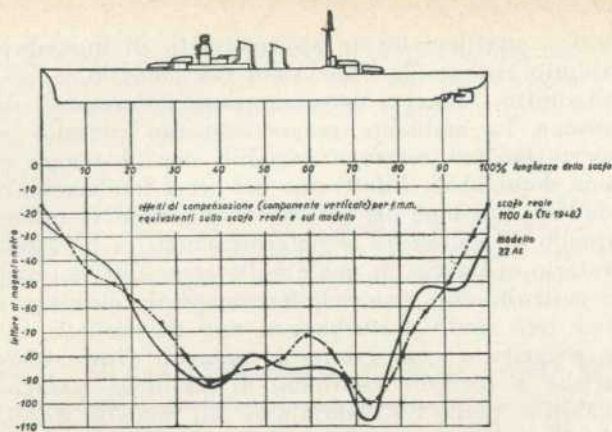
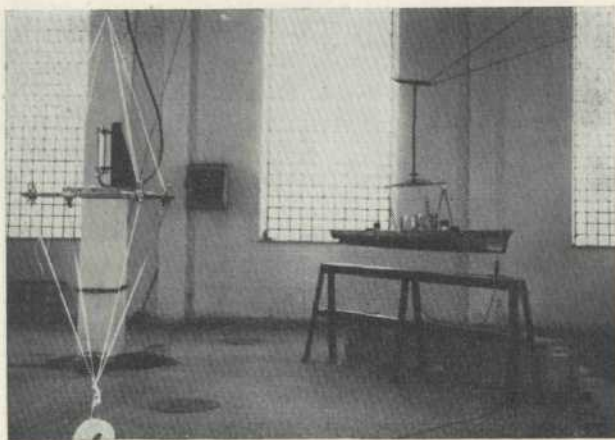


Fig. 3. - Paragone degli effetti di compenso, ottenuti con cinture simili sul modello e sullo scafo reale.

Le considerazioni fisiche sugli effetti perturbatori e sui corrispondenti effetti di compenso, basate sulla previsione della configurazione delle linee di flusso derivante dall'anisotropia costituita, con le ammesse semplificazioni, dalla presenza del modello e rispettivamente dello scafo reale nello spazio esaminato, hanno dimostrato di essere attendibili e sufficientemente approssimate, in base al confronto effettuato fra i risultati delle determinazioni sullo scafo reale e sul modello in scala.

Il criterio di confronto scelto è originale, e inerita forse un cenno di illustrazione. Si è detto che il materiale adottato per la costruzione dello scafo-modello è ferro dolce esclusivamente, e pertanto lo scafo-modello doveva risultare ed è risultato praticamente privo di magnetizzazione permanente, contrariamente a ciò che si verifica per lo scafo reale, costituito in acciai diversi, di relativamente elevata magnetizzazione puramente casuale. È immediato prevedere da ciò che il diagramma di perturbazione determinato per una qualsiasi componente del campo, per esempio, lungo un'orizzontale a una certa quota sotto la chiglia, risulterà diverso rispettivamente per lo scafo reale e per il modello in scala.

Fig. 4. - I due elementi sensibili del magnetometro in laboratorio: in primo piano, l'elemento di riferimento; sotto lo scafo, l'elemento rilevatore. Fig. 5.



Per contro, se la distribuzione di anisotropia magnetica nello spazio è in scala la medesima, nei riguardi della variazione di permeabilità incontrata dalle linee di flusso che attraversano lo scafo, gli effetti su una determinata componente del campo rilevati per esempio lungo orizzontali a quote corrispondenti in scala sotto la chiglia rispettivamente del modello e dello scafo reale, dovranno risultare gli stessi se sono causati da un medesimo campo esterno. Poiché non risulta praticamente possibile procedere alla separazione degli effetti dovuti al campo magnetico terrestre da quelli dovuti alla magnetizzazione propria nel caso dello scafo reale, si è proceduto al confronto ed

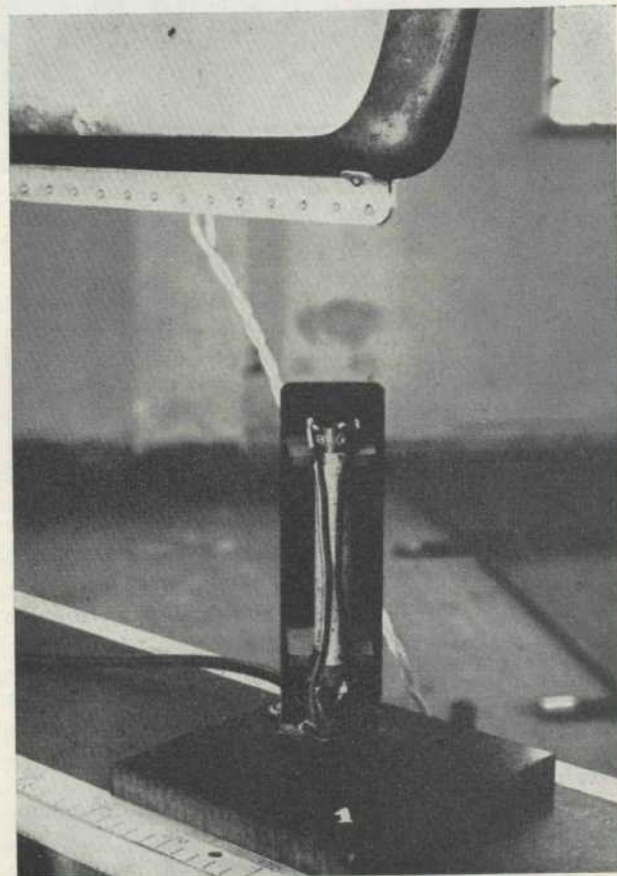


Fig. 5. - L'elemento sensibile in posizione di utilizzazione sotto il modello magnetico.

alla verifica dell'attendibilità della similitudine magnetica del modello considerando i soli effetti prodotti rispettivamente sullo scafo reale e sul modello da distribuzioni corrispondenti in scala di cinture compensatrici convenientemente alimentate. Il risultato positivo del confronto è riportato nel diagramma della figura 2, nel quale in ascissa è riportata la lunghezza dello scafo, e in ordinata la variazione della componente verticale del campo determinato punto per punto, a quota costante, a seconda che le cinture compensatrici sono alimentate, oppure no. Le quote di rilievo rispettivamente per lo scafo reale e per il modello, come

le forze magnetomotrici agenti nelle cinture rispettive, sono naturalmente in scala.

La considerazione acquisita della validità lineare degli effetti consente quindi di calcolare e sperimentare sul modello una distribuzione di cinture, delle quali si è in grado di rilevare immediatamente gli effetti, perseguendo il risultato di ottenere un diagramma di compensazione che riproduca — nei limiti di un'approssimazione accettabile — il diagramma di perturbazione rilevato direttamente sullo scafo reale, con il segno opposto. Questo calcolo risulta effettuabile quindi indipendentemente dal diagramma di perturbazione proprio del modello, il quale, se si fa uso di un magnetometro differenziale per le determinazioni sperimentali, non è neppure necessario rilevare.

Il magnetometro appositamente approntato per questa ricerca è appunto del tipo differenziale, e basato sul noto principio della duplicazione di frequenza, di cui, per una coincidenza qui del tutto fortuita ma mirabilmente significativa, lo stesso prof. Vallauri si è occupato magistralmente parecchi anni or sono, prospettandone applicazioni di pratico interesse pur in campo diverso.

Gli elementi rivelatori del magnetometro sono due, connessi elettricamente in opposizione e disposti a conveniente mutua distanza nel laboratorio, in modo che entrambi sono sensibili alle perturbazioni accidentali estranee che praticamente li interessano allo stesso modo, data la loro relativa-

mente piccola distanza mutua, mentre uno solo è sensibile alle perturbazioni causate dal modello, poichè si trova nelle sue immediate vicinanze. La connessione elettrica dei due rivelatori fra loro fa sì che allo strumento indicatore compaia soltanto la perturbazione che interessa uno solo dei due elementi, e cioè quello opportunamente disposto in prossimità del modello.

Nella fotografia della figura 4 è visibile la disposizione dei magnetometri nella sala modelli; nella fotografia di figura 5 è rappresentato uno degli elementi sensibili (quello in prossimità del modello).

I risultati di questa ricerca sono stati utilizzati per un progetto reale, ed hanno consentito un risparmio di tempo e di spesa per le determinazioni preliminari del progetto stesso, che certamente compensa la costruzione del modello in scala. Sono inoltre valsi a comprovare per la prima volta nel nostro paese l'attuabilità dell'applicazione conveniente nei modelli magnetici, e hanno dato modo di concretare un dispositivo di misura, che consente di alleggerire fondamentalmente e nella massima misura desiderabile le condizioni necessarie per il funzionamento di un laboratorio per determinazioni magnetiche di compensazione.

Sergio Bruno Toniolo

Torino - Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris.

a Giancarlo Vallauri

Sistemi assorbenti del suono con risuonatori senza collo

Si riferisce su alcune ricerche effettuate su rivestimenti per assorbimento delle onde sonore, attuati mediante una piastra metallica sottile e forata, posta ad una distanza precalcolata dalla parete. Analogamente a quanto accade con piastre forate di notevole spessore, si realizzano anche con le piastre sottili una serie di risuonatori di Helmholtz, coi quali si possono ottenere elevati valori dell'assorbimento, seppur limitati ad una banda ristretta di frequenze. La frequenza di risonanza misurata viene confrontata con la frequenza di risonanza prevista dalle formule.

1. - I rivestimenti acustici assorbenti, attuati mediante sistemi di risuonatori, vanno acquistando ogni giorno maggiore importanza per le loro peculiari caratteristiche: un elevato valore di assorbimento per una gamma di frequenza assai ristretta. Essi sono generalmente attuati mediante pannelli situati ad una distanza precalcolata dalla parete, sui quali sono praticati fori di sezione circolare od altra forma (il che non altera il principio di funzionamento).

Il tipo di pannello più frequentemente utilizzato è quello avente uno spessore generalmente non inferiore al mezzo centimetro e più spesso superiore al centimetro. In tal modo il risuonatore che si realizza è molto simile al classico risuonatore di Helmholtz, in quanto vi sono una cavità costituita da una porzione di intercapedine ed un collo formato dal foro praticato nel pannello. Questo tipo di rivestimento è stato, soprattutto in questi ultimi anni, oggetto di numerose ricerche, in modo che tale

sistema per assorbire i suoni è ormai assai ben noto non soltanto qualitativamente ma anche quantitativamente.

Per contro, poco o punto utilizzato ed altrettanto poco noto è il rivestimento attuato mediante una piastra forata di piccolo spessore. Si realizza così un sistema di risuonatori senza collo, con il quale come nell'altro caso si ottengono assorbimenti molto notevoli delle onde sonore.

La teoria, che non si scosta in nulla da quella relativa al risuonatore con collo, porta a scrivere per la frequenza di risonanza del risuonatore senza collo la formula ben nota:

$$[1] \quad f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{2a}{V}}$$

dove c è la velocità del suono, a il raggio della bocca del risuonatore supposta circolare, e V il volume