

ISTITUTO NAZIONALE PER STUDI ED ESPERIENZE DI ARCHITETTURA NAVALE

Istituito con D.L. 23 giugno 1927, n. 1429 modificato con D.L. 24 maggio 1946, n. 530

ROMA

L'ACQUISIZIONE E LA PRE-ELABORAZIONE DEI DATI NELLE
PROVE DI RIMORCHIO SU MODELLI DI BARCHE A VELA

N. CANTISANO, R. PETTINELLI

Diffusione:		L'ACQUISIZIONE E LA PRE-ELABORAZIONE DEI DATI NELLE PROVE DI RIMORCHIO SU MODELLI DI BARCHE A VELA
<i>Interna</i>	<input type="checkbox"/> <i>Internal only</i>	Autore/i <i>N. Cantisano, R. Pettinelli</i>
<i>Libera</i>	<input checked="" type="checkbox"/> <i>Unlimited</i>	
<i>Riservata</i>	<input type="checkbox"/> <i>Restricted</i>	
<i>Classificata</i>	<input type="checkbox"/> <i>Classified</i>	
Codice Distribuzione	<u>1-2</u> n° pagg. <u>30</u>	Direttore Generale <i>[Signature]</i>
Incaricato Sicurezza	<i>[Signature]</i>	Presidente <i>[Signature]</i>
		PROGRAMMA RICERCHE 1988 - 90 Rapporto 1990-31

P R E M E S S A

Lavoro svolto nell'ambito del **PROGRAMMA RICERCHE INSEAN 1988-90**, finanziato dal **MINISTERO DEI TRASPORTI E DELLA NAVIGAZIONE** con legge n. 234 del 14 giugno 1989.

In particolare il lavoro rientra nel *Progetto Strategico*:

**"SVILUPPO DI PIU' AVANZATE TECNICHE E METODI DI
SPERIMENTAZIONE SU MODELLI"**

Sottoprogetto n. 4.3:

**"NUOVA METODOLOGIA DI SPERIMENTAZIONE DI MODELLI DI
NAVI A PROPULSIONE EOLICA"**

attuato sotto la supervisione del Direttore del Progetto **Ing. Paolo REALI**.

Rapporto 1990-31

INTRODUZIONE

Questa relazione è la descrizione del lavoro effettuato dall'ing. N. Cantisano e dalla dott.ssa R. Pettinelli nell'ambito della Ricerca 4.3 dal titolo "Nuova metodologia di sperimentazione di modelli di navi a propulsione eolica", del Programma Ricerche INSEAN 1988-1990.

Nel primo capitolo si danno cenni sul sistema di acquisizione ed elaborazione delle esperienze nei bacini rettilinei dell'INSEAN che era in essere prima del presente lavoro.

Nel secondo capitolo si descrivono più dettagliatamente tutte le modifiche, gli aggiornamenti e gli ampliamenti che si sono resi necessari in base all'esperienza realizzata in 4 anni di funzionamento del sistema di acquisizione.

Nel terzo capitolo si discutono le modifiche apportate al software e alle procedure nonché gli ampliamenti del sistema di acquisizione, necessari a causa delle problematiche incontrate per le particolari esperienze su navi a propulsione eolica con carattere di riservatezza.

Si ritiene opportuno precisare che essendo il sistema di acquisizione ed elaborazione dati un sistema complesso e multidisciplinare, gli autori, hanno seguito in generale ogni fase ma hanno particolarmente curato rispettivamente l'aspetto del condizionamento hardware dei segnali elettrici provenienti dai trasduttori e la loro acquisizione sul computer di bordo (Ing. Cantisano) ed il pretrattamento e la preelaborazione dei dati fino ai grafici ed alla relazione finale (dott. Pettinelli).

CAPITOLO I

DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI INSEAN

(N. Cantisano, R. Pettinelli)

Nel 1984, stava entrando in funzione in Istituto un sistema denominato SMAEC (Sistema di Misura, Acquisizione, Elaborazione e Controllo) precedentemente progettato e realizzato, e del quale si dà nel seguito una breve descrizione.

Le imbarcazioni sotto prova sono allestite con svariati trasduttori (celle di carico, dinamometri, ponti estensimetrici, potenziometri lineari ed angolari, bilance ad una o più componenti, ecc.) in relazione alle grandezze fisiche che si vogliono misurare.

Nella maggior parte dei casi, in prossimità dei trasduttori è stata realizzata in Istituto un'elettronica che permette l'alimentazione elettrica degli stessi e l'amplificazione, il filtraggio e la conversione in frequenza di qualsiasi segnale misurato.

Con questo sistema si è standardizzata la risposta di qualunque canale di misura in un segnale elettrico a tensione fissa e frequenza variabile proporzionalmente alle sollecitazioni ricevute e si è immunizzato il canale dal forte rumore di origine elettromagnetica di cui l'ambiente dell'INSEAN è pervaso.

A bordo dei carri è presente l'elettronica di primo condizionamento, che raccoglie i segnali elettrici provenienti dai trasduttori e dai circuiti associati e ne cura la conversione in tensione, lo spostamento in continua per un eventuale azzeramento di precarichi, l'amplificazione ed il filtraggio.

Tutti questi segnali analogici vengono raccolti da un data logger (NEFF). Inoltre vengono visualizzati e stampati a bordo in forma numerica grazie a vari strumenti (frequenzimetri digitali) anch'essi realizzati in Istituto e denominati SD4NB.

Fanno da corollario indispensabile alla corretta esecuzione delle prove altri strumenti commerciali quali registratori a carta e magnetici, oscilloscopi e voltmetri.

Durante il tempo di acquisizione il NEFF di bordo trasmette a terra, in

tempo reale e attraverso un link laser, le misure campionate di tutti i segnali prescelti (rilievo) ad un altro NEFF gestito da un minicomputer NOVA 4X della Data General.

Nella sala controllo, a terra, è possibile avere duplicate su voltmetri in forma numerica ed in tempo reale alcune misure caratteristiche della prova in esecuzione.

Al termine della acquisizione il computer di gestione invia al computer centrale dell'Istituto (VAX 11/750) alcune informazioni caratteristiche della prova e tutte le misure campionate nel tempo in files denominati CccccSsss.Rrr (dove "cccc" è il numero della carena, "sss" il numero della serie e "rr" il numero progressivo del rilievo).

Tutti i programmi di elaborazione sono infatti residenti sul VAX.

Su di esso è stato organizzato un complesso sistema nel quale è integrato tutto il software riguardante l'elaborazione delle esperienze eseguite in Vasca e i dati ad esse relativi.

Il VAX è stato collegato in rete, in tempi più recenti, ad alcuni personal, tramite i quali possono essere riversati i dati, e dispone di tutte le periferiche necessarie per la presentazione dei risultati.

Una volta che i files CccccSsss.Rrr sono disponibili sul Vax, essi devono subire una serie di pretrattamenti per poter essere elaborati. Alcuni di questi sono indipendenti dal tipo di prova che ha generato i dati, altri sono invece da essa strettamente legati.

Inizialmente, i dati contenuti nel file CccccSsss.Rrr, che come già accennato vengono campionati durante l'acquisizione di un rilievo, devono essere mediati in modo da avere, per ogni diverso segnale acquisito, un solo valore relativo alla variabile indipendente che generalmente è la velocità di prova, cioè al variare da un rilievo all'altro di una sola condizione sperimentale.

Se necessario alcune di queste grandezze possono essere depurate di un valore di taratura.

Il file prodotto al termine del pretrattamento dei dati contiene i valori medi e le deviazioni standard per tutte le grandezze e per tutti i rilievi eseguiti durante una serie.

Esso viene letto dai programmi detti di preelaborazione, specifici del tipo

di esperienza.

Questi programmi sono generalmente piuttosto complessi perchè, oltre a riordinare i dati secondo il formato necessario all'elaborazione vera e propria, provvedono a tutta una serie di operazioni che inizialmente venivano eseguite manualmente dagli sperimentatori.

Esse sono, per esempio, l'avviamento grafico e la lettura delle curve, l'eliminazione di punti, l'interpolazione dei dati secondo particolari funzioni, la graficizzazione di risultati intermedi o preliminari ecc.

In particolare per grandi quantità di dati, come quelli derivanti da esperienze di scia (assiale o tridimensionale), che sono acquisiti rapidamente in modo automatico, essi eseguono delle operazioni di decodifica che in modalità manuale sarebbero tanto complicate da vanificare la velocità di esecuzione delle prove.

A questo punto i dati sono in forma definitiva, pronti per essere elaborati e per produrre, oltre ai tabulati con i risultati, tutti i grafici necessari per una immediata e profonda comprensione dei fenomeni.

Dato l'elevato numero di grandezze che possono essere acquisite ed elaborate contemporaneamente, particolare cura è stata posta ai controlli di funzionamento.

A bordo dei carri è stato realizzato un generatore di frequenze campione per il controllo dei convertitori F/V e dei frequenzimetri digitali: grazie a questi ultimi è possibile tener sotto controllo eventuali derive della frequenza di zero dei trasduttori con associati i circuiti V/F.

In sala controllo è possibile effettuare, seppur con qualche difficoltà, un test hardware della sezione analogica del Neff e lanciare un programma al NOVA per un controllo del NEFF attraverso il software.

Attraverso il VAX infine, e su rilievi già pretrattati, si possono fare dei controlli automatici (per confronto o verifica) su canali diversi che misurano la stessa grandezza elettrica, su canali di cui una grandezza è la derivata della seconda e su canali di riferimento a cui è stata posta una tensione estremamente precisa e stabile nel tempo.

E' stato utile anche avere la possibilità di graficare le grandezze nel dominio del tempo su video terminale grafico per giudicare a colpo d'occhio

la bontà della misura, ma ovviamente il controllo finale, interpretando le misure dal punto di vista *navale* da parte degli specialisti del settore, è sicuramente il miglior test possibile.

CAPITOLO II

DESCRIZIONE DELLE MODIFICHE ED AMPLIAMENTI DEL SAD

(N. Cantisano)

Per cercare soluzioni atte a migliorare il sistema esistente in Istituto bisogna aver ben presenti suoi pregi e difetti.

Occorre inoltre saper scindere i problemi legati ad un suo primo, saltuario e non ben organizzato utilizzo, nonché quelli legati allo stato di non completezza dell'impianto (soprattutto dal punto di vista "software") dalle difficoltà di natura intrinseca al sistema così come è stato concepito e realizzato nel corso degli anni.

Note a merito del sistema :

a) *Sistema unico, omnicomprensivo.* In teoria qualunque esperienza si desidera esperire, che abbia il numero di grandezze da misurare entro il massimo accettabile del sistema si può condurre dopo aver soltanto generato il file con l'accoppiamento tra i canali di ingresso, di uscita e di memorizzazione.

b) *Standardizzazione.* Le operazioni che gli sperimentatori devono compiere allo S.M.A.E.C. sono grosso modo identiche per qualunque tipo di prova. Gli output intermedi e finali sono codificati ed indipendenti dall'operatore all'elaborazione.

c) *Controllo locale.* Lo S.M.A.E.C. è completato con un sistema locale (SD4NB e CLOCK) perfettamente integrato che permette un controllo od una miniacquisizione indipendente, su carta, di segnali di origine comune ma di forma, campionamento, filtratura e media diversa.

d) *Tempo reale.* Gli operatori in sala controllo possono controllare l'insieme dell'esperienza in tempo quasi reale su videoterminale grafico; a loro scelta possono indagare su qualunque grandezza acquisita in forma numerica, statistica od in funzione del tempo.

Per contro i difetti maggiormente riscontrati :

a) *Movimento carri.* Per come è organizzato il software di controllo dell'esperienza non si possono acquisire e memorizzare i dati relativi ad

esperienze che si svolgono contemporaneamente su i 2 bacini. Tutto ciò porta a pesanti ed ingiustificati ritardi nell'esecuzione delle diverse corse dei carri e ad un onere organizzativo maggiore.

b) *Tempo quasi reale.* Il tempo di arrivo del "punto di misura" all'operatore al videoterminale grafico dall'istante di "fine acquisizione" è allungato dalla scarsa velocità del computer di controllo del processo Nova 4X per eseguire medie preliminari, controlli su canali di riferimento e tests vari, nonché dal dispositivo di colloquio tra Nova e Vax, il cui funzionamento è seriale a bassa velocità, e dallo stato, a volte, di alta operatività del computer centrale Vax. Il sistema non prevede nessun "ritorno" in tempo reale agli sperimentatori a bordo dei carri.

c) *Automatismo della misura.* Data la complessità del sistema è oneroso per gli sperimentatori controllare che in tutto il processo di misura, controllo, trasferimento ed elaborazione non avvengano errori sistematici (è molto complesso progettare software e hardware di controllo automatico; è dispendioso in termini di tempo inserire tests automatici sempre operativi). Il lavoro degli sperimentatori a bordo ed al terminale Nova è depauperato dell'attività tipica dello sperimentatore a diretto contatto con la misura fisica e, se da una parte richiede una preparazione ed una specificità elevata, dall'altra la loro attività è in pratica ridotta ad operatori di macchine.

d) *Esperienze di lunga durata.* Il sistema al momento della modifica non prevede acquisizioni con relative memorizzazioni più lunghe di 4 minuti primi a 67 ms di periodo di campionamento. Soluzioni alternative erano state oggetto di studio di fattibilità (memorizzazione su nastro) e mai realizzate.

e) *MTBF.* Nei primi anni di utilizzo dello SMAEC si è resa possibile una prima statistica sugli interventi di malfunzionamento del sistema.

Come in tutti gli apparati nuovi la media del mtbf è stata molto bassa; se avesse dovuto restare su quei livelli, per garantire la regolarità di esercizio, si sarebbe reso necessario, almeno, stipulare contratti di pronto intervento.

f) *Obsolescenza.* Il nostro sistema essendo nato svariati anni fa soffre dell'obsolescenza di tutti gli apparati elettronici ed in particolare di quella estremamente rapida del mondo degli elaboratori. La situazione è particolar-

mente grave per le stampanti degli SD4NB e per il computer Nova con i suoi periferici e incominciava a manifestarsi per il Neff.

Premettendo che non esistono soluzioni ottime, le quali, senza spesa, permettono di annullare tutti i difetti pur conservando tutti i relativi pregi del sistema si sono prese in considerazione diverse soluzioni migliorative possibili.

Una soluzione poteva essere acquistare un altro computer NOVA ed un altro NEFF da porre a terra per portare di fatto ad una perfetta duplicazione delle funzioni relative ai 2 carri (avrebbe risolto il problema della simultaneità delle corse ma non quello dell'obsolescenza), oppure di far controllare il secondo NEFF direttamente al VAX con, però, l'onere della riscrittura di tutto il software di controllo.

Si è optato, invece, per una una soluzione totalmente nuova in termini e tecnologici e procedurali.

Al vecchio Sistema si affianca, a bordo dei carri, un sistema di acquisizione gestito da P.C., enormemente semplificato ma dall'aspetto funzionale quasi identico a quello preesistente. Si conserva il sistema presente nel periodo di transizione necessario per la sua completa sostituzione, per lo più per l'esecuzione di prove speciali dove il numero dei canali debba essere elevatissimo.

Si conservano, invece, il software e le procedure per l'elaborazione vera e propria, residenti sul computer centrale VAX, trasferendo allo stesso i dati in formato opportuno attraverso media magnetico e i PC ad esso collegati o, eventualmente in futuro, attraverso il link laser presente nei bacini o con ponte radio (potendo ottenere il tempo quasi reale al Vax).

Con questa soluzione si risolve senz'altro il problema della movimentazione separata dei 2 carri, si dà un'idea a bordo ed in tempo reale dell'andamento della prova restituendo autonomia al lavoro degli sperimentatori, si allunga la durata della memorizzazione e, avendo un sistema di concezione più moderna e più semplificato, si allungano i tempi di obsolescenza e di intervento di manutenzione e riparazione.

Realizzando programmi adeguati al P.C. la standardizzazione nell'esecuzione di esperienze non avrebbe subito modificazioni.

Il sistema non è più unico ed omnicomprensivo avendo ora a disposizione 3 modi per intervenire nell'acquisizione: manuale su carta, locale e remota.

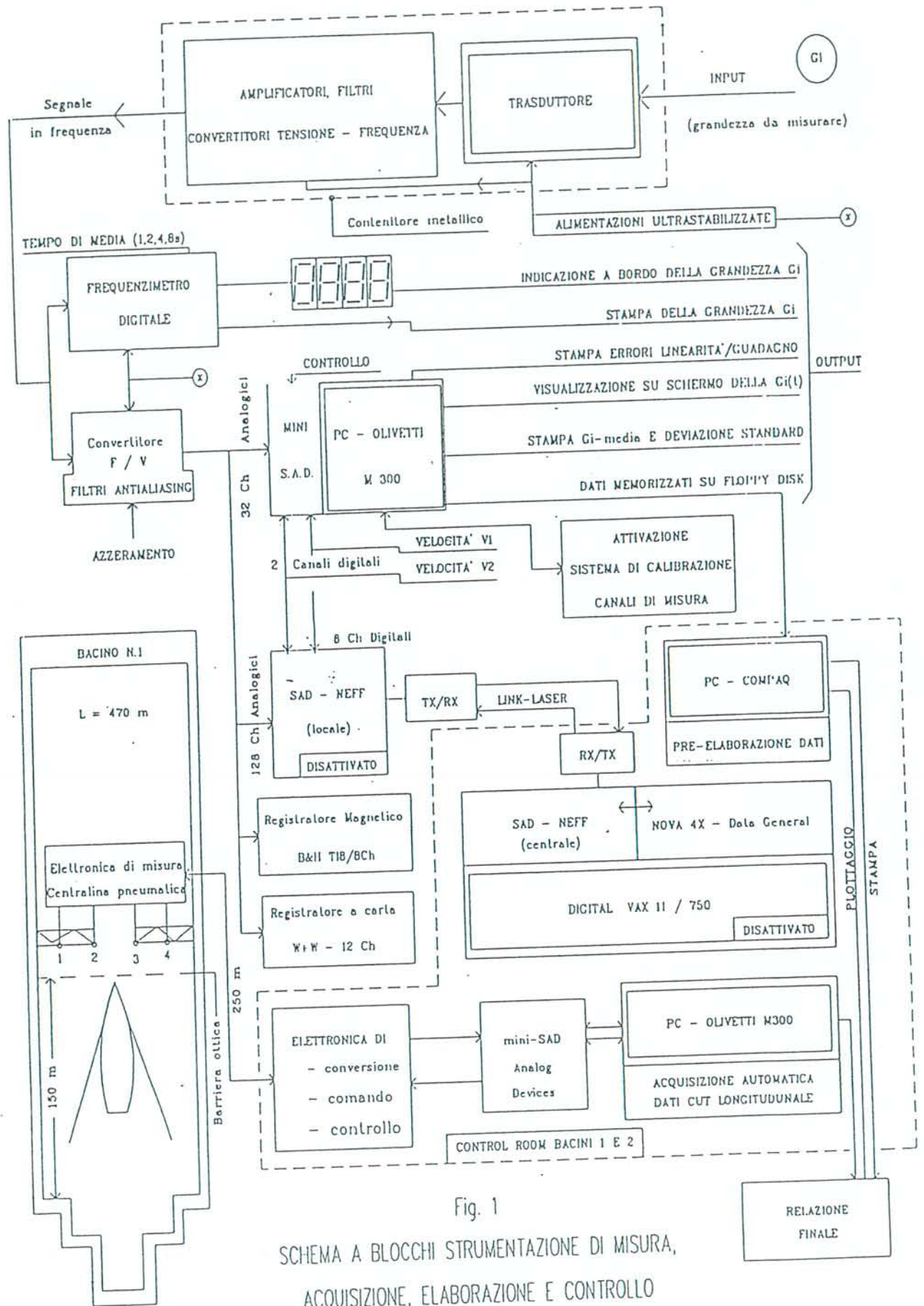


Fig. 1

SCHEMA A BLOCCHI STRUMENTAZIONE DI MISURA, ACQUISIZIONE, ELABORAZIONE E CONTROLLO

Questa soluzione prevede l'acquisto di schede di acquisizione analogica per P.C. (tipo Analog RTI800), peraltro molto diffuse ed economiche, l'installazione a bordo dei carri di un P.C. industriale, l'esecuzione dei cablaggi necessari e la scrittura di programmi di acquisizione, gestione e complementari.

La scrittura dei programmi di acquisizione è notevolmente semplificata e la modifica ai cablaggi esistenti è minima dato che bisogna solo parallelare gli ingressi analogici del NEFF con gli ingressi delle schede RTI.

Le specifiche tecniche dello hardware di acquisizione usato:

Numero di canali di ingresso anal.: 32 - (esp. a 64).

Numero di canali di uscita anal. : 4 - (esp. a 8).

Numero di linee di I/O digitali : 72.

Tipo di I/O analogico : single-ended.

Tipo di I/O digitale : TTL

Risoluzione A/D e D/A : 12 bit.

Range A/D : $\pm 5V$ (mod. ± 5.12).

Range D/A : $\pm 5V$

Codice di input e output : complemento a 2.

Tempo di conversione A/D : 25 μs .

Tempo di assestamento D/A : 20 μs .

Precisione : 0.025%

Linearità : ± 1 bit.

Massimo livello di ingresso : $\pm 35V$ (20V non al.)

Protezione sull'uscita anal. : corto circuito continuo

Dopo aver esaminato l'hardware necessario, occorre un software di base che permetta di controllare il funzionamento delle schede precedentemente descritte.

Si è scelto un linguaggio di programmazione ad alto livello, il Turbo Pascal della Borland, che, abbinato all'assembler del microcomputer del personal computer (l'Intel 80286), permette un buon compromesso tra la

semplicità di analisi, programmazione ed implementazione su PC e diretto controllo sullo hardware della macchina.

Sono state realizzate quindi routine che permettono la programmazione dei convertitori digitali-analogici, la programmazione del multiplexer, il controllo della conversione analogica-digitale e la manipolazione dei segnali digitali di ingresso e di uscita. Tutte queste procedure, oltre ai loro normali compiti, sono in grado di diagnosticare eventuali difetti dell'hardware che controllano, segnalando eventuali anomalie sul video del personal, eventualmente interrompendo il programma esecutivo.

Anche senza entrare nei dettagli tecnici, inessenziali ai fini di questa descrizione, vorremmo citare l'utilizzo di particolari tecniche di programmazione per risolvere due aspetti problematici del software di acquisizione: 1) l'uso di un interrupt hardware e relativo software in assembler per la precisione del periodo di campionamento; 2) l'utilizzo del disco virtuale per la memorizzazione veloce ed in tempo reale dei dati acquisiti.

	PROGRAMMA	SELEZIONE	PROVE
1	BALBO	ELICA SOLATA - 1 QUADRANTE	30-01-89
2	RINGS	RIMORCHIO	30-01-89
3	ARIGCONT	AUTOPROPULSIONE 1 ASSE - METODO CONTINENTALE	30-01-89
4	APZCIGONT	AUTOPROPULSIONE 2 ASSE - METODO CONTINENTALE	30-01-89
5	APAGIGONT	AUTOPROPULSIONE 4 ASSE - METODO CONTINENTALE	30-01-89
6	SOIAPG	SCIALOSSIALE - SPACCHIAMENTO AUTOMATICO	30-01-89
7	SCIAIDG	SCIALTRIDIMENSIONALE CON BIOTERAPIA	30-01-89
8	RINSIC	RIMORCHIO SOMMERSIBILE	30-01-89
9	APSMG	AUTOPROPULSIONE SOMMERSIBILE	30-01-89
10	PROPIS	PROPULSORE AZIMUTALE SOLATO	03-11-89
11	PRESDOC	RITRACCIA PRESSIONI NELLA PRESA DINAMICA	22-11-89
12	BSU	BARCHETTA VELA - TENDI CARA	22-12-89

Numero d'ordine della prova (0=fine | 1-12)

fig. 2

Specifiche tecniche del software:

Il software di acquisizione (programma SAD) deve permettere la scelta dell'esperienza in esecuzione tra una libreria di prove codificate e memorizzate sullo hard disk del PC (figura 2).

Attraverso questa scelta il P.C. è in grado di acquisire soltanto i canali di misura richiesti per la prova specifica e, attraverso un coefficiente di calibrazione memorizzato, tradurli in grandezze fisiche.

Occorre anche, ma solo per alcuni canali di misura il cui trasduttore impiegato può cambiare nel corso della prova, essere in grado di modificare velocemente fondoscala e coefficiente di calibrazione (figura 3).

PROCEDURA		SETUP	PROVA			
329	11A861	EV1	1000E+01	1000E+01	1000E+01	R8
331	11A863	EV2	2000E+02	2000E+02	5000E+01	R8
271	11A883	EV1C	2000E+02	2000E+02	5000E+01	R8
272	11A884	EV2C	2000E+02	2000E+02	5000E+01	R8
315	11A847	EV1	6000E+00	2000E+02	5000E+01	R8

Set up del canale? (0 = fine)

fig. 3

A differenza dell'operatività con il sistema SMAEC, data l'estrema importanza, la creazione e l'aggiornamento della libreria delle prove è stata demandata al laboratorio elettronico che, di concerto con il reparto allestimento e

con l'indispensabile contributo dei supervisori delle esperienze, definisce canali da acquisire, fondoscala, coefficienti di calibrazione, canali di riferimento e di controllo e periodo di campionamento.

L'operatore deve comunicare al programma di acquisizione quanti rilievi deve effettuare durante una corsa del carro ed il numero della carena e della serie, perchè alla fine le misure nel tempo sono memorizzate nei files cccc-Ssss.Rrr perfettamente compatibili con quelli generati con il vecchio sistema al NOVA (se si eccettua solo la caduta del primo carattere "C" dal nome) e pronti per essere trasferiti ed interpretati dal VAX.

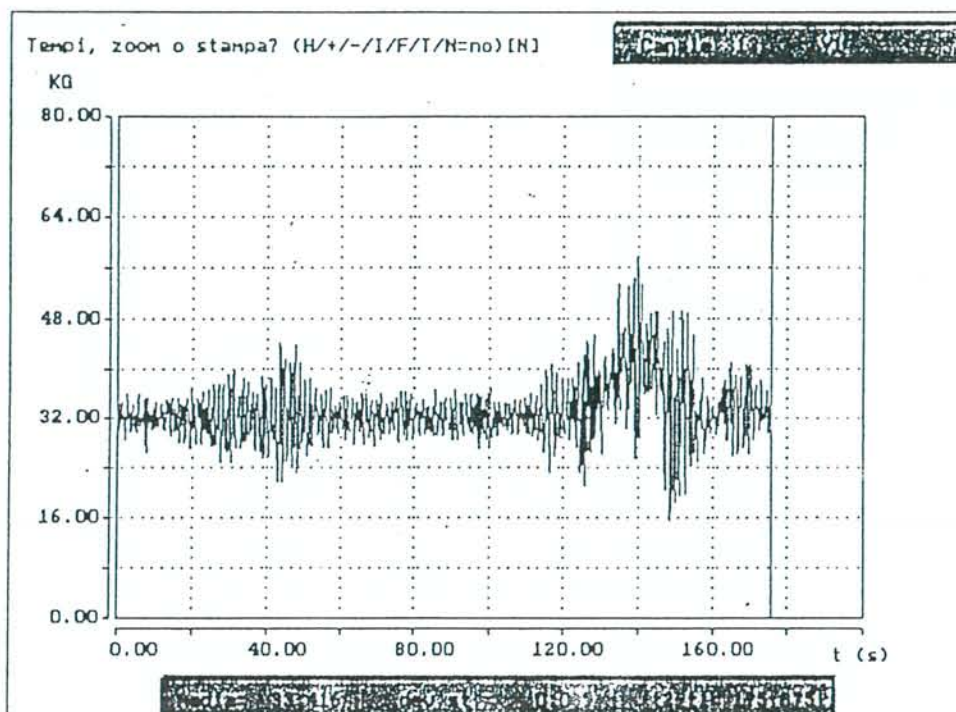


fig. 4

Una novità rispetto al sistema precedentemente in uso è la possibilità di visualizzare tutti i canali di misura nel dominio del tempo sul monitor del personal computer (o su stampante: figura 4) alla fine della corsa (programma SAD o, off line, programma DISPLAY), con la possibilità di effettuare degli zoom sull'immagine o dei tagli sui punti acquisiti ed avere per ogni operazio-

nè in tempo reale l'indicazione del valor medio e della deviazione standard (stampati per ogni canale alla fine del rilievo, cfr. fig. 5).

Questo realizza il "ritorno in tempo reale" dei rilievi a bordo di cui il precedente sistema era carente.

Sullo stesso PC di bordo sono residenti ulteriori programmi sviluppati non specificatamente per le prove sulle barche a vela, come per esempio un programma in grado automaticamente di capire se un rilievo è relativo ad una prova di scia e nel caso dividere il rilievo unico acquisito in tanti sottorilievi per quante volte si è cambiato il canale di misura abbinato ad uno dei tubi di Pitot del pettine utilizzato.

PROGRAMMA DI VISUALIZZAZIONE DEI DATI					
CAN. 329	FY1	=	0,86250	± 0,00000	KG (f.s. = 75)
CAN. 331	FY2	=	0,25000	± 0,00000	KG (f.s. = 250)
CAN. 271	FY1C	=	2,25000	± 0,00000	KG (f.s. = 250)
CAN. 272	FY2C	=	2,37500	± 0,00000	KG (f.s. = 250)
CAN. 341	DIW1	=	0,12500	± 0,00000	KG (f.s. = 50)
CAN. 343	DIW2	=	0,15000	± 0,00000	KG (f.s. = 50)
CAN. 315	FI	=	0,07500	± 0,00000	KG (f.s. = 250)
CAN. 316	FC	=	0,64000	± 0,00000	KG (f.s. = 10)
CAN. 281	FTY	=	0,10000	± 0,00000	KG (f.s. = 10)
CAN. 282	FTZ	=	0,10500	± 0,00000	KG (f.s. = 10)
CAN. 345	TETHA	=	0,02250	± 0,00000	GRADI (f.s. = 5)
CAN. 347	SPHI	=	0,25000	± 0,00000	CENT. (f.s. = 50)
CAN. 313	H1	=	2,75000	± 0,00000	MM (f.s. = 500)
CAN. 314	H2	=	3,00000	± 0,00000	MM (f.s. = 500)
CAN. 325	XB	=	6,50000	± 0,00000	MM (f.s. = 1000)
CAN. 326	YB	=	7,00000	± 0,00000	MM (f.s. = 1000)

Premere ← per continuare

fig. 5

CAPITOLO III

INTERVENTI SUL S.A.D. SPECIFICI PER LE ESPERIENZE SU MODELLI DI NAVI A PROPULSIONE EOLICA.

(N. Cantisano)

La specificità delle prove sulle barche a vela ci ha costretti ad ampliare il sistema e rivedere l'aspetto procedurale per quanto riguarda il trattamento dei dati.

L'acquisizione di canali supplementari per la misura del cut longitudinale, dislocati non più a bordo del modello ma lungo il bacino, ci ha invogliati ad affiancare al sistema SAD locale un altro sistema ad esso strettamente collegato ma posto in control room.

Si è inoltre sviluppato del software per la conversione del formato dei dati in forma più comprensibile dal momento che tali dati vengono esaminati da ricercatori esterni all'Istituto.

Per tener conto dell'effettivo punto di applicazione della spinta del vento (che si presume molto in alto) durante le prove occorre ora anche presentare in tempo reale il risultato di alcuni calcoli tra le grandezze in corso di acquisizione per permettere agli sperimentatori di effettuare le opportune manovre durante la corsa del carro.

A causa dell'estrema importanza che la precisione delle misure ha in una ricerca in cui si sperimentano modelli di serie sistematiche estremamente poco diversi l'uno dall'altro, si è implementato il software di acquisizione in modo da tenere conto delle leggere diversità dei canali di misura in guadagno ed offset.

La segretezza dei dati acquisiti ha sconsigliato l'uso del computer centrale VAX (accessibile a più utenti) per cui il software di elaborazione è stato in parte adattato ma per la maggior parte riprogettato completamente per essere utilizzato su personal computer in ambiente MS-DOS.

Sempre per tutelare la riservatezza dei dati si è scissa la fase di acquisizione da quella di elaborazione; ciò ha portato a bordo l'impossibilità di verificare

l'attendibilità dei dati attraverso considerazioni idrodinamiche e ci ha spinti a sviluppare procedure automatiche di test e di controllo giornaliero sui canali di misura.

Approfondiremo questi aspetti qui di seguito.

III.1 Cut Longitudinale

Il taglio d'onda longitudinale viene rilevato con 4 sonde a conduttanza variabile immerse per metà in acqua e disposte come in figura 6.

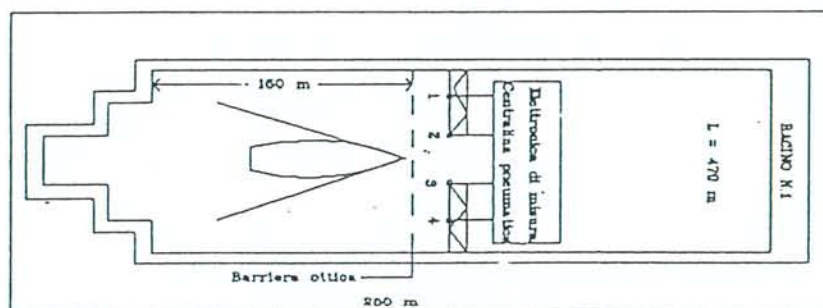


fig. 6

L'ampiezza massima dell'onda misurabile è di ± 25 cm. (si ipotizza un taglio in frequenza a 2-3 Hz).

Il periodo di campionamento è di 27 ms. e vengono acquisiti 1000 campioni dopo il segnale di start determinato dalla barriera ottica (cfr. figura 6).

I dati vengono forniti alla società richiedente in files su floppy disk in formato ASCII (figura 7).

La prima riga di questi files è un'intestazione ed assume la presente forma:

[Longitudinal cut - ($T_c = 27$ ms, N. points = 1000, unit = cm)]

Le successive righe contengono i valori numerici delle 4 altezze d'onda misurate (in cm) separate da virgola; le colonne si riferiscono da sinistra a destra così come appaiono da sinistra a destra le 4 sonde se si guarda il

modello da poppa.

```
[*] 2287S002.A04 1-11
Proua = BAU - BARCHE A VELA - TENCARA
Periodo di campionamento = 30 ms
Carena = 2287 Serie = 002 Rilievo M. 4
Data (mm/gg/aaaa) = 1/28/1998 Ore 16:33:46
Canali acquisiti M. 4
Numero di campioni per canale = 1000

Dati temporali in MM di CUT.LONG 1 ( HP1 ) - SONDA ESTREMA EST
12.175
12.200
12.200
12.175
12.175
12.125
12.125
12.150
12.200
12.200
12.200
12.200
18:5
```

fig. 7

Sono stati progettati e realizzati due tralicci ancorati alla struttura in cemento armato del bacino rettilineo N° 1 che sostengono a distanza definita ciascuno 2 sonde, i cavi di collegamento ed i tubi per l'aria; due cerniere permettono lo spostamento delle strutture dai bordi del bacino fino alla posizione di lavoro.

Le sonde sono realizzate con due fili di acciaio inossidabile tesi e paralleli ai quali è inviata una tensione a basso voltaggio in corrente alternata ad alta frequenza (per evitare fenomeni di elettrolisi dell'acqua); un circuito elettronico misura la conduttanza del sistema così concepito: all'aumentare del livello dell'acqua la conducibilità aumenta e viceversa al suo diminuire in quanto per il sistema l'acqua opera come un corto circuito.

Ricerche dettagliate sono state eseguite per determinare sezione e distanza reciproca dei fili tesi nonché i materiali da usare per avere una risposta il più possibile lineare, precisa ed ad alta risoluzione.

Sebbene si usino fili d'acciaio inossidabile si è osservato che il deposito di polveri o di materiale calcareo presente nell'acqua e fenomeni di ossidazione alterano nel tempo la precisione e la linearità della risposta. Per ovviare questo è stato installato un sistema pneumatico con degli attuatori commercia-

li che consente, a prove terminate, di poter completamente immergere le sonde preservandole dai fenomeni citati. Si è sfruttato tale meccanismo anche per far una verifica immediata della risposta delle sonde.

Per il sincronismo tra l'acquisizione a bordo e l'acquisizione del taglio d'onda a terra è stato necessario usare una semplice barriera ottica che, al passaggio del carro dinamometrico in un punto ben preciso del bacino, fa partire l'acquisizione e la memorizzazione al personal di terra; il computer di bordo, dal canto suo, acquisisce gli spazi percorsi dal carro ed è quindi elementare la sovrapposizione delle misure dei due sistemi.

Il segnale elettrico proveniente dall'elettronica di misura rispetta lo standard dei canali di bordo, ovvero è un segnale ad ampiezza costante e modulato in frequenza.

Dal momento che si è deciso di installare il personal computer di acquisizione in sala controllo, è stato necessario disporre in questo luogo dei necessari comandi di accensione, di azionamento degli attuatori nonché i convertitori frequenza/tensione.

Il software di acquisizione sarebbe potuto essere pressochè identico a quello di bordo ma per risparmiare personale di controllo, il cui intervento sarebbe stato minimo poichè avrebbe dovuto soltanto fornire gli input primari (numero di carena serie e rilievo), sono state apportate alcune modifiche per rendere automatica e l'acquisizione e la memorizzazione su file. In base all'ora ed alla data dell'acquisizione di terra e di bordo, off line, un programma associa i vari rilievi.

III.2 Calcolo in tempo reale della forza verticale del vento

Una perfetta simulazione del comportamento di un'imbarcazione a vela avrebbe comportato la realizzazione in scala sia della carena che della vela e dell'albero della nave in modo da applicare su questo, trasportato dal centro di spinta velico, l'opportuna spinta del vento simulata attraverso tre forze orientate nelle tre componenti principali. Ragioni di scala e notevoli difficoltà di realizzazione ne hanno impedito l'attuazione.

L'esperienza è stata concepita in modo tale da imporre una determinata

velocità di avanzamento dell'imbarcazione ed un determinato angolo di sbandamento misurando quindi le forze laterali e la resistenza all'avanzamento che uguaglieranno a regime rispettivamente le componenti F_y ed F_x della spinta del vento.

La componente F_z è determinata perchè si conoscono, attraverso misure effettuate in corso prova, la F_y e la F_x e, per impostazione, l'angolo del vettore risultante (uguale all'angolo di sbandamento); tale componente deve essere quindi imposta.

A questo scopo si è installato a bordo un meccanismo che, mediante l'introduzione di opportuni pesi, aggiunge la componente F_z della spinta del vento.

Purtroppo non si conosce a priori la consistenza di questa forza, in quanto questa è funzione delle forze laterali che sollecitano il modello vincolato e dell'angolo di sbandamento prefissato.

Si sarebbero dovute fare alcune corse preliminari per misurare detti valori, operare la necessaria correzione e quindi ripetere il ciclo per trovare la nuova correzione da apportare, in quanto le forze laterali sono anch'esse influenzate dal dislocamento dell'imbarcazione.

E' bastato invece modificare il software che, in tempo reale ed in base alle misure istantanee, calcola il valore della correzione.

Il processo è rapidamente convergente e quindi si perde nei tentativi solo una piccola frazione della corsa del carro dinamometrico per cercare la giusta correzione e si può sfruttare tutto lo spazio restante per l'acquisizione vera e propria dei dati significativi della sperimentazione. E' stato comunque necessario operare una media esponenziale sui valori forniti, al fine di evitare fluttuazioni ampie che avrebbero sicuramente allungato il tempo di ricerca.

III.3 Taratura dei canali

Abbiamo già accennato che, per migliorare l'accuratezza delle misure, si è tenuto conto anche delle lievi differenze esistenti tra i vari canali di misura.

In questo ambito ci si è limitati ad operare una trasformazione lineare dei dati per tener conto di differenze tra guadagni di amplificazione teorici e reali nonché di spostamenti in continua dovuti alla presenza di rumore a valor medio non nullo; si è tralasciata invece la correzione dell'errore di non linearità in quanto tale errore è estremamente basso e poco significativo.

E' stato realizzato un software che guida la taratura dei canali, elabora i dati eliminando il rumore presente o misure non significative, opera una regressione lineare sui punti di misura, memorizza il risultato delle tarature producendo anche un report su carta (figura 8) ai fini statistici e, quindi al momento dell'acquisizione tiene conto dei fattori moltiplicativi ed additivi rilevati con detta taratura preliminare.

***** TARATURA CANALI PROVA BAV *****					
Taratura di Venerdì 12/1/1998					
CANALE	Guadagno	Offset	CANALE	Guadagno	Offset
FY1	0.9999	19.982	FY2	1.0000	16.333
FY1C	0.9999	18.875	FY2C	1.0000	13.125
DTW1	0.9995	18.168	DTW2	0.9999	12.356
FT	0.9998	12.328	FC	0.9999	13.484
FTY	0.9998	19.387	FTZ	0.9999	19.474
TETHA	0.9999	12.698	SPH1	1.0002	9.638
H1	0.9998	9.664	H2	1.0000	9.643
XB	0.9999	8.312	YB	1.0000	8.225
DR	0.9998	9.195	DT	0.9998	14.823
DA	1.0000	13.488	U1	1.0000	19.774
U2	1.0000	19.816	Y1	1.0031	7.244
Y2	0.9991	14.382	RIF. +5 U	0.9998	28.872
RIF. +8 U	1.0000	19.458	RIF. -5 U	0.9999	19.688

fig. 8

III.4 Programma di test

Abbiamo accennato in precedenza che per tutelare la riservatezza dei dati si è scissa la fase di acquisizione da quella di elaborazione e questo, abbinato all'elevato numero di grandezze che sono acquisite ed elaborate contemporaneamente, ha portato di fatto a una perdita di controllo, a bordo, di tutto il processo di misura.

L'impossibilità di verificare a bordo l'attendibilità dei dati attraverso considerazioni idrodinamiche o che non avvengano in tutta la fase di acquisizione errori sistematici, ci ha indirizzati a sviluppare procedure automatiche di test e controllo giornaliero sui canali di misura.

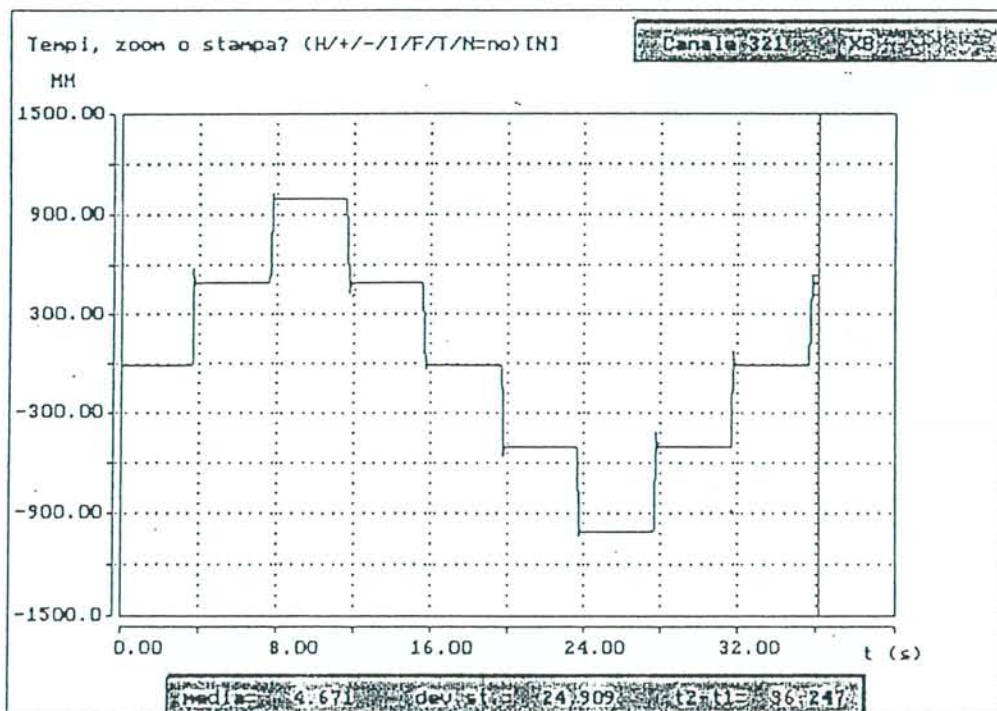


fig. 9

Il software sviluppato controlla un generatore di frequenze e di tensioni campione, in modo tale che tutti i canali siano interessati a questa sorgente alternativa. Si fanno generare 5 frequenze e corrispondentemente 5 tensioni

diverse che coprono tutto il campo di misura ed alla fine di questo ciclo si riportano i canali ad avere come input le uscite dei trasduttori.

Attraverso i valori acquisiti di questa gradinata (figura 9) per ciascun canale si possono fornire:

- guadagno del canale ed errore relativo rispetto al guadagno teorico
- errore di non linearità
- offset iniziale
- funzionamento del filtraggio hardware (attraverso la risposta rilevata dopo una sollecitazione a gradino).

Questo programma è stato eseguito con cadenza almeno giornaliera e, insieme ad i dati relativi ad una corsa standard di prova, il suo report ha dovuto accompagnare, ai fini della validazione delle misure, il dischetto contenente tutti i dati acquisiti giornalmente.

CANALE		OUT (6 kHz)	GAIN	Gain Er.	Lin. Er.
Taratura di Giovedì 18/1/1998 - Ore 7:41					
F.LAT. AU	FORZA LATERALE AU	0.882 V	1.9983 mV/Hz	0.8 %	1.2 %
F.LAT. AD	FORZA LATERALE AD	0.883 V	2.0006 mV/Hz	0.3 %	1.4 %
CALIB. AU	FORZA LATER. CAL. AU	0.883 V	2.0042 mV/Hz	2.1 %	0.1 %
CALIB. AD	FORZA LATER. CAL. AD	-0.885 V	2.0046 mV/Hz	2.3 %	0.3 %
VENTO AU	FORZA VERTICALE AU	0.884 V	2.0016 mV/Hz	0.8 %	0.4 %
VENTO AD	FORZA VERTICALE AD	0.882 V	2.0009 mV/Hz	0.5 %	1.1 %
TRAINO	FORZA DI TRAINO	0.884 V	1.9855 mV/Hz	7.2 %	2.4 %
CONTROTIRO	FORZA DI CONTROTIRO	0.812 V	2.0000 mV/Hz	0.8 %	0.8 %
TRAINO Y	COMP. ORIZZ. FT	-0.888 V	2.0023 mV/Hz	1.2 %	0.3 %
TRAINO Z	COMP. VERT. FT	0.888 V	0.8000 mV/Hz	0.8 %	0.8 %
ASS. LONG.	ANGOLO ASSETTO LONG.	-0.883 V	2.0002 mV/Hz	0.1 %	0.5 %
SBANDATA	SENO ANGOLO SBAND.	0.887 V	2.0025 mV/Hz	1.2 %	1.6 %
IMM. AU	IMMERSIONE AU	-0.883 V	1.9939 mV/Hz	3.0 %	0.3 %
IMM. AD	IMMERSIONE AD	-0.885 V	2.0009 mV/Hz	0.4 %	1.0 %

Premere un tasto per continuare...

fig. 10

CAPITOLO IV

DESCRIZIONE DEI SUPPORTI SOFTWARE SPECIFICI PER LE ESPERIENZE SU MODELLI DI NAVI A PROPULSIONE EOLICA:

(R. Pettinelli)

IV.1 - Il trasferimento dell'elaborazione dei dati su Personal Computer.

I dati acquisiti durante le esperienze su barche a vela, per il loro carattere di riservatezza, non potevano essere in alcun modo elaborati sul Vax, accessibile a più utenti e situato al di fuori della zona controllata appositamente predisposta.

La grande quantità di dati prodotti, la varietà delle configurazioni di allestimento, gli stretti tempi di elaborazione, la necessità di consegnare i dati al committente anche su supporto magnetico, hanno fatto sì che l'intera procedura di elaborazione in grandezze modello dovesse essere sviluppata interamente, ex novo, su personal computer dedicato.

Prima di procedere alla realizzazione del software è stato necessario studiare tutto il flusso di trattamento dei dati, dalla loro acquisizione fino alla elaborazione con la produzione di tabelle e grafici significativi.

Per la fase di elaborazione è stato utilizzato un pacchetto software, l' <<RS1 >>, che consente una trattazione matematica molto flessibile dei dati. A tale scopo, è stato necessario definire una fase intermedia, per portare i dati, così come acquisiti normalmente dall'INSEAN, nel formato adeguato per l'RS1. Questa fase ha portato allo sviluppo del programma PREPARA, descritto in dettaglio in un'altra precedente relazione, e di alcuni programmi di traduzione dei dati.

Tramite il linguaggio interno dell'RS1 (l'RPL) sono state realizzate tutta una serie di programmi (in seguito detti "procedure") per eseguire sia i calcoli di base che le elaborazioni successive per automatizzare la produzione delle tabelle e dei grafici. Queste procedure sono state frammentate per permettere un eventuale intervento diretto nell'elaborazione.

IV.2 - La Preparazione dei dati

Prima di poter iniziare a trattare i dati, acquisiti durante le prove speciali per barche a vela, è necessario disporre del floppy disk proveniente dal carro e contenente i files standard di dati acquisiti, assicurandosi che ci sia spazio sufficiente per alloggiare i files di dati prodotti in seguito, che conterranno i valori mediati (circa 1500 byte a rilievo).

Durante la fase di preparazione dei dati vengono calcolati i valori medi e le deviazioni standard di tutte le grandezze per ogni rilievo acquisito. Cioè, a partire da tutti i files ccccSsss.rr (formato speciale INSEAN misto binario + ASCII) prodotti dal sistema di acquisizione e relativi a una sola serie (cioè al variare da un rilievo all'altro di una sola condizione sperimentale), produce sul disco "A" un file di nome ccccSsss.SAD contenente tali valori medi, e nella directory di lavoro un file simile, di nome ccccSsss.RS1, contenente gli stessi valori ma in formato opportuno per essere letto rapidamente nell'ambiente RS1.

Il programma di preparazione dei dati (PREPARA) deve essere utilizzato da DOS, dopo che l'utente ha inserito il dischetto con i dati nell'unità A e si è situato nella directory di lavoro. Il programma chiede i numeri di carena, serie, e rilievo da preparare. E' possibile, per la stessa serie, preparare più rilievi di seguito.

Nell'utilizzare PREPARA è opportuno sapere che :

- se, per qualche errore dell'utente non fosse stato creato il file "SAD" corretto, al termine della preparazione dei dati di una singola serie è sufficiente cancellare quello eventualmente creato e ricominciare l'operazione;
- è bene non preparare eventuali rilievi che dalle segnalazioni degli sperimentatori risultassero completamente non esatti;
- se una serie risultasse presente in più dischetti, è necessario inserire in RS1 i dati del primo dischetto prima di iniziare a preparare quelli del secondo e così via. Questo è necessario in quanto la procedura di preparazione produce ogni volta un file "RS1" nuovo, contenente i soli dati del file "SAD" correntemente in uso, cancellando quindi quello eventualmente preesistente.

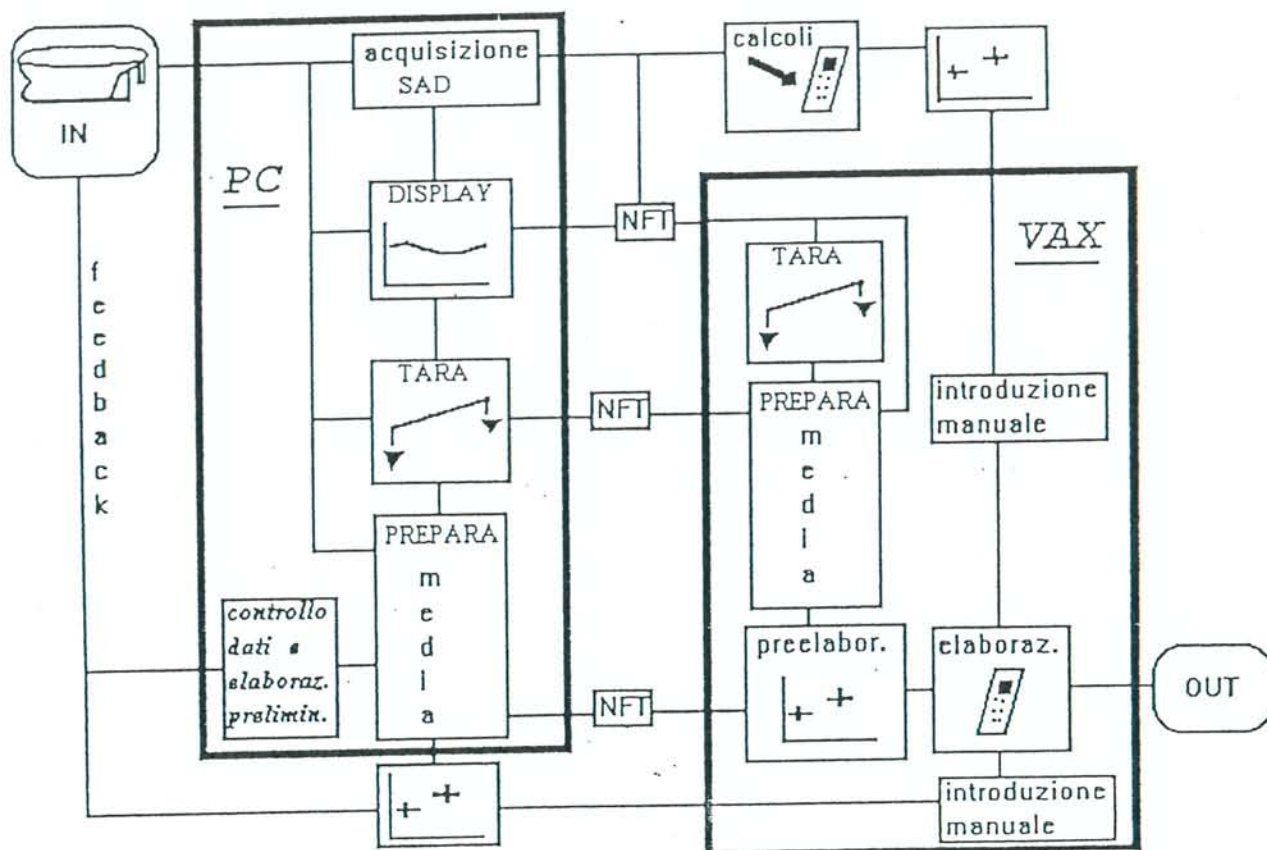


fig. 11

IV.3 - Il software in ambiente RS1

Il software RS1 è un pacchetto contenente diverse funzioni matematiche e grafiche che operano a partire da dati posti in tabelle. All'interno dell'ambiente RS1, utilizzando il linguaggio interno di programmazione RPL ed eventualmente richiamando le funzioni su dette, sono state realizzate tutte le complesse procedure necessarie nelle varie fasi di elaborazione dei dati,

nonchè alcuni macrocomandi.

Per utilizzare le varie possibilità di questo pacchetto è necessario entrare in ambiente RS1 digitando RS1 (compare il prompt #).

IV.3.1 Le tabelle contenenti i dati in RS1

L'elaborazione dei dati delle prove speciali su barche a vela è stata organizzata in modo che tutti i dati, sperimentali e non, siano suddivisi logicamente in una serie di archivi in forma di tabelle, in ambiente RS1 e facilmente gestibili da tale software. Esse sono relazionate al modello e tra loro dal numero della carena "cccc" e prodotte in modo da rimanere sempre congrue l'una rispetto all'altra tramite apposite procedure .

Queste tabelle vengono di seguito chiamate "macrotabelle" per indicare che esse sono relative a tutta la carena in prova, e per distinguerle dalle tabelle relative alle singole serie. Queste ultime vengono utilizzate solo come appoggio di lettura al momento del riempimento delle macrotabelle e non direttamente per l'elaborazione.

Per ogni carena sono state definite le seguenti macrotabelle:

- CccccSPER, contenente i dati sperimentali acquisiti (una riga per ogni rilievo);
- CccccSPERIN, contenente alcuni dati sperimentali, quali pesi aggiuntivi ecc., non acquisiti ma introdotti da terminale (una riga per ogni rilievo);
- CccccSTDEV, contenente le deviazioni standard dei dati sperimentali acquisiti (una riga per ogni rilievo);
- CccccDESCR, contenente alcuni dati relativi all'allestimento delle serie (una riga per ogni serie);
- CccccSPERC, contenente i dati calcolati dalle precedenti tabelle (una riga per rilievo).

La tabella CccccDESCR viene riempita per ultima. Questa operazione non è eseguita interamente in modo automatico ma l'utente deve provvedere al completamento con i valori esatti. Normalmente la metà superiore della tabella sarà relativa al modello con una serie di appendici, mentre la metà inferio-

re sarà del solo corpo canoa.

Le altre tabelle, utilizzate come appoggio dei dati, sono:

- CccccSsss contenente le grandezze acquisite e le loro deviazioni standard per la serie sss (una riga per rilievo);
- CccccSsssIN contenente i dati sperimentali introdotti da terminale per la serie sss (una riga per rilievo).

E' possibile estrarre le tabelle dal programma RS1 riversandole su files, in modo da copiarle per esempio su floppy disk per problemi di conservazione dei dati e di trasferimento degli stessi.

Tutte le tabelle prodotte in RS1 sono modificabili da terminale utilizzando l'editore di tabelle. Alcune di queste modifiche si possono rendere necessarie se dal carro viene segnalato, per qualche grandezza, un valore diverso da quanto misurato automaticamente.

IV.3.2 Inserimento dei dati mediati in RS1 e loro elaborazione

Le procedure realizzate in RS1 permettono la creazione delle tabelle dati mediante la lettura in tale ambiente dei files di tipo ccccSsss.RS1, precedentemente prodotti da PREPARA. Questi files, come illustrato precedentemente, contengono tutti i valori medi relativi ai rilievi acquisiti in una serie.

L'utilizzo di queste procedure, per una serie che non è già presente in RS1, dà luogo alla implementazione contemporanea delle macrotabelle CccccSPER, CccccSPERIN, CccccSTDEV, CccccDESCR (o alla loro creazione se la carena cccc non esiste ancora) e alla creazione della tabelle CccccSsss e CccccSsssIN. Se la serie in introduzione è già parzialmente presente, l'apposita procedura darà luogo alla implementazione di tutte le tabelle già esistenti. In questo ultimo caso, il file ccccSsss.RS1 deve contenere solamente i dati nuovi da aggiungere in archivio.

Le procedure sono, nei due casi rispettivamente, CREA_ALI e CREA_EXI.

Esse richiedono l'introduzione contestuale anche di dati da terminale. Tali dati sono reperibili dal modulo proveniente dal carro. Esso conterrà l'elenco

di tutti i rilievi eseguiti, i valori dei pesi e dei momenti applicati e di tutte le grandezze non acquisite, eventuali segnalazioni relative ai rilievi.

Una volta completata l'introduzione dei dati, e quindi la composizione delle quattro macrotabelle, si può eseguire l'elaborazione dei dati vera e propria che produce la macrotabella CccccSPERC contenente tutti i valori (modello) desiderati. Per fare ciò si utilizza la procedura CALC_ALL.

IV.3.3 La creazione delle tabelle estratte, dei grafici e la determinazione delle curve.

Il calcolo di CccccSPERC, pur costituendo la parte centrale della elaborazione, non la esaurisce in quanto è necessario successivamente per alcuni insiemi di dati determinare le curve che li descrivono ed eseguire i grafici che illustrino questi ed altri risultati ottenuti. Per fare ciò è necessario prima estrarre dalle tabelle i dati di interesse, quindi realizzare degli "oggetti grafici" in cui sono riportati i punti relativi alle grandezze in funzione di altre. Nei casi in cui si ritiene opportuno anche determinare le curve che li descrivono, ciò si ottiene abbinando a tali grafici le funzioni opportune e ottenendo come risultato la loro descrizione matematica e la loro sovrapposizione grafica ai punti.

A tale scopo sono state realizzate una serie di procedure.

Tre procedure facilitano l'estrazione dei rilievi e delle grandezze desiderate dalle macrotabelle (cioè selezionano le celle scegliendo opportunamente le righe e le colonne) e producono delle tabelle più piccole chiamate quindi "estratte". Esse sono:

- MAKEUP, per estrarre dati di normale rimorchio ad assetto diritto;
- MAKE_XYB, per prove statiche ad angolo di assetto o di sbandamento variabile;
- PHI_ESTRAE, per estrarre tutti i rilievi delle prove dinamiche con un dato valore di angolo di sbandamento.

Per utilizzare queste procedure è necessario conoscere il nome delle serie che interessano. Il nome delle tabelle estratte è a scelta dell'utente.

I grafici vengono creati utilizzando alcune procedure sviluppate per agire sulle rispettive tabelle, estratte opportunamente. Esse sono:

- GRAUP e GRAUP2, per rimorchio a assetto diritto;
- GRAXY e GRAXY2, per prove statiche ad angolo di assetto o di sbandamento variabile;
- GRA e GRA2, per prove dinamiche con fissato angolo di sbandamento.

Questi grafici vengono plottati su plotter HP collegato al PC e possono essere archiviati su file mediante lo stesso comando ARCHIVE delle tabelle.

Infine, poichè sui tutti i grafici prodotti dalle procedure descritte sopra sono riportati solo i punti sperimentali, per ultimare l'elaborazione si devono determinare, per alcuni di essi solamente, le funzioni che li descrivono e quindi completarli. Per poter fare ciò, oltre alla esistenza dei grafici, è necessario sapere quali e quante curve sono da fittare.

Le procedure sviluppate a tale scopo, da utilizzare a seconda dei casi e che fanno uso di alcune funzioni matematiche presenti in RS1, sono:

- FUNZIONE, determina l'equazione delle rette o delle parabole imponendo il passaggio per l'origine;
- LINEA determina l'equazione di rette;
- PARABOLA determina l'equazione di parabole.

INDICE

INTRODUZIONE	PAG. 1
CAPITOLO I	
Descrizione del sistema di acquisizione dati INSEAN	PAG. 2
CAPITOLO II	
Descrizione delle modifiche ed ampliamenti del S.A.D.	PAG. 6
CAPITOLO III	
Interventi sul S.A.D. specifici per le esperienze su modelli di navi a propulsione eolica.	PAG. 15
Cut longitudinale	PAG. 16
Calcolo in tempo reale della forza verticale del vento	PAG. 18
Taratura dei canali	PAG. 20
Programma di test	PAG. 21
CAPITOLO IV	
Descrizione dei supporti software specifici per le esperienze su modelli di navi a propulsione eolica.	PAG. 23
Il trasferimento dell'elaborazione dati su Personal Computer	PAG. 23
La preparazione dei dati	PAG. 24
Il software in ambiente RS1	PAG. 25
Le tabelle contenenti i dati in RS1	PAG. 26
Inserimento dei dati mediati in RS1 e loro elaborazione	PAG. 27
La creazione delle tabelle estratte, dei grafici e la determinazione delle curve	PAG. 28