

assetto corrispondente.

Il telemotore era dotato di molle antagoniste che avevano il compito di riportare il carrello in posizione di riposo, e quindi il timone al centro, al cessare del segnale di pressione proveniente dalla plancia, ovvero non appena veniva rilasciata la ruota a caviglie.

iii. Asservimento - Pompe a portata variabile

La pompa a portata variabile (Fig.4) a piatto oscillante a cilindri assiali è un particolare genere di pompa trascinata da motore elettrico, agente su fluido idraulico che è in grado di inviare olio in pressione a portata variabile in alcune tubolature e aspirare da altre e di invertire tale processo, a seconda dell'inclinazione del piatto oscillante controllata dalla citata leva flottante.

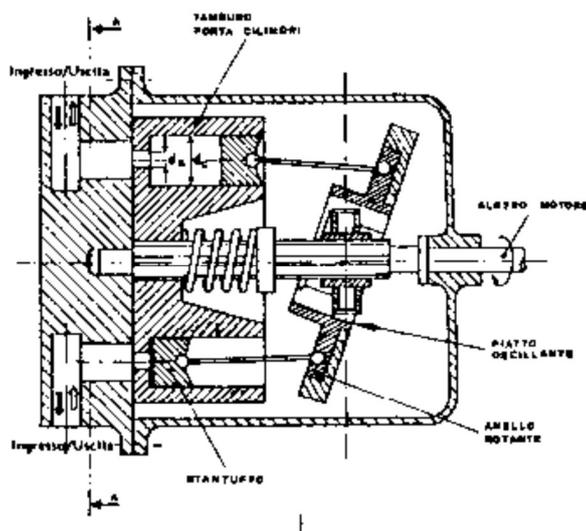


Fig.4

Questa era fulcrata in tre punti; in basso collegata al telemotore, in alto al timone e al centro al piatto oscillante della pompa. Al movimento dei pistoni del telemotore corrispondeva un movimento del fulcro inferiore e quindi anche di quello centrale che andava ad operare l'inclinazione dei piatti oscillanti in una direzione o nell'altra, e la variazione di portata della/e pompa/e, in funzione dell'ordine ricevuto; man mano che il timone si muoveva e si avvicinava alla posizione richiesta, il fulcro in alto retroazionava il comando e portava di fatto la leva in posizione tale da azzerare l'oscillazione dei piatti della/e pompa/e, annullandone la portata e fermando di fatto il timone nella posizione voluta.

iv. Servomotore

Del tipo a quattro pistoni, traeva il suo moto dal gioco di sovrappressioni o depressioni generato nelle sue camere dalla portata variabile della/e pompa/e dovuta all'inclinazione del piatto oscillante. La formazione alternativa di aree in pressione e di aree in scarico creava la necessaria coppia che, attraverso un sistema di leve rigide, si trasmetteva alla barra dei due timoni determinandone la rotazione (Fig.5).

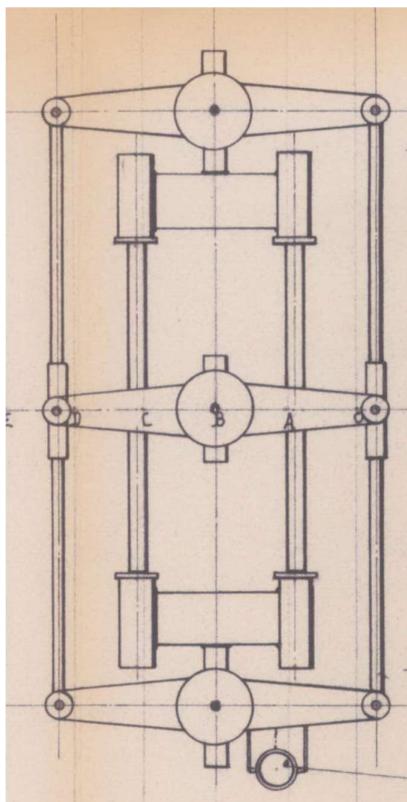


Fig.5

v. Alimentazione elettrica, avviamento e allarmi

L'impianto era dotato di due elettropompe timone controllate mediante telecomando dal locale macchine. Per poter controllare il timone era necessaria almeno una pompa in moto; in condizioni di navigazione in acque ristrette o manovra si impiegavano normalmente due pompe per avere una reazione più pronta del sistema di governo della nave. Durante la navigazione ordinaria si teneva in moto una pompa, in particolare al termine della manovra di uscita dai porti, ovvero dopo il Finito in Macchina (FIM); il quadro di controllo, situato in Control Room, locale presidiato, munito di allarme di arresto pompa sia sonoro che luminoso, consentiva di monitorare lo stato di funzionamento della pompa in linea e di intervenire manualmente al presentarsi di qualsiasi allarme, avviando mediante telecomando l'altra pompa. E' verosimile che al momento del disastro, dopo il Finito in Macchina (FIM), l'impianto si trovasse con una pompa in funzione.

I due quadri di avviamento delle pompe si trovavano in locale agghiaccio, adiacenti alle paratie prodriere del locale. Essi come detto erano controllati mediante telecomando dalla Control Room (vedi fig.6). Si compongono di un circuito di forza a 440V che alimentava i motori delle pompe attraverso il contattore (o teleruttore); questo in condizioni normali era normalmente aperto e veniva chiuso, alimentando così il motore elettrico della pompa interessata, per effetto di una bobina attraversata dalla corrente del circuito ausiliario a 115V; il trasformatore trovato in corto circuito era proprio preposto ad ottenere tensione a 115V trasformandola da quella a 440V per alimentare il circuito ausiliario che coinvolgeva anche le spie luminose ed i pulsanti dei comandi a distanza dalla Control Room.

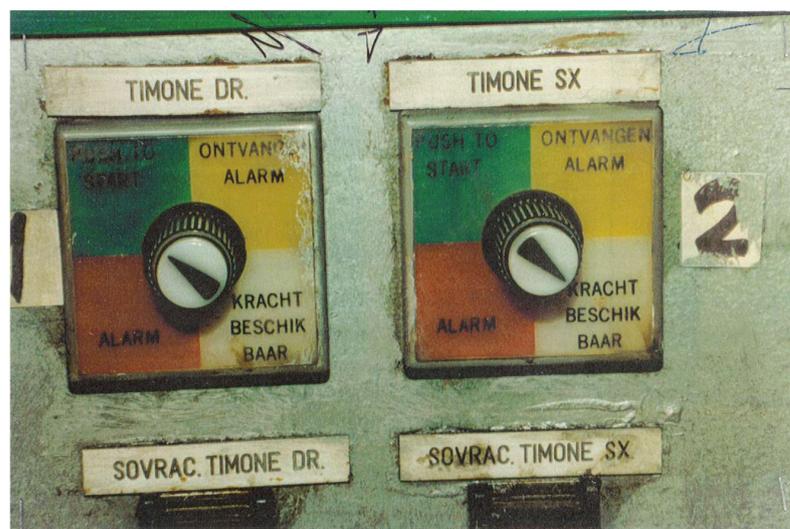


Fig.6

L'alimentazione elettrica delle pompe, come risulta dagli schemi dei quadri elettrici principale e di emergenza negli Allegati 3 e 4, era differenziata; una pompa era alimentata dal quadro elettrico principale mentre la seconda dal quadro elettrico di emergenza che, in caso di black out era alimentato dal gruppo elettrogeno di emergenza. Ne consegue pertanto che una delle due pompe dell'impianto timoneria poteva comunque essere alimentata con il gruppo di emergenza, in caso di avaria/black out.

c. Situazione delle visite ispettive effettuate sull'impianto prima del disastro.

La situazione delle visite ispettive di classe e statutarie è stata desunta dalle informazioni fornite da parte della Ditta RINA Services, subentrata nel 2000 al Registro Italiano Navale in qualità di Ente di classifica.

Al tempo, le navi mercantili battenti bandiera italiana erano soggette alle verifiche periodiche eseguite rispetto a:

- le norme statutarie (o norme di bandiera, ovvero requisiti minimi prescritti dal Ministero Marina Mercantile per poter battere bandiera italiana)
- i requisiti di classe di una società di classifica (RINA) ai fini della validità della copertura assicurativa

Per quanto riguarda i requisiti di bandiera al tempo era in vigore la convenzione SOLAS 1960 e il Regolamento di Sicurezza di cui al D.P.R. 14 novembre 1972 n.1154. Il RINA agiva in regime di monopolio in qualità di delegata del Ministero Marina Mercantile per il controllo periodico delle prescrizioni utili a consentire alle navi di operare; oggigiorno il mercato è stato aperto e i singoli armatori hanno la facoltà di scegliere la società di classifica/certificazione cui demandare le verifiche dei requisiti di bandiera.

Per gli aspetti relativi alla classe, il Regolamento RINA in vigore al tempo era il Regolamento RINA del 1 gennaio 1991 ove, nella Parte A, sono riportate le periodicità delle visite e il contenuto delle stesse (Allegato 5).

Con particolare riferimento alla visita eseguita a Portoferraio al termine della sosta lavori di manutenzione, essa ha avuto luogo nel periodo febbraio-marzo 1991; il

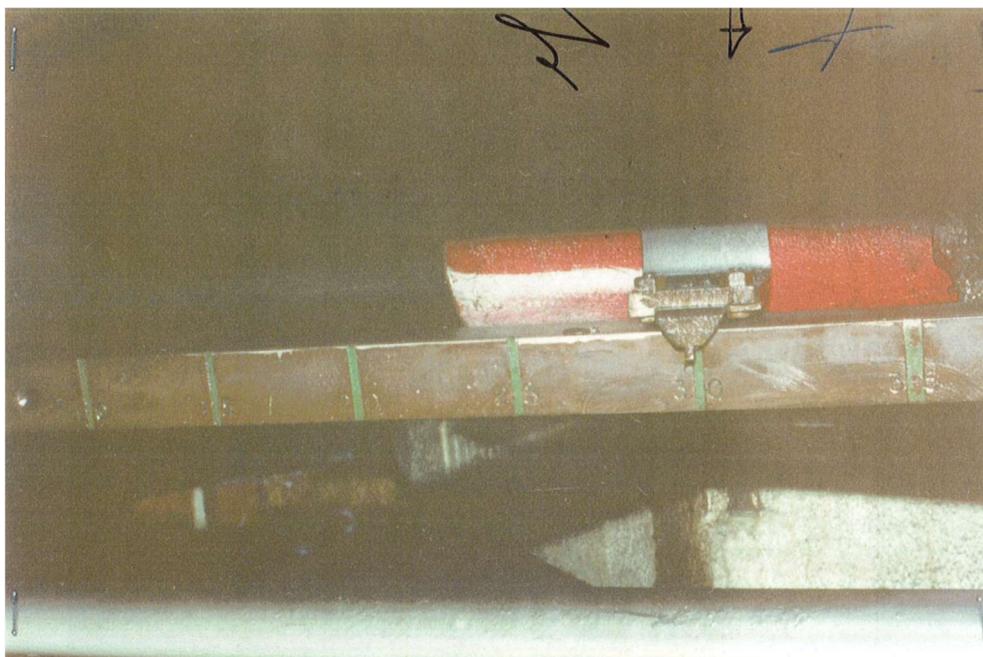
rapporto del RINa relativo alla visita è il numero 288 riportato in Allegato 6; gli esiti della visita sono riportati nel rapporto stesso e consistettero nella estensione di validità della classe.

In conclusione, disponendo del certificato del buon esito della visita (Report 288) e della descrizione di dettaglio dei controlli da effettuare durante la stessa (Circolare IV/2592 del 8 luglio 1983 del RINA, Istruzioni per l'esecuzione delle visite occasionali di riarmo, Allegato 7), si deve assumere che in occasione della visita RINa del marzo 1991, l'impianto di governo fu verificato e provato in esercizio, con esito positivo.

d. Stato delle parti rilevato a seguito di sopralluoghi

Lo stato dei componenti dell'impianto come fu rilevato dopo il disastro è descritto nella relazione dei periti tecnici del PM consegnata in data 7 aprile 1994 cui si rimanda per gli aspetti che saranno citati (in Allegato 8 solo la parte del documento riguardante i rilievi fatti sull'impianto di governo); essa rappresenta la fotografia della situazione più vicina alla data del 10 aprile 1991. I periti insieme con i diversi CCTTPP, descrissero quanto rilevato nei numerosi verbali dei sopralluoghi e lo sintetizzarono all'interno della relazione stessa con il supporto di rilievi fotografici alcuni dei quali sono stati ripresi nella presente trattazione. L'impianto si presentava nel seguente assetto:

- Timoni 30 gradi a dritta (Fig.7)



(Fig.7)

- Posizione della leva flottante corrispondente a riscontro in direzione di richiamo al centro del timone (Fig.8)

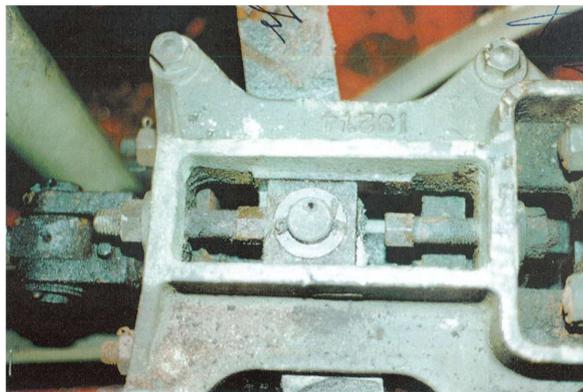


Fig.8

- Posizione del carrello del telemotore corrispondente al richiamo del timone al centro
- Cremagliere della colonnina di governo in plancia in posizione molto prossima a timone al centro e by pass chiuso (Fig.9)



Fig. 9

- Leva di selezione della modalità di comando in manuale idraulico
- Tubazioni di adduzione olio al telemotore interrotte perché fuse o per olio carbonizzato all'interno (Figg. 10 e 11)



Fig.10



Fig.11

- Linee elettriche di alimentazione delle pompe in locale equipaggio completamente bruciate
- Quadro di avviamento della pompa di DR con il trasformatore in corto circuito e con segni di surriscaldamento (Vedi Figg.12 e 13).
- Circuiti di forza dei due quadri di alimentazione delle pompe timone perfettamente funzionanti (prova presso Accademia Navale in data 11 maggio 1993)

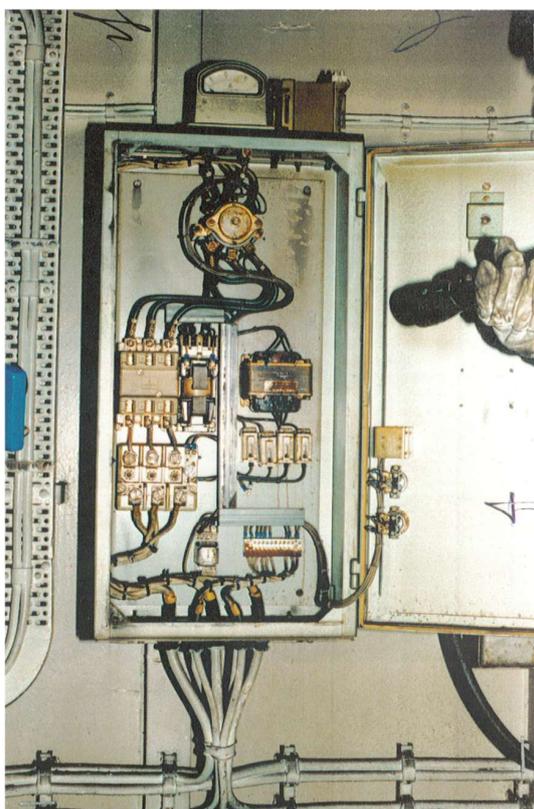


Fig.12

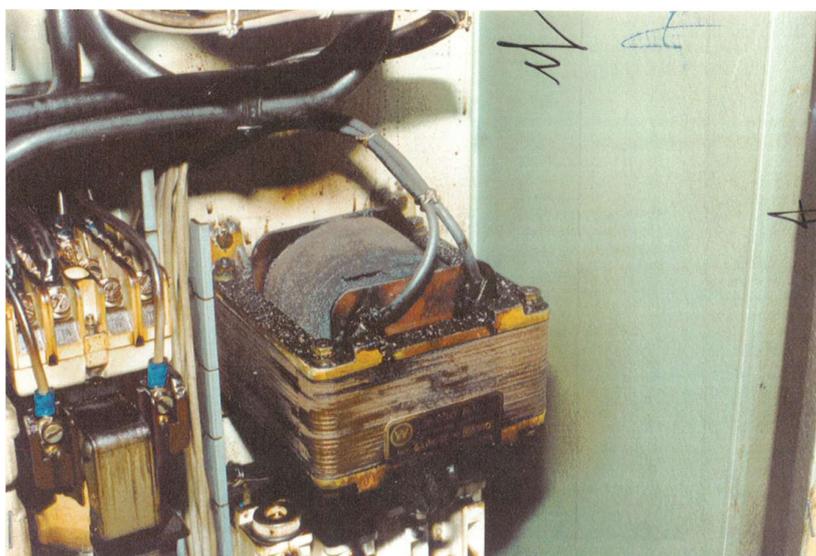


Fig.13

e. Le prove di funzionamento svolte dalle commissioni peritali

- 10 dicembre 1991, Verbale n.35 (Annesso alla relazione dei CCTT del PM e riportato in Allegato 9): verifica funzionamento impianto oleodinamico in agghiaccio; il timone torna al centro appena avviata la pompa (posizione corrispondente allo stato del carrello telemotore e leva flottante); seguono diverse manovre manuali di movimentazione, con esito positivo.
- 15 e 16 marzo 1993, verbali dal n.64 al n. 67 (Annesso alla relazione dei CCTT del PM e riportato in Allegato 10), ricostruzione circuito trasmissione ordini da plancia, simulazione effetti innalzamento temperatura sugli stessi, simulazione diverse condizioni di funzionamento del sistema, prove e simulazione allarmi. Gli esiti hanno:
 - o Evidenziato, in situazione integra, la condizione di rigido allineamento tra ruota a caviglie, telemotore e timone nelle diverse condizioni;
 - o Consentito di verificare il comportamento dell'impianto all'atto dell'arresto della pompa
 - o Confermato corretto intervento e funzionamento allarmi in control room;
 - o Evidenziato il movimento del timone in caso di incontrollato surriscaldamento del circuito di trasmissione ordini da plancia e senza alcuna azione su ruota a caviglie.
 - o Consentito di verificare il comportamento della catena di trasmissione ordini a seguito di interruzione della linea idraulica, ovvero il richiamo del carrello del telemotore ad opera delle molle antagoniste.

f. Considerazioni

Il disallineamento riscontrato tra la posizione del timone, quella dei pistoni del telemotore e della ruota a caviglie non è compatibile con il regolare funzionamento dell'impianto con pompa in moto; in particolare la posizione del carrello attuatore al centro e del timone stesso a 30 gradi a DR non trovano giustificazione se non nel fatto che il movimento del carrello sia avvenuto dopo l'arresto della pompa.

Il danneggiamento delle tubazioni olio di trasmissione ordini alla plancia, ha verosimilmente generato l'interruzione del circuito idraulico, lo svuotamento delle camere in pressione sul telemotore e il richiamo del carrello e della leva flottante in posizione di timone al centro, ad opera delle molle antagoniste che non hanno trovato alcuna resistenza dovuta alla pressione di olio nelle tubazioni, ormai vuote.

Per quanto attiene l'arresto della pompa, dal punto di vista elettrico, esaminando lo stato del quadro di alimentazione della pompa di DR è possibile formulare le seguenti considerazioni:

- Il corto circuito del trasformatore non è avvenuto prima del disastro in quanto la control room avrebbe avviato da remoto la pompa di riserva.
- Il quadro non presenta segni di incendio, ma piuttosto di surriscaldamento diffuso tra i diversi componenti presenti all'interno; i conduttori ed i cavi non sono sciolti e non presentano bruciature.

- Il trasformatore si è surriscaldato poiché non è stato possibile smaltire il calore prodotto dai suoi avvolgimenti nell'ambiente circostante a causa del calore ivi presente per via dell'incendio; il primario e secondario sono entrati in contatto tra loro, creando il corto circuito, per il deterioramento dell'isolante a bagno del quale erano sistemate le spire. Si ritiene che il motivo per cui tale surriscaldamento si è presentato nel trasformatore della pompa di DR, piuttosto che in quello di SN, sia il fatto che il trasformatore di DR stava lavorando con il carico rappresentato dalla bobina di chiusura del contattore del circuito forza e che pertanto la pompa di DR era in moto; il trasformatore di SN evidentemente non ha raggiunto le medesime condizioni di surriscaldamento negli stessi tempi, in quanto il circuito secondario dello stesso non era sottoposto a carico (contattore aperto, bobina non attraversata da corrente, pompa ferma).
- Il surriscaldamento del trasformatore di DR è verosimilmente avvenuto dopo l'impatto, ad opera dell'incendio, ma non nell'immediato; infatti era necessario che il fuoco giungesse nel locale adiacente e arroventasse la citata paratia, contraddistinta da vernice bruciata;
- **Prima dell'impatto la pompa timone di DR era regolarmente in moto**
- Non appena manifestatosi il corto circuito del trasformatore, esso ha determinato l'interruzione del circuito ausiliario del quadro con conseguente interruzione dell'eccitazione della bobina di chiusura e apertura del contattore ad opera della relativa ritenuta, con conseguente arresto della pompa timone di DR.

g. Conclusioni

Sulla base degli approfondimenti e considerazioni fatte, si ritiene di poter formulare le seguenti conclusioni validate dalla loro compatibilità tecnica con l'impianto e con il suo principio di funzionamento:

1. Sulla base di come fu trovata la catena di trasmissione da plancia ad agghiaccio, ci si sente di **escludere il posizionamento della barra a 30 gradi a DR su ordine della plancia prima dell'impatto**; infatti perché si possa spiegare tecnicamente la situazione di quanto rilevato dai periti, le ipotesi formulabili alternativamente per compatibilità tecnica con la posizione della ruota a caviglie e del carrello in agghiaccio sono le seguenti:
 - a. il timoniere subito dopo aver dato barra 30 gradi a DR prima dell'impatto, cambiò barra riportando la ruota a caviglie in prossimità del CN (posizione compatibile con il rilievo cremagliere); ciò potrebbe essere avvenuto presumibilmente subito dopo l'impatto; in tal caso il mancato movimento del timone verso il centro può essere attribuibile esclusivamente ad una situazione di pompa ferma. La situazione di arresto accidentale della pompa, qualsiasi fosse stata la causa, e successivo intervento dell'allarme in quei momenti avrebbe potuto essere gestito dal personale di guardia in control room, ancora presente, che avrebbe avviato l'altra pompa timone, consentendo a questo di seguire gli ordini di barra della plancia e portarsi a pochi gradi a SN.

- b. In alternativa, dopo l'impatto, ad incendio ormai sviluppatosi e plancia abbandonata, il timone e l'intera catena di trasmissione rimasero allineati a 30 gradi a DR per il tempo necessario al surriscaldamento della paratia prodiera del locale agghiaccio e del citato quadro di avviamento della pompa di DR; in tal caso è vieppiù verosimile che la control room non fosse più presidiata e che non sia stato possibile avviare la pompa di riserva. In questa condizione tutta la catena di trasmissione sarebbe rimasta allineata a 30 gradi a DR se non fosse intervenuta l'interruzione del circuito idraulico di trasmissione ad opera del calore; tale ultimo fenomeno, con la perdita completa di pressione di olio di trasmissione che si sarebbe opposto alla forza esercitata dalle molle antagoniste, giustificherebbe il rientro del carrello e della leva flottante nella posizione di riposo (timone al centro) ad opera delle molle stesse. Al contrario è difficilmente spiegabile il movimento della ruota a caviglie che sarebbe intervenuto a causa dello scarico di pressione del circuito di trasmissione (come verificato possibile in condizioni di colonnina efficiente, nelle prove 7 e 8 del citato verbale n.67 in Allegato 10); infatti lo spostamento delle stesse fino alla posizione verificata in sede di prove peritali, non si ritiene avrebbe potuto avere luogo in quanto tutti gli ingranaggi si ritiene fossero già grippati e fusi; lo spostamento quindi potrebbe essere stato determinato solo ad opera di un forza esercitata sulla ruota a caviglie, qualora fosse ancora esistente e non completamente bruciata, o uno sforzo indirizzato opportunamente allo spostamento lineare delle cremagliere; cosa quest'ultima piuttosto inverosimile in uno scenario di fuoco dirompente, di distruzione e di sostanziale assenza di personale.

Ambedue le ipotesi hanno portato lo scrivente ad escludere la possibilità che il timone sia stato portato a DR di proposito dal timoniere.

2. Prima dell'impatto **l'impianto era perfettamente efficiente e funzionante** in modalità manuale idraulica, pompa di DR in moto; appare verosimile, **ma non oggettivamente certo** che, considerata l'ipotizzata velocità del fronte di fuoco generatosi nell'immediato, la barra fosse nella posizione corrispondente alla posizione in cui furono trovati gli ingranaggi della colonnina, ovvero barra quasi al centro, leggermente a SN, by-pass nella colonnina di governo chiuso.

In chiusura si ritiene utile ricostruire la seguente successione di eventi che si ipotizza tecnicamente verosimile:

- Prima dell'impatto l'impianto di governo era efficiente e funzionante correttamente; il timoniere stava governando manualmente
- Dopo la collisione, la vampata di fuoco ha distrutto la colonnina in plancia in tempi rapidissimi e ha causato il grippaggio delle cremagliere nella posizione in cui erano prima dell'impatto (Fig.14)

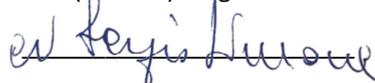


Fig.14

- Il surriscaldamento delle linee di olio di trasmissione avvenuto in seguito allo sviluppo dell'incendio, con pompa ancora in moto, ha causato un incontrollato segnale di pressione al telemotore in agghiaccio e il conseguente movimento del timone fino alla posizione in cui è stato rilevato, 30 gradi a DR.
- L'avaria al trasformatore del quadro della pompa di DR, intervenuta successivamente, ha causato l'arresto della stessa e il conseguente blocco delle pale nella posizione in cui erano giunte per via della dilatazione termica dell'olio; i tempi necessari al realizzarsi di detto surriscaldamento, hanno fatto sì che esso si verificasse quando purtroppo la control Room non era più presidiata per poter avviare l'altra pompa mediante il comando a distanza.
- La successiva interruzione della linea di trasmissione ordini da plancia ad agghiaccio, avvenuta per carbonizzazione dell'olio nelle tubazioni e/o rottura delle stesse ad opera di schegge incandescenti, ha generato l'azzeramento del segnale di pressione in agghiaccio e conseguente richiamo del carrello del telemotore e del piatto oscillante in posizione corrispondente a timone al centro (posizione in cui sono stati trovati dopo il disastro), senza che seguisse il movimento del timone, essendo ferma la pompa; la corrispondenza della posizione del carrello con il timone al centro è stata confermata dal fatto che durante il sopralluogo del collegio peritale, appena avviata la pompa di SN, il timone si è portato al centro.
- La posizione delle cremagliere calettate sulla ruota a caviglie, ormai distrutta, è rimasta la stessa del momento dell'impatto in quanto lo scarico della pressione del circuito di trasmissione, intervenne quando i componenti della stessa si ritiene fossero già grippati come furono trovati.

La Spezia, 13 gennaio 2022

C.V. (GM-GN) Sergio SIMONE



**APPROFONDIMENTI SUL VEROSIMILE STATO DI
FUNZIONAMENTO E DI EFFICIENZA DELL'IMPIANTO
DI PROPULSIONE DEL TRAGHETTO MOBY PRINCE
PRIMA DEL DISASTRO DELLA NOTTE DEL 10 APRILE
1991**

RELAZIONE TECNICA DEL CONSULENTE C.V.(GM-GN) Ing. Sergio SIMONE

a. Premessa

Scopo della presente relazione è quello di presentare il risultato delle ricerche e degli approfondimenti tecnici svolti dallo scrivente allo scopo di definire le caratteristiche di funzionamento e ipotizzare, con il miglior grado possibile di verosimiglianza, lo stato di efficienza e di funzionamento dell'impianto di propulsione del traghetto Moby Prince (d'ora in poi MP) al momento dell'impatto con la petroliera Agip Abruzzo, avvenuto la notte del 10 aprile 1991, nella rada di Livorno.

Il lavoro è stato svolto nel modo più pragmatico possibile, basandosi sui rilievi peritali, sui dati tecnici disponibili relativamente ai macchinari e sulle conoscenze/esperienze del sottoscritto relativamente al funzionamento degli apparati motori navali e sulla loro conduzione. Lo scrivente ha analizzato situazioni oggettive e rilevate, deducendo ipotesi tecnicamente compatibili in merito allo stato di funzionamento e di efficienza dell'impianto.

L'analisi di documentazione fotografica e video ha permesso di chiarire o confermare alcuni aspetti. Il materiale già disponibile è stato parzialmente integrato con altro reso tale, a seguito di richiesta avanzata dalla Commissione, da parte della ditta RINA Services, subentrata nel 2000 al Registro Italiano Navale nelle sue competenze di istituto di classifica navale.

La ben nota mancanza del relitto, il tempo trascorso dalla data dell'evento e la distruzione ad opera dell'incendio, di parte dei documenti e registri di bordo, hanno certamente reso più difficoltosa la disamina dello scenario.

In particolare, la completa assenza di documentazione della Plancia di Comando del traghetto non ha permesso di conoscere con assoluta certezza gli ordini di macchina trasmessi alla control room e la limitata consistenza dei dati riportati sul Giornale di Macchina, reperito a bordo e disponibile in Allegato 1, non ha reso possibile utilizzare tale fonte per definire lo stato di funzionamento degli apparati di propulsione. Laddove possibile tali informazioni sono state desunte per altre vie.

Si è seguito il seguente ordine di disanima ed analisi:

1. Descrizione dell'impianto e del suo funzionamento
2. Descrizione dei modi di conduzione dell'impianto
3. Situazione delle visite ispettive di classe e prescrizioni presenti
4. Stato delle parti da rilievi peritali e prove effettuate
5. Considerazioni
6. Conclusioni

b. Descrizione dell'impianto e suo funzionamento

L'impianto di propulsione del MP, la cui configurazione è ben illustrata in Allegato 1 di cui si riporta un estratto in fig.1, si sviluppava longitudinalmente su tre locali (locale Motori Principali, locale ausiliari e locale linee d'assi, cosiddetto "Locale Kamewa") dall'ord. 25 all'ord.77, e verticalmente occupava i due interponti tra il ponte di copertino e il ponte garage; in corrispondenza dei Motori Principali il ponte inferiore, situato tra i due, si interrompeva per poter ospitare gli stessi.

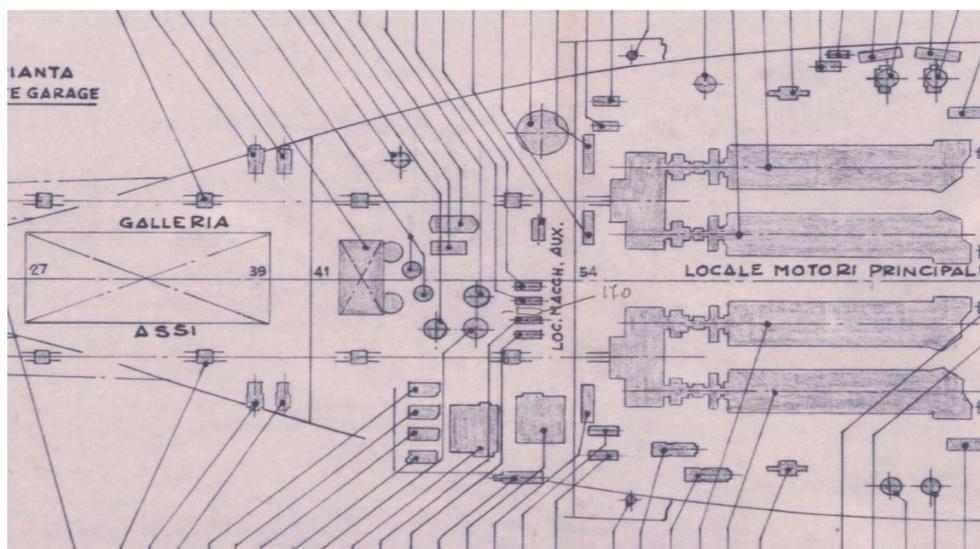


Fig.1

La propulsione era assicurata da due eliche calettate su due linee d'assi. Ogni linea d'assi traeva il moto da due motori MAN tipo R 9V 40/54 da 3.65 Mw ciascuno a 400 rpm, attraverso i relativi giunti di accoppiamento a frizione, i giunti smorzatori in gomma Vulkan e il riduttore di giri tipo Renk a doppia riduzione (rapporto di riduzione 1:1.78), necessario per garantire il funzionamento dell'elica nel range di giri per i quali essa era stata progettata. Nella configurazione originale del 1967 (di cui in Allegato 2), ovvero Dislocamento di pieno carico pari a circa 6700 tonnellate, con quattro motori inseriti in asse a 400 giri, l'uscita dal riduttore e quindi la velocità di rotazione degli assi era di 224.6 rpm; a tali giri, in caso di passo eliche al massimo, la potenza erogata era di 14.6 Mw ed era tale da spingere la nave alla velocità di 22.3 nodi, andatura massima di progetto.

Si noti che il citato Allegato 2 si riferisce alla nave nella sua configurazione originaria del 1967, ovvero prima dei lavori di trasformazione realizzati dalla Navarma all'atto dell'acquisizione nel 1986. Tali lavori, consistenti nella eliminazione di alcune cabine passeggeri a favore di maggiore capacità del ponte garage, ha certamente determinato alcune variazioni di dislocamento nave e quindi di prestazioni propulsive. A questo si aggiunga che nella pratica conduzione degli apparati motori è spesso abitudine degli armatori, limitare le potenze erogabili mediante limitazioni sui sistemi di controllo, per evitare l'usura dei componenti meccanici dei motori. I dati di dislocamento aggiornati a dopo la trasformazione e validati dal RINA sono riportati nel documento "Istruzioni al Comandante" (Allegato 3), datato 1986; in tale documento vi sono le indicazioni relative alle curve dei bracci di stabilità nelle diverse condizioni di carico considerate di interesse; analizzando le stesse si nota che il peso massimo degli autoveicoli imbarcabili era pari a circa 810 tonnellate mentre il peso massimo dei passeggeri era pari a 58 t; la nave con il massimo carico di passeggeri ed autoveicoli pesava 6619 t ed aveva un immersione di 5.18 mt; nel nostro caso, dato il limitato numero di passeggeri e di autoveicoli presenti è legittimo pensare che il dislocamento fosse più vicino al caso "Nave alla partenza con i soli passeggeri" piuttosto che a "Nave alla partenza con il massimo carico di passeggeri e autoveicoli"; in tale condizione di carico il dislocamento era pari a 5878t e l'immersione a 4.76 mt; tali dati sono importanti per le successive valutazioni che saranno fatte relativamente alla potenza erogata dai motori.

Grazie alla sua configurazione, l'impianto garantiva una particolare flessibilità di impiego, consentendo l'inserimento anche di un solo motore in asse e addirittura la propulsione su un solo asse e l'altro fermo. Dai requisiti dell'armatore ai tempi del progetto/costruzione, deriva anche la possibilità di assumere un particolare assetto propulsivo, dedicato alle ore notturne, in cui il moto era garantito da un solo motore per asse ed un passo elica ridotto, limitando così le sollecitazioni vibrazionali e la generazione di rumore e consentendo maggiore comfort ai passeggeri in caso di navigazione notturna. Tale assetto sarà approfondito nei paragrafi successivi.

I giri dei motori erano controllati dagli autoregolatori di giri, uno per ogni motore, montati sugli stessi ed in grado di controllare il loro regime di funzionamento trasformando il segnale pneumatico in arrivo dalla catena di comando (quindi leve da plancia o control room), in movimento delle cremagliere delle pompe di iniezione e quindi in portata di combustibile ai cilindri e in definitiva, in regime rotatorio dei motori. Il range di funzionamento dell'autoregolatore è visualizzato tramite tacche, normalmente comprese tra 0 e 10, che indicano la percentuale di apertura combustibile comandata dalla prevista catena di controllo delle macchine; il range entro cui varia il numero di giri del motore è compreso in questo intervallo di dieci tacche, ma non è escluso (anzi come detto è pratica abbastanza comune) che i valori di fondo scala fossero stati limitati per evitare involontari sovraccarichi dei motori o fuorigiri;

Il giunto di accoppiamento motore-riduttore di tipo idraulico come da verbale Visita di Prima Classificazione (VPC) del RINA riportato in Allegato 4, uno per ogni motore, consentiva l'inserimento in asse dello stesso.

Il giunto smorzatore in gomma di tipo Vulkan, uno per ogni motore, aveva la funzione di compensare, mediante la sua intrinseca flessibilità attribuitagli dal materiale gommoso, i disallineamenti dell'albero motore dall'asse di ingresso nel riduttore; fungeva anche da smorzatore delle vibrazioni torsionali trasmesse dal motore al riduttore.

Le linee d'assi a valle dei due riduttori si estendevano verso poppa, sostenute da tre cuscinetti ciascuna, attraversando il locale ausiliari e il locale Galleria Assi fino ad uscire dallo scafo attraverso le tenute degli astucci; proseguivano oltre sostenute dai bracci intermedi e dai bracci portaelica fino ad ospitare alla loro estremità le due eliche, collegate mediante accoppiamento flangiato.

Le eliche erano a quattro pale del tipo a passo variabile (o pale orientabili) prodotte dalla svedese Kamewa, su licenza Vickers del tipo Stone Kamewa 102S; diametro 3250mm, diametro del mozzo 1020mm. Essendo a passo variabile, il senso di rotazione delle stesse rimaneva costante anche per le andature di marcia addietro, variando esclusivamente il passo dell'elica; le eliche erano *inward turning*, ovvero a rotazione interna e quindi destrorsa l'elica di SN e sinistrorsa l'elica di DR. Il passo massimo in avanti era 31° e 50', addietro 23° e 10', il passo di progetto avanti (cioè quello per il quale è ottimizzato il comportamento ed il rendimento idrodinamico del propulsore) 26° e 20'. Il movimento delle pale era assicurato grazie alla pressione di olio idraulico garantita da quattro elettropompe, due per asse.

L'impianto è descritto nella relativa monografia in Allegato 5 cui si fa riferimento. Di seguito si illustra sinteticamente il principio di funzionamento del passo variabile, per gli scopi della presente relazione (Fig.2).

Le pale del propulsore erano in grado di ruotare intorno al loro linea centrale radiale, cambiando così il passo dell'elica passando dal massimo avanti al massimo addietro; il passo a spinta nulla (velocità nave pari a zero) non era corrispondente a zero ma a circa meno 2,5 gradi; le pale erano calettate nelle loro sedi in modo tale da poter ruotare per effetto della spinta generata da un meccanismo eccentrico a sua volta mosso per effetto del segnale idraulico ad alta pressione trasmesso attraverso un'asta di comando (valve rod) situata all'interno della linea d'asse cava, movimentata dalla Oil Distribution Box (ODB) situata in locale Galleria Assi, a seguito di segnale pneumatico proveniente dai diversi possibili sistemi di controllo di cui si vedrà in seguito. Il controllo della retroazione avveniva grazie ad un circuito a bassa pressione; le pompe aspiravano l'olio dalle casse di servizio posizionate nella sentina del locale Galleria Assi, mentre l'olio a bassa pressione e in esubero rispetto alla pressione di esercizio di 15 psi (circa 1 bar) veniva convogliato nelle casse gravitazionali sul ponte garage a circa 3 metri sopra il galleggiamento di pieno carico della nave; attraverso di esse l'intero sistema era mantenuto sempre sotto battente anche con pompe ferme, per garantire che non si verificasse mai una rientrata di acqua di mare nel circuito idraulico, per una eventuale mancata tenuta delle guarnizioni di tipo o-ring posizionate sulle radici delle pale, sempre sommerse.

All'interno del mozzo erano presenti alcune molle che, in caso di assenza di pressione di olio, forzavano la posizione delle pale al massimo avanti; ciò per consentire alla nave di navigare comunque in caso di avaria all'impianto idraulico.

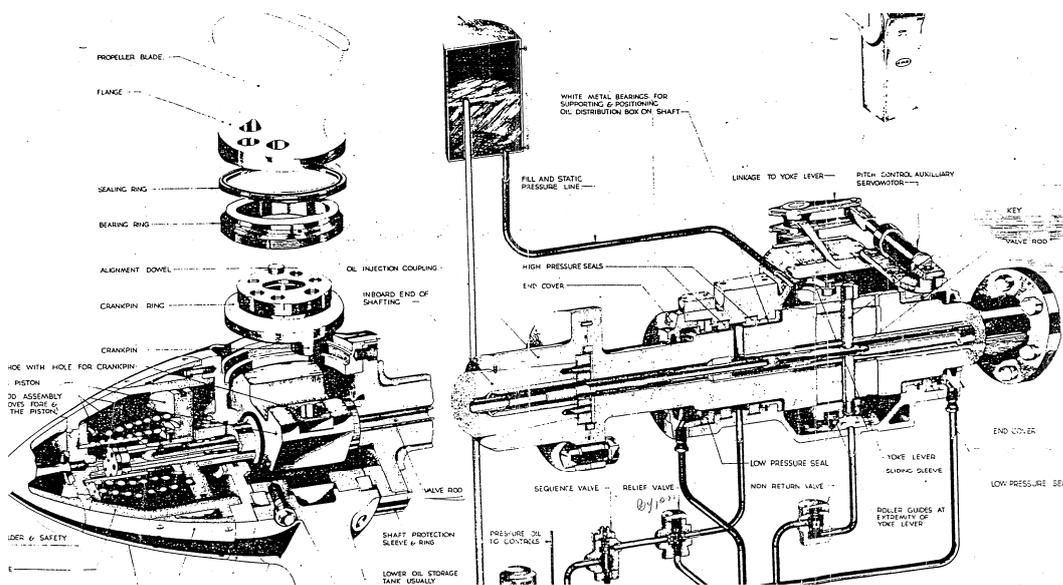


Fig.2

c. Descrizione dei modi di conduzione dell'impianto

La conduzione della propulsione poteva avvenire in due modi:

- Da Plancia mediante ordini coordinati giri- passo (una sola leva per ogni linea d'assi), normalmente durante le manovre e con navigazione in acque ristrette per esigenze connesse con una maggiore reattività del sistema;
- Da control room mediante leve di comando separate giri motore e passo eliche (due leve per ogni linea d'asse), normalmente dopo il FIM (Finito in Macchina) o comunque durante le navigazioni di trasferimento.

In condizione di condotta dalla Control Room, gli ordini relativi alle andature erano trasmessi dalla Plancia alla Macchina mediante i telegrafi di Macchina; l'ordine veniva trasmesso dalla Plancia muovendo la leva nella posizione di andatura richiesta; a questo corrispondeva un movimento del controindice nel telegrafo in control room (Fig.3) e l'intervento di un segnale acustico che veniva tacitato "accettando" il comando, ovvero spostando la leva in control room in corrispondenza del controindice dell'ordine impartito dalla plancia. Successivamente alla accettazione dell'ordine, il personale in Control room procedeva ad eseguirlo mediante manovra delle leve di comando, Fig.4.



Fig.3



Fig. 4

Gli ordini di macchina provenienti dalla Plancia o dalla Control Room erano trasmessi mediante segnale pneumatico ad aria compressa; tale segnale giungeva ai ricevitori di giri e passo posizionati rispettivamente sugli autoregolatori dei motori e sulla OBD delle eliche e veniva trasformato in segnale meccanico. In caso di controllo dalla Plancia esso era combinato motori-eliche per ottimizzare il funzionamento dell'elica ed evitare sovraccarico ai motori; il segnale pneumatico combinato attraversava un selettore cosiddetto "day/night service", utilizzato per impostare l'assetto propulsivo desiderato secondo la legge giri-passo riportata in Fig. 5, e infine giungeva ai citati attuatori sui motori e in locale Kamewa. In caso di "night service" gli attuatori mantenevano il valore del passo ad un valore più basso della corrispondente andatura in "day service"; tale accorgimento, unito al fatto che in assetto notturno era previsto mantenere in asse un solo motore per linea d'alberi, garantiva maggior comfort nelle ore notturne a favore dei passeggeri. Tale assetto, benché previsto in ambito progettuale, non risulta fosse effettivamente adottato.

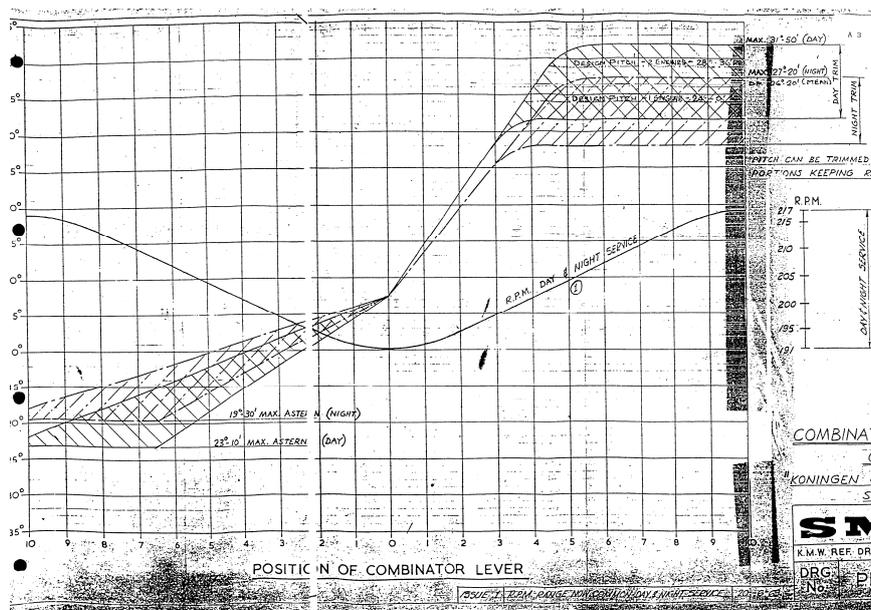


Fig. 5

d. Situazione delle visite ispettive di classe e prescrizioni presenti.