

NAVIGANDO NELLA TRANQUILLITÀ:

Propulsione Elettrica e Innovazioni nell'Isolamento Acustico dei Super Yacht

Di

Caner Dincol

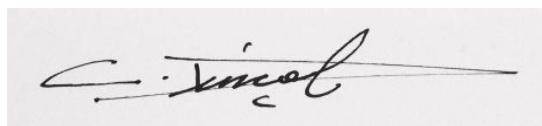
Ing. Navale & Perito

GMO. REG. NO. 1515

INVIATO AL DIPARTIMENTO DEI SERVIZI TECNICI DI ANTONINI NAVI S.R.L.

© LEROTEC S.R.L., 2024. Tutti i diritti riservati.

L'autore concede a GMO il permesso di riprodurre e
distribuire pubblicamente copie cartacee ed
elettroniche di questo documento in tutto o in parte.



Firma dell'autore 27 giugno 2024

Caner Dincol

LEROTEC S.R.L.

Con la presentazione di questo manuale di applicazione, in adempimento parziale dei requisiti per un titolo avanzato presso Antonini Navi S.R.L., acconsento che la Biblioteca di Antonini Navi S.R.L. renda liberamente disponibile il documento per consultazione e studio. Acconsento inoltre che il permesso per copie estese di questo manuale per scopi di supervisione possa essere concesso dal responsabile di Antonini Navi S.R.L. o dai suoi rappresentanti.

S'intende che la copia o la pubblicazione di questo manuale per scopi di lucro non sia consentita senza il mio consenso scritto.

I. Riassunto:

Le seguenti istruzioni per la selezione e l'installazione di sistemi di propulsione elettrica e di materiali per l'isolamento acustico per super yacht a scopo ludico sono fornite nella speranza che possano essere utili, ma senza alcuna garanzia (neanche la garanzia implicita d'idoneità per uno scopo particolare).

Lo scopo di questo documento è presentare le procedure per l'installazione del motore elettrico e dei materiali per l'isolamento acustico sulla base delle istruzioni presentate, attribuite ai metodi di applicazione esperti secondo le mie intenzioni. Si prega di informare l'autore di eventuali modifiche o miglioramenti da apportare.

II. Indice

<u>I.</u>	Riassunto	3
<u>II.</u>	Indice	4
<u>III.</u>	Introduzione	5
	A. Importanza del Silenzio e i suoi Effetti sugli Esseri Umani	5
	B. Contesto del Rumore Ambientale nei Super Yacht	6
<u>IV.</u>	Problemi di Inquinamento Acustico sui Super Yacht	7
	A. Motivi dell'inquinamento acustico sui Super Yacht	8
<u>V.</u>	Sistemi di Propulsione Elettrica e Innovazioni nell'Isolamento Acustico dei Super Yacht	9
<u>VI.</u>	Principali Passaggi per Mantenere il Silenzio sui Super Yacht	10
	A. Eliminazione della Fonte di Rumore	10
	B. Prevenzione della Propagazione del Rumore attraverso le Strutture	10
	C. Prevenzione della Propagazione del Rumore attraverso la Trasmissione Aerea	11
	D. Minimizzazione del Rumore Residuo negli Spazi Abitativi	11
<u>VII.</u>	Sistema di Propulsione Elettrificato Ibrido Seriale per Super Yacht	12
	A. Benefici e Applicazioni dei Sistemi Ibridi Seriali nei Super Yacht	12
<u>VIII.</u>	Conclusioni	14
<u>IX.</u>	Riferimenti	14

III. Introduzione:

I super yacht per diporto stanno diventando sempre più popolari tra i diportisti, offrendo un modo lussuoso e confortevole per esplorare le acque aperte. Con i progressi della tecnologia, molti armatori stanno considerando l'elettificazione dei sistemi di propulsione come un'alternativa più sostenibile e rispettosa dell'ambiente rispetto ai tradizionali motori diesel. Oltre ai vantaggi di un sistema di propulsione elettrificato, il funzionamento silenzioso dei motori elettrici comporta una significativa riduzione del rumore complessivo nelle aree vivibili dello yacht. Ciò è ottenuto eliminando le fonti di rumore che altrimenti richiederebbero un isolamento per un ambiente confortevole e silenzioso.

Di conseguenza, con minori misure necessarie per l'isolamento acustico, si può ottenere una riduzione del rumore migliorata a bordo dell'yacht. Alla LEROTEC SRL, forniamo servizi di consulenza e supervisione per l'elettificazione dei sistemi di propulsione per imbarcazioni da diporto a motore e a vela insieme all'isolamento acustico per gli yacht. Il nostro team di esperti ha un'ampia esperienza nell'installazione e nell'implementazione di sistemi di propulsione elettrica per vari tipi d'imbarcazioni, garantendo che il vostro yacht sia dotato del sistema più efficiente e affidabile disponibile.

A. Importanza del Silenzio e i suoi Effetti sugli Esseri Umani:

Il silenzio è cruciale per la salute umana poiché fornisce una pausa dallo stress indotto dal rumore. La ricerca ha dimostrato che l'esposizione a rumori costanti sopra gli ottantacinque decibel può portare a problemi come l'ipertensione e i disturbi del sonno. Incorporare momenti di silenzio, di sotto i trenta decibel, nella vita quotidiana può aiutare a ridurre lo stress, migliorare la funzione cognitiva e promuovere il benessere generale. Negli ambienti medici, il silenzio di sotto i quaranta decibel è stato riscontrato favorire il controllo del dolore, la guarigione e il comfort del paziente.

Riconoscere il valore del silenzio e mantenere bassi livelli di decibel possono beneficiare significativamente sia la salute fisica sia mentale.

B. Contesto del Rumore Ambientale nei Super Yacht:

L'inquinamento acustico nei super yacht è una preoccupazione crescente nell'industria marittima, derivante dalla crescente popolarità di queste imbarcazioni di lusso. L'uso di motori potenti, sistemi d'intrattenimento a bordo e altri equipaggiamenti meccanici sui super yacht generano alti livelli di rumore che possono influenzare l'ambiente marino e la comodità a bordo. Un eccessivo inquinamento acustico può disturbare la vita marina, interrompere gli ecosistemi e persino violare le normative locali sul rumore in certe regioni.

Poiché i super yacht continuano a crescere in dimensioni e complessità, gli sforzi per affrontare e mitigare l'inquinamento acustico sono diventati essenziali per garantire operazioni sostenibili e responsabili dell'yacht. Le strutture in acciaio, come quelle presenti nei super yacht, sono conosciute per le loro caratteristiche di conduzione del rumore. Ciò significa che il suono, sia generato internamente sia esternamente, può facilmente viaggiare attraverso i materiali.

IV. Problemi d'inquinamento acustico sulle super imbarcazioni:

L'inquinamento acustico sulle super imbarcazioni può creare diversi problemi, sia per coloro a bordo sia per l'ambiente circostante:

1. Disturbo agli ospiti e all'equipaggio: Il rumore eccessivo dai motori, macchinari e sistemi d'intrattenimento a bordo possono causare disagio e interrompere la tranquillità dei passeggeri e dei membri dell'equipaggio, influenzando la loro esperienza complessiva sulla nave.

2. Preoccupazioni per la salute e la sicurezza: L'esposizione prolungata a livelli elevati di rumore può causare danni uditivi, stress e affaticamento tra coloro a bordo. Questo può compromettere il benessere e le prestazioni delle persone, influenzando la loro salute e sicurezza complessiva.

3. Impatto ambientale: L'inquinamento acustico dalle super imbarcazioni può disturbare la vita marina, causando stress alle specie acquatiche e interferendo con i loro comportamenti naturali. Questo può avere conseguenze a lungo termine sugli ecosistemi marini, disruptando l'equilibrio e la biodiversità dell'ambiente circostante.

4. Conformità normative: Le normative locali e gli standard spesso limitano i livelli di rumore in ambienti marittimi per proteggere la vita marina e mantenere la qualità della vita per le comunità costiere. La mancata conformità a tali normative può comportare multe, sanzioni e danni alla reputazione per i proprietari e gli operatori di super imbarcazioni.

Affrontare i problemi d'inquinamento acustico sulle super imbarcazioni richiede l'attuazione di strategie di mitigazione del rumore, l'uso di tecnologie riducenti il rumore e il rispetto delle normative pertinenti per proteggere sia gli occupanti a bordo sia l'ambiente marino.

A. Motivi dell'inquinamento acustico sulle super imbarcazioni:

Nella trasmissione del suono per via aerea, il suono si propaga nell'aria senza incontrare ostacoli, mentre nella trasmissione per via strutturale; il suono si propaga attraverso i componenti del sistema strutturale.

Entrambi i tipi di rumore sono interconnessi; ad esempio, il rumore generato dai suoni viaggia prima attraverso l'aria (rumore aereo) e viene poi trasferito attraverso le vibrazioni tramite i sistemi strutturali (rumore strutturale). Queste strutture vibrano, trasmettendo il rumore attraverso tutti gli elementi di rinforzo (paratie, longitudinali, sentine, stringhe), raggiungendo infine l'orecchio del passeggero, creando disagio acustico.

La norma UNI EN 12354 definisce i percorsi aerei e per via strutturale della trasmissione del suono all'interno di un edificio che portano a disagio acustico in tutta la struttura. Insieme a questa dicotomia di comunicazione, si può anche identificare una differenza fra trasmissione diretta e trasmissione indiretta o adiacente. In un ambiente specifico caratterizzato da disagio acustico, il suono parte da una sorgente e raggiunge un secondo ambiente, considerato disturbante o il ricevente. Mentre viene trasmesso dall'ambiente disturbante all'ambiente ricevente, vengono seguiti diversi percorsi di propagazione.

Le principali fonti d'inquinamento acustico sulle super imbarcazioni sono i motori di propulsione termica e i gruppi elettrogeni, con contributi aggiuntivi da suoni naturali come onde e forze del vento. Ridurre efficacemente l'inquinamento acustico comporta l'affrontare queste fonti primarie di rumore. Il trasferimento delle forze di propulsione dai motori principali termici alla struttura dello scafo tramite gli ammortizzatori dei supporti del motore potrebbe non essere sufficiente per impedire che il rumore e le vibrazioni del motore permeino la struttura dello scafo. Poiché il compito principale degli ammortizzatori delle staffe del motore è quello di trasmettere la potenza di propulsione al guscio del corpo, senza impedire che il rumore e le vibrazioni del motore termico si diffondano come previsto. Pertanto, la sostituzione dei motori termici con alternative alimentate elettricamente è fondamentale per ridurre i suoni e le vibrazioni correlati alla combustione. Racchiudere i gruppi elettrogeni in cabine con isolamento

acustico e implementare supporti di assorbimento delle vibrazioni isolanti acusticamente sotto i loro telai possono ridurre efficacemente la trasmissione del rumore per via strutturale attraverso lo scafo in acciaio. Inoltre, l'isolamento esaustivo delle superfici interne dello scafo può impedire che rumori per via strutturale e aereo raggiungano le aree abitative dell'yacht. Qualsiasi suono residuo può essere assorbito integrando materiali di assorbimento del suono specializzati negli elementi non strutturali come mobili, soffitti, pavimenti e porte. Abbracciare il metodo dei mobili galleggianti è anche vitale per creare un ambiente senza rumori a bordo dell'yacht contribuendo al raggiungimento della comodità del silenzio.

V. Sistema di propulsione elettrica e innovazioni in isolamento

acustico:

Nonostante i sistemi di propulsione elettrificati stiano guadagnando popolarità grazie all'avanzamento della tecnologia delle batterie, ci sono significative applicazioni che mettono in evidenza i casi d'uso più adatti dei sistemi di propulsione elettrici. La propulsione elettrica offre un controllo completo sulla distribuzione di potenza tra i pacchi batterie e i gruppi elettrogeni in base alle esigenze di navigazione. Oltre a ciò, i sistemi di propulsione elettrici portano a minori requisiti di manutenzione, sostenibilità, l'uso di energie rinnovabili e contribuiscono alla riduzione del rumore e dell'inquinamento ambientale come effetti collaterali positivi. Esistono principalmente due tipi di sistemi di propulsione elettrificati. Questi sono sistemi paralleli e seriali. Per scafi dislocante il sistema di propulsione elettrica seriale è il più vantaggioso a causa della sua versatilità, gestibilità e maggiore efficienza. In generale, è composto di gruppi di generatori, pacchi batterie, un modulo di gestione della potenza e motori di propulsione elettrici. Questo sistema fornisce una gestione totale della potenza per l'ottimizzazione della funzionalità, l'autoprotezione e l'efficienza più elevata possibile. Come effetto collaterale positivo, questo sistema di propulsione non genera rumore per via strutturale attraverso lo scafo. La tecnologia dei materiali avanzati per l'isolamento acustico fornisce yacht completamente silenziosi. Grazie ai nuovi materiali sostenibili, è possibile ottenere una maggiore durata, sicurezza sanitaria totale e materiali ad alte prestazioni.

Come detto in precedenza, un isolamento acustico completo inizia con l'eliminazione delle fonti sonore per quanto possibile e prosegue con l'isolamento del rumore in ogni

area isolabile. Grazie agli sviluppi nei nuovi materiali tecnologici e alla loro combinazione in pannelli, questo sistema d'isolamento è applicato con successo negli spazi abitativi con nuovi materiali per mobili e metodi di assemblaggio.

VI. Principali Passaggi per Mantenere il Silenzio sulle Super Yacht:

Mantenere il completo silenzio e la comodità acustica è una priorità assoluta per i proprietari e gli ospiti dei super yacht. Questa sezione descrive i principali passaggi che i designer e i costruttori di yacht devono compiere per garantire i più alti livelli di serenità a bordo di queste lussuose imbarcazioni.

A. Eliminare la Fonte di Rumore:

Il metodo più efficace e il punto di partenza per combattere l'inquinamento acustico è eliminare le fonti di rumore il più possibile e sostituirle con alternative a minor emissione di rumore. La soluzione prevista per il nostro obiettivo è la sostituzione dei motori di propulsione termica con motori attivati elettricamente. Poiché i motori termici hanno una combustione interna e molte parti mobili opposte, sono significativi emettitori di rumore, vibrazioni e persino radiazioni prodotte da metalli stressati. Tuttavia, i motori elettrici hanno un movimento rotativo e nessuna parte mobile opposta, il che crea meno rumore e vibrazione. In altre parole, non ci sono superfici che interagiscono per attrito tra loro. Per questo motivo, quei motori elettrici non producono tanto rumore rispetto alla loro potenza di trazione come altri tipi di motori.

B. Prevenire la Propagazione del Rumore Attraverso le Strutture:

Il rumore può entrare nella struttura attraverso il contatto diretto e/o la trasmissione per via aerea. Secondo il tipo di materiale strutturale, il rumore si propaga più velocemente e con meno perdita di energia attraverso la struttura. Come passo principale, bisogna prevenire la conduzione del rumore nella struttura. Il contatto diretto con le fonti di rumore deve essere eliminato. In alternativa, gli elementi da installare sulla struttura dovrebbero essere scelti privi di rumore e vibrazioni.

L'operazione silenziosa dei motori di propulsione elettrica, che devono essere montati

sulla struttura dello scafo, fornisce un vantaggio significativo per raggiungere l'obiettivo delle super yacht silenziose. I motori termici dei gruppi elettrogeni sono montati sui loro telai. Possono essere completamente isolati dalla struttura dello scafo, poiché la potenza prodotta viene condotta attraverso cavi elettrici che non trasmettono forze meccaniche. Inoltre, i gruppi elettrogeni possono essere posizionati in cabine con isolamento acustico per ridurre la propagazione del rumore per via aerea.

C. Prevenire la Propagazione del Rumore per Trasmissione Aerea:

Anche se le misure preventive sopra aiutano ad eliminare il rumore aerea, potrebbero ancora esserci rumori residui che penetrano nella struttura. Questo rumore residuo dovrebbe essere fermato nella sua propagazione negli spazi abitativi applicando un isolamento acustico sui lati interni dello scafo. L'idea principale dell'isolamento acustico è fermare le superfici emettitrici di rumore con una barriera e assorbire l'energia di rumore rimanente utilizzando materiali isolanti a celle chiuse. Il rumore propagantesi per via aerea si sposta in tutte le direzioni e le vibrazioni sonore tendono a far vibrare ogni superficie influenzata dalle onde sonore. Per prevenire la propagazione del suono e gli echi del rumore, le superfici che il suono incontra devono essere assorbenti, terminando con una barriera che impedisce al suono di propagarsi strutturalmente in altre sezioni dell'yacht. L'energia sonora è assorbita dal materiale isolante acustico a celle chiuse mentre viaggia attraverso di esso. Per questo motivo, tutte le superfici interne dello scafo in acciaio dovrebbero essere coperte per eliminare tutti tipi di rumore.

D. Ridurre al Minimo i Rumori Residui negli Spazi Abitativi:

Dopo tutti i metodi di prevenzione sopra menzionati, potrebbero ancora esserci rumori residui che potrebbero disturbare il proprietario e gli ospiti dell'yacht. Come misura finale e completa, i mobili e gli elementi degli spazi abitativi, come soffitti, pavimenti, armadi, paratie non strutturali, letti e divani, dovrebbero essere realizzati utilizzando pannelli isolanti e assorbenti. Inoltre, questi elementi dovrebbero essere montati in modo da muoversi liberamente in risposta ai movimenti di torsione dello scafo, una

caratteristica conosciuta come "sistema di mobili flottanti".

Il sistema di mobili flottanti prevede di montare i mobili su ammortizzatori o molle per isolarli dallo scafo e ridurre vibrazioni o rumori. Questo non solo fornisce un'ulteriore isolamento acustico, ma migliora anche il comfort e il lusso degli spazi abitativi dello yacht. Scegliere materiali con proprietà isolanti acustiche per i mobili e gli arredi può minimizzare ulteriormente le distrazioni da rumore per il proprietario e gli ospiti dello yacht. Applicando queste misure finali, i livelli di rumore complessivi sull'yacht possono essere significativamente ridotti, creando un ambiente tranquillo e piacevole per tutti a bordo.

VII. Sistema di Propulsione Elettrificato Ibrido Seriale per Super Yacht:

Un sistema di propulsione elettrificato ibrido seriale per super yacht combina i vantaggi di un sistema di propulsione elettrico con una fonte di energia tradizionale, come un generatore diesel. In questo sistema, il generatore diesel funge da estensore di autonomia per caricare le batterie che alimentano i motori elettrici, il quale a loro volta alimenta il sistema di propulsione.

Questo settaggio offre diversi vantaggi per i super yacht, tra cui un'efficienza del carburante aumentata, emissioni ridotte e livelli di rumore inferiori. Il sistema di propulsione elettrificato consente una navigazione silenziosa, rendendolo ideale per i proprietari ecologici e offrendo un'esperienza più lussuosa e tranquilla per gli ospiti a bordo.

Inoltre, il sistema ibrido seriale offre flessibilità nella gestione dell'energia, consentendo diversi modi di operazione per ottimizzare l'efficienza in base alla velocità, al carico e alle condizioni ambientali. Globalmente, un sistema di propulsione elettrificato ibrido seriale è una soluzione all'avanguardia per i super yacht che desiderano potenziare sostenibilità e prestazioni mantenendo lusso e comodità.

A. Vantaggi e Applicazioni dei Sistemi Ibridi Seriali nei Super Yacht:

Il sistema di propulsione elettrica seriale offre molti vantaggi per i super yacht a scafo dislocante. I motori senza manutenzione, che non emettono rumore o vibrazioni, forniscono una notevole comodità. Ogni modulo motore ha una potenza massima di 1000 kW e moduli aggiuntivi possono essere aggiunti per raggiungere la potenza necessaria. L'albero dell'elica può essere collegato direttamente al rotore del motore per eliminare la necessità di un cambio e ridurre le perdite meccaniche.

Con requisiti di potenza variabili, i gruppi elettrogeni possono essere attivati automaticamente ed eventuali carenze di potenza durante i passaggi possono essere integrate con batterie. Tutti i calcoli di potenza e le modalità di utilizzo saranno organizzati automaticamente dal modulo di gestione dell'energia. Il drivetrain dell'elica sarà protetto da fusibili termici in caso di groviglio di funi o catene o collisione dell'elica con il fondale marino, garantendo che i fusibili aprano il circuito per fermare il sistema di propulsione senza causare danni all'intero sistema.

Poiché le richieste di potenza e coppia non sono direttamente correlate alle rivoluzioni al minuto dell'elettrico motore, i motori termici dei gruppi elettrogeni sono ottimizzati per le loro specifiche rivoluzioni al minuto e condizioni di potenza. Ciò garantisce che i motori termici dei generatori siano mantenuti nelle migliori condizioni come consigliato dai produttori. Ciò è reso possibile attraverso il modulo di gestione dell'energia, che consente ai gruppi elettrogeni di operare in condizioni variabili di rivoluzione al minuto, mantenendo comunque le condizioni di lavoro al loro livello ottimale come consigliato dai produttori.

I motori elettrici possono essere operati a specifiche rivoluzioni il minuto. Con quest'unico vantaggio dei motori elettrici, la navigazione tramite pilota automatico sull'yacht può essere realizzata creando differenze nelle rivoluzioni al minuto tra i motori di dritta e di sinistra. Ciò consente di assicurare il percorso di navigazione senza la necessità di operazioni del timone, che possono causare resistenze significative ed effetti oscillanti. L'intera operazione di correzione del percorso verrà eseguita in modo fluido tramite l'integrazione con il sistema di gestione dell'energia e la comunicazione del pilota automatico.

L'autonomia di navigazione senza far funzionare i gruppi elettrogeni del super yacht è limitata dalla potenza e capacità della batteria. Tuttavia, con lo sviluppo della tecnologia delle batterie in futuro, quest'autonomia di navigazione potrebbe essere migliorata. Pertanto, in futuro, senza alcuna modifica all'intero sistema di propulsione elettrica ibrido seriale, le batterie possono essere sostituite per ottenere una maggiore autonomia di navigazione.

Il sistema di propulsione elettrica ibrido seriale offre una quasi pesante capacità di navigazione continua. I motori elettrici di propulsione sono completamente protetti da eventuali incidenti possibili, completamente privi di manutenzione, e immuni alle condizioni marine umide e corrosive, fornendo un affidabile sistema di propulsione. Il sistema di gestione dell'energia attiverà i gruppi elettrogeni come necessario. Pertanto, in caso di guasto di un qualsiasi gruppo elettrogeno, i gruppi elettrogeni di riserva saranno pronti a mantenere la navigabilità dell'yacht senza sacrificare la sua velocità di crociera.

VIII. Conclusione:

Il sistema di propulsione e l'intero isolamento acustico di un yacht a scafo in acciaio sono totalmente integrati. Le misure correttive del sistema di propulsione per ridurre le emissioni rumorose dovrebbero essere supportate da materiali isolanti innovativi e metodi d'installazione. Il sistema di propulsione elettrificato non è solo per mantenere l'energia verde sostenibile per navigare sugli yacht, ma anche per fornire silenzio supportato da nuovi materiali isolanti acustici che favoriscono la salute umana complessiva.

IX. Riferimenti:

Desidero ringraziare le persone molto preziose con le quali ho consultato per trarre vantaggio dalla loro qualificata esperienza e conoscenza avanzata nella preparazione della mia tesi.

Prof. Dott. Branimir Ručojčić'- TEMA Marine Electric-Hybrid Propulsion System.

Mag. Bojan Nikolovski - TEMA Marine Electric-Hybrid Propulsion System.

Mr. Ender Erkut - Cellofoam International GmbH.

Mr. Christian Ferre' - Nord Compensati Srl.

Ms. Elena Balleri – Mr. Alessandro Croce - 3BMust International.



Caner Dincol

Ing. Navale & Perito Marittime / Naval Architect & Marine Survey

Lerotec S.R.L.

+39.379 213 7218 (Italia) / info@lerotec.com

Via Andrea Appiani 21 CAP 20900 MONZA (MB) – ITALIA.

P.IVA / Codice Fiscale : 13175790966 / COD. SDI : QULXG4S / Numero REA : MB – 2707093

PEC : lerotec@legalmail.it

www.lerotec.com