



DITEN

Department of Electrical, Electronic, Telecommunications Engineering and Naval Architecture
Polytechnic School, University of Genoa

IEN - Impianti elettrici navali

Prof. Ing. Federico Silvestro



Lezione n° 2



Indice

- Caratteristiche delle macchine
- Valutazioni economiche
- Livello di elettrificazione della nave
- Caratteristiche degli impianti elettrici di bordo



Caratteristiche delle macchine

Le caratteristiche che devono possedere le macchine utilizzate a bordo dei mezzi navali sono:

- Grande sicurezza di esercizio e affidabilità, anche nelle situazioni più difficili.
- Pesi e ingombri ridotti.
- Adattabilità alle forme dello scafo delle navi.
- Elevata resistenza all'azione corrosiva dell'acqua e dell'aria marina.
- Facilità di conduzione, smontaggio e manutenzione.
- Riduzione al minimo possibile delle possibili fonti di incendio
- Grande manovrabilità.
- Capacità di funzionare in piena efficienza e sicurezza
- Capacità di funzionare anche con diversi combustibili



Classificazione apparati motori

- **Tipo di motore primo** \Rightarrow motore Diesel, turbina a vapore, turbina a gas.
- **Tipo di combustibile** impiegato \Rightarrow nafta pesante, Diesel - oil, carbone, materiale fissile per i reattori nucleari.
- **Sistema di trasmissione** della potenza meccanica dal motore primo all'elica \Rightarrow trasmissione diretta, mediante ingranaggi, idraulica, elettrica.



Valutazioni tecnico-economiche (1/2)

- Potenza per ottenere le velocità d'avanzamento richieste nelle diverse condizioni.
- Costi iniziali.
- Consumi specifici di combustibile
- Consumi di lubrificante.
- Costi di manutenzione prevedibili.
- Numero e qualifica richiesti per il personale di macchina.
- Comfort a bordo della nave



Valutazione tecnico-economica (2/2)

- Costi e disponibilità dei diversi combustibili dei motori termici sulle rotte più probabili.
- Peso e volume richiesto dall'apparato motore e dalla relativa scorta di combustibile che vanno a sottrarsi al carico pagante (merci o passeggeri).
- Oneri relativi alle scorte di pezzi di ricambio da tenere disponibili sia a bordo della nave, sia nella sede di armamento.



Osservazioni

- Il tipo di mezzo (*navale* **militare**, *commerciale* **mercantile**, *flexible* **passenger**) determina il peso dei vari fattori. In conformità a tali parametri possono essere fatti dei confronti tra le varie soluzioni:
- il **motore Diesel** rispetto agli impianti con turbina a vapore, a parità di potenza erogata, consente d'avere minori consumi di combustibile,
 - Il ~~carbone~~ rispetto agli oli combustibili, presenta difficoltà di maneggio, pulizia e misura, ed ha volume e peso maggiori, a parità di potere calorifico.
 - Le **turbine a gas** hanno ridotti pesi ed ingombri, rapidità di avviamento, quindi il loro utilizzo è limitato a particolari unità navali come possono essere alcuni tipi di quelle della marina militare.



Applicazioni elettriche a bordo nave

- Le applicazioni elettriche a bordo nave mostrano un crescente andamento nel corso del ventesimo secolo.
- Ad oggi tutte le funzioni di bordo dipendono dall'energia elettrica (ad esempio):
 - Governo e navigazione
 - Servizi ausiliari di scafo
 - Macchina e coperta
 - Apparati di comunicazione
 - Illuminazione
 - Ventilazione e condizionamento dell'aria
 - Automazione

HVAC

→ AV X PASTORS



Livello di elettrificazione della nave

- Il grado di penetrazione dell'energia elettrica a bordo della nave è misurato dal *coefficiente di elettrificazione (CE)*:

$$CE = \text{Potenza Elettrica Installata} / \text{Taglia della Nave}$$

- La potenza in kW è la somma delle potenze nominali delle apparecchiature installate (lato utente o lato generazione)
- La taglia della nave è espressa dall'unità di misura più significativa per la tipologia considerata: Tonnellate di Stazza Lorda, Portata Lorda, TEU, Dislocamento, ecc.



Valore del CE

- Il CE è utile nel progetto preliminare, perché risulta caratteristico ed invariante nel breve periodo del tipo di nave.
- Il CE riferito alla potenza dei generatori è una informazione pubblica (registri di classificazione), mentre quello riferito all'utenza può essere una informazione riservata.
- Per le navi in servizio, il CE rappresenta un indicatore complementare del livello tecnologico e quindi commerciale della nave
- Il CE per le navi da guerra e per il diporto, ha come unità di misura per la taglia il dislocamento standard.



CEM

- Una forma particolare del coefficiente di elettrificazione (CEM) rapporta la potenza installata degli ausiliari rispetto alle macchine per la propulsione.
- Maggiore è il valore di CEM, tanto più è l'interesse per la propulsione elettrica.



Caratteristiche degli impianti elettrici navali

- Per una nave l'insufficienza o l'inefficienza anche parziale dell'impianto elettrico non è ammissibile per le severe limitazioni che comporterebbe.
- Le caratteristiche essenziali per un impianto elettrico devono essere pertanto:
 - Affidabilità
 - Continuità del servizio
 - Peso ed ingombro

Affidabilità

- A bordo le condizioni di esercizio per le apparecchiature sono decisamente sfavorevoli a causa dell'ambiente e delle sollecitazioni meccaniche.
- Le apparecchiature elettriche per garantire un elevato grado di affidabilità devono pertanto essere studiate appositamente per il navale, oppure declassando le soluzioni per l'ambito industriale



≡ 9 INTERFACCIA



Principali condizioni sfavorevoli per le apparecchiature

- L'ambiente sfavorevole per le apparecchiature elettriche è legato a:
 - Alto tenore di umidità
 - Salino dell'umidità marina
 - Vapore acqueo legato agli impianti a vapore
 - Vapori d'olio e temperature elevate (sala macchine)
 - Vibrazioni, oscillazioni e inclinazioni permanenti
 - Condizioni gravose di esercizio (variazioni significative di carico, funzionamento in emergenza)
 - Pericolo legato alle correnti di corto (caratteristiche di ottimo conduttore dello scafo)



Continuità del servizio

- Oltre a garantirne l'affidabilità, un parametro essenziale è l'alimentazione con continuità. In particolare garantire in emergenza l'alimentazione delle **utenze essenziali** alla **sicurezza** della nave (pompe incendio, ausiliari di macchina, pompe del timone, segnalazione e comunicazione, ecc.)
- La continuità riguarda l'impianto elettrico nel suo complesso:
 - Necessità di un compromesso tra continuità e semplicità dell'impianto
 - Numero dei generatori, quadri principali, schemi di distribuzione
- La continuità dipende dalle protezioni scelte e dal loro coordinamento



Pesi ed ingombri

- Gli impianti elettrici costituiscono una parte notevole e in continuo aumento rispetto al totale delle apparecchiature.
- Necessità nelle navi di pesi ed ingombri ridotti
- Necessità di apparecchiature semplici e gestibile da personale non qualificato
- Necessità di apparecchiature unificate e standard per garantire approvvigionamento e continuità operativa della nave.



Frequenza di rete negli impianti navali

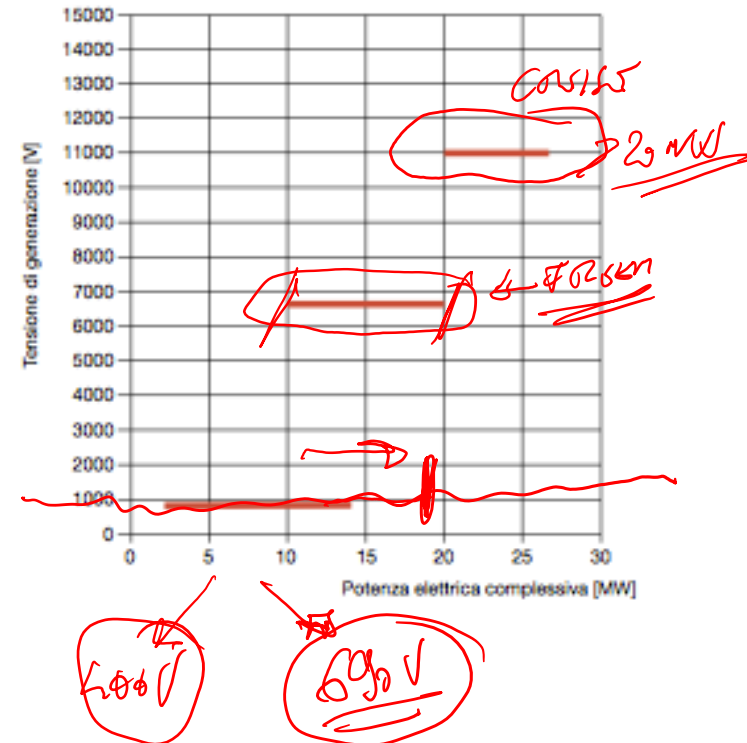
- Attualmente gli impianti navali sono eserciti in alternata a frequenza 50-60 e 400 Hz, sebbene per esigenze di unificazione il sistema a 60 Hz è preponderante. Recentemente sulle costruzioni mercantili, soprattutto in Europa si sta ritornando a 50 Hz, per poter utilizzare le apparecchiature industriali a minor costo. I turboalternatori sono comunque a 60 Hz.
- Sono ammesse tolleranze del $\pm 10\%$ nelle fasi transitorie (con durata massima di 10 s), e del $\pm 5\%$ a regime.



Tensione e potenza a bordo

Il valore della tensione di distribuzione primaria dipende dalla potenza complessiva di bordo.

- Per grandi navi:
 - Si prevede normalmente un livello di tensione a 11kV quando la capacità complessiva dei generatori supera i 20MW e sono presenti motori con potenze maggiori di 400kW,
 - oppure una tensione di 6.6kV quando la capacità complessiva dei generatori varia da 10MW a 20MW e sono presenti motori con potenze massime attorno ai 300kW.
- Navi medie (yacht o navi)
 - la potenza complessiva dei generatori risulta essere di qualche megawatt fino a circa 12MW, la generazione e la distribuzione avvengono normalmente in bassa tensione con un valore di tensione solitamente di 440V o 690V.





Livelli di tensione

- La tensione di esercizio sulla distribuzione secondaria concatenata è 450/400 per i sistemi a 60 Hz e 400/380 per i sistemi a 50 Hz.
- La distribuzione primaria è trifase, senza neutro, con centro stella isolato.
- Il livelli di potenza massimi ammissibili, in termini tecnico-economico sono pari a 6-8 MW. Oltre occorre lavorare con tensioni più elevate (0,69 , 1 fino a 10 kV)



Tendenza

- In realtà si parla di arrivare fino a 20 MW in BT
- Vantaggi ottenibili all'aumentare del livello di tensione:
 - 1) Riduzione sezione dei cavi, quadri e pertanto ingombri e pesi
 - 2) Aumento della potenza massima dei motori asincroni a gabbia
 - 3) Aumento selettività protezioni e riduzione correnti di corto grazie alla presenza di trasformatori
 - 4) Aumento potere di interruzione (correnti minori)

SVANTAGGI

- 1) D'altra parte l'utilizzo di livelli che rientrano nella categoria d'alta tensione, pone problemi non indifferenti per l'isolamento delle varie parti in tensione, anche perché l'ambiente d'esercizio presenta elevati livelli d'umidità e facilità di depositi salini.
- 2) Oltre a ciò, bisogna considerare anche il fatto che attualmente le tensioni inverse di picco sopportabili dalle valvole elettroniche dei convertitori di potenza, hanno dei valori piuttosto limitati.

Quindi nei casi in cui la scelta della tensione nominale cada sui valori più elevati, bisogna prevedere una delle seguenti soluzioni:

- 1) • utilizzo di trasformatori abbassatori per l'alimentazione dei convertitori elettronici di potenza.
- 2) • messa in serie di più valvole, per assicurare la tenuta alle tensioni inverse.



Variazioni della tensione

- In base alle norme del RINA (Registro Italiano NAvale), le fluttuazioni relative della tensione delle reti di bordo, non devono oltrepassare il $\pm 20\%$ in fase transitoria (che deve avere la durata massima di 1,5 s), e di + 6 % e – 10 % a regime.



DITEN

Department of Electrical, Electronic, Telecommunications Engineering and Naval Architecture
Polytechnic School, University of Genoa

Impianti elettrici navali

GRAZIE

