

Generalità ai sistemi elettrici navali

Si sta assistendo in questi ultimi anni ad una penetrazione elettrica sempre maggiore in campo navale, e di conseguenza all'aumento della potenza elettrica in gioco.

Il sistema elettrico navale è autonomo e indipendente dal mondo esterno, si ha pertanto la presenza a bordo di tutto ciò che è necessario per il funzionamento di tale impianto, come organi di generazione, di trasmissione, di distribuzione ed infine d'utilizzazione.

La potenza elettrica complessiva di bordo è ripartita sui più svariati carichi, che vanno dall'illuminazione, ai compressori per l'aria condizionata, ai frigoriferi, alle pompe d'esercizio e d'emergenza, ai motori di sollevamento, ai servizi nelle cabine, a quelli di comunicazione e navigazione e, per diversi tipi di nave anche ai motori per le eliche di propulsione e manovra.

L'introduzione dell'energia elettrica a bordo delle navi si è avuta alla fine dell'ottocento, ed essendo la forma di energia più pulita e flessibile, ha avuto un rapido sviluppo sostituendo tutte le altre forme di energia precedentemente utilizzate. Attualmente, con l'evoluzione dei servizi, l'energia elettrica è indispensabile per il funzionamento di una nave.

Per le navi da crociera o per i megayachts la soluzione AES (AES: all electric ship), è particolarmente indicata data l'elevata potenza richiesta dai servizi ausiliari. In questi casi, la convenienza nell'elettrificazione della nave è resa ancora più conveniente dalla riduzione della potenza totale dei motori primi da installare a bordo. L'abbandono della soluzione "meccanica" e dei relativi dispositivi (giunti) permette, non solo di ottenere andature flessibili a seconda delle condizioni di navigazione, ma anche di ridurre consumi e manutenzioni (in particolare se la nave deve operare in condizioni estreme: si pensi ad esempio alle continue sollecitazioni nelle navi rompighiaccio).

I principali vantaggi derivanti dall'introduzione della propulsione elettrica sono:

- Riduzione dei vincoli di volume e posizione rispetto alla soluzione dell'azionamento meccanico a vantaggio del carico/passeggeri e della manovrabilità della nave
- Riduzione di rumori e vibrazione grazie all'eliminazione delle parti meccaniche
- Frazionamento ottimale della potenza dei motori primi per ottenere il massimo rendimento nelle diverse condizioni di funzionamento
- Aumento della disponibilità della potenza elettrica ai servizi ausiliari
- Maggior grado di automazione con conseguente riduzione del personale

Un impianto elettrico navale costituisce un apparato "isolato" in quanto non ha possibilità d'interconnessione con altri sistemi esterni di energia, e di conseguenza deve essere autosufficiente per le sue molteplici finalità. Per questo motivo è preferibile avere un numero elevato di sottosistemi che compongono l'intero sistema nave.

Alcuni di tali componenti sono:

- **Sistema per la generazione dell'energia elettrica;**
- **Impianto di distribuzione dell'energia elettrica;**
- **Sistema di propulsione;**
- **Sistemi per la movimentazione delle merci;**
- **Sistemi d'ausilio per la navigazione;**
- **Sistemi per le telecomunicazioni;**
- **Impianto di condizionamento, illuminazione**
- **Impianto d'emergenza.**

Nel corso degli ultimi anni le applicazioni elettriche a bordo delle navi sono aumentate notevolmente ed allo stato attuale tutte le attività vengono svolte mediante l'energia elettrica, e la tendenza futura è quella di una totale elettrificazione della nave; si parla infatti di navi *full electric*. Il sistema elettrico di bordo è costituito da una vasta gamma di apparecchiature e, al variare della missione che esse devono assolvere, si possono distinguere tre diversi tipi di apparati che possono così schematizzarsi:

- **PRODUZIONE ENERGIA** suddivisa in meccanica, termica convenzionale, ibrida e di emergenza;
- **DISTRIBUZIONE** che riguarda le stazioni di trasformazioni, le reti primarie, le stazioni di conversione e le cabine di distribuzione, le reti secondarie e la quadristica;
- **CARICHI** suddivisi in impianti di propulsione, impianti ausiliari e carichi ordinari, impianti di sicurezza e impianti speciali.

La caratteristica principale di un impianto elettrico di una nave è quella di essere un sistema isolato, quindi l'insufficienza o l'assenza d'energia rappresenta un problema rilevante in quanto viene seriamente compromessa la funzionalità operativa.

Si pensi ad esempio alla mancanza d'alimentazione per le apparecchiature elettriche di navigazione, telecomunicazione e governo.

In particolare la disponibilità d'energia elettrica è assolutamente indispensabile in condizioni d'emergenza per azionare i carichi dei sistemi di sicurezza come l'impianto antincendio, i verricelli per il calo delle scialuppe, la chiusura delle porte stagne e qualsiasi altra operazione che gestisca la safety.

A bordo delle navi il funzionamento delle apparecchiature elettriche non è per niente agevole viste le condizioni sfavorevoli d'esercizio cui sono sottoposte come le avverse condizioni ambientali (forti escursioni termiche, elevato tasso di umidità, alta corrosione da salsedine) e le notevoli sollecitazioni meccaniche (forti vibrazioni, ripetuti movimenti dello scafo dovuti ai naturali movimenti di beccheggio e rollio).

Per questi motivi le macchine che comunemente si utilizzano per gli impianti terrestri non sono facilmente adoperabili a bordo, in quanto le norme richiedono soluzioni appropriate.

Le condizioni d'esercizio di un impianto elettrico a bordo sono molto gravose se rapportate a quelle di un analogo impianto terrestre; infatti, esso è un esempio di rete non prevalente dove il rapporto tra potenza generata e potenza utilizzata dai carichi è molto prossimo all'unità anche al variare dei diversi profili operativi.

Ciò vuol dire che si possono verificare usualmente forti oscillazioni di tensione e frequenza dovute ad inserzioni di grosse utenze come ad esempio i motori di propulsione. Inoltre, le linee elettriche sono di lunghezza ridotta e di conseguenza le correnti di cortocircuito sono molto sostenute.

Altro aspetto molto importante e che rende particolare il sistema elettrico di bordo è il limitato spazio disponibile per i componenti, ed inoltre il loro peso deve essere quanto più contenuto per evitare di sottoporre lo scafo ad elevato stress.

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

1. Grande sicurezza di esercizio e affidabilità, anche nelle situazioni più difficili.
2. Pesi e ingombri ridotti.
3. Adattabilità alle forme dello scafo delle navi.
4. Elevata resistenza all'azione corrosiva dell'acqua e dell'aria marina.
5. Facilità di conduzione, smontaggio e manutenzione.
6. Riduzione al minimo possibile delle possibili fonti di incendio (uno dei pericoli più gravi che un equipaggio e i passeggeri possano essere chiamati a fronteggiare, specie se in alto mare).
7. Grande manovrabilità.
8. Capacità di funzionare in piena efficienza e sicurezza, anche in presenza di forti movimenti di rollio e beccheggio, ed anche di inclinazioni permanenti dovute a movimenti accidentali del carico non perfettamente stivato, oppure a variazioni dell'assetto dello scafo a causa di falle.
9. Capacità di funzionare anche con diversi combustibili, reperibili facilmente nei vari porti

Per dimensionare la potenza elettrica da installare a bordo si deve considerare che il sistema elettrico di una nave opera in condizioni abbastanza differenti tra loro che si differenziano al variare del tipo di nave (rimorchiatore, nave da crociera, mercantile, militare, ecc) dal numero di passeggeri e dal carico imbarcato.

In ogni caso le tipiche condizioni operative sono le seguenti:

- **Condizioni operative continuative in navigazione;**
- **Condizioni operative continuative in sosta;**
- **Condizioni operative saltuarie (manovra ed emergenza).**

La generazione d'energia elettrica a bordo di una nave è principalmente affidata a gruppi elettrogeni che possono essere costituiti da un generatore accoppiato ad un motore diesel o ad una turbina (a gas o a vapore) con i relativi accessori, i quali devono fornire energia a tutto l'impianto in qualsiasi condizione di funzionamento.

La potenza erogata è suddivisa su più gruppi, come suggeriscono le norme internazionali, in modo tale da assicurare una maggiore continuità ed affidabilità del servizio e migliorare le prestazioni di ciascun elettrogeno, anche se la ripartizione in più gruppi è svantaggiosa dal punto di vista dell'ingombro, peso e costo d'installazione.

Fino alla metà del secolo scorso, le potenze elettriche installate a bordo erano dell'ordine dei 10kW e le attività di coperta venivano svolte usufruendo di attrezzature non elettriche; successivamente, in linea col progresso tecnologico, è andata sempre più aumentando l'introduzione dell'elettronica sulle navi il che ha semplificato notevolmente lo svolgimento di molte attività.

Questo rapido progresso ha fatto nascere molte questioni circa il miglioramento della funzionalità operativa dell'impianto elettrico, questioni che sono del tutto analoghe a quelle in discussione nel settore degli impianti elettrici terrestri sia industriali che civili.

Per identificare il livello tecnico e la modernità delle attrezzature di bordo nel caso di navi già costruite, o per stabilire nell'ambito della progettazione la potenza da installare a bordo, si fa riferimento al coefficiente d'elettrificazione. Esso costituisce un indice del grado di elettrificazione di una nave, e viene riportato col simbolo **K_E**.

Tale coefficiente è espresso dal rapporto tra la potenza installata in generazione, espressa in kW, e un parametro caratteristico della nave:

- Dislocamento (per navi militari);
- Portata lorda (per navi mercantili);
- Stazza (per navi passeggeri).

Per il calcolo del coefficiente d'elettrificazione, invece della potenza installata (potenza generata), si può anche considerare la potenza nominale dell'insieme di tutti gli utenti di bordo. A titolo indicativo, nella tabella, si riportano i coefficienti di elettrificazione di alcune fra le più importanti navi passeggeri dotate di impianto elettrico in corrente alternata. Si è fatto riferimento alle potenze installate in generazione.

NAVE	Tonnellaggio Stazza lorda	Turboalternatore N x Potenza	Diesel alternatore N x Potenza	Diesel alternatore di emergenza N x Potenza	Potenza totale	Coefficiente di elettrificazione
	(T.S.L.)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	K_E
INDIPENDENCE	26000	4x1100	-	1100	4500	4500/26000=0,173
ROTTERDAM	38650	4x1350	-	1x50	5450	0,141
CAMBERRA	45000	4x1500	-	2200	6400	0,142
FRANCE	66800	6x1800	1x600	2x160	11720	0,176
C. COLOMBO	30000	4x1000	3x750	1x150	6400	0,214
GRPSHOLM	24000	-	5x700	1x150	3650	0,152
L. DA VINCI	33340	5x1100	4x600	1x175	8075	0,240
G. GALILEI	27000	2x2150	2x800	1x250	6150	0,227
MICHELANGELO	45911	6x1600	-	2x300	10200	0,222
OCEANIC	39244	4x1700	2x600	2x100	8200	0,210
EUGENIO "C"	29000	4x1700	1x500	1x200	7500	0,258
HAMBURG	23500	3x1650	-	2x360	5670	0,242
Q. ELISABETH 2	65863	3x5500	-	2x350	17200	0,262

Il coefficiente d'elettrificazione **K_E**, nel caso di grandi navi petroliere (da 150.000 a 300.000 tonnellate di portata lorda), non è molto indicativo ed inoltre non consente di eseguire dei giusti confronti tra navi di categorie diverse. Questo perché al notevole incremento della portata non corrisponde uno stesso incremento della potenza elettrica installata, e questo vale soprattutto per le petroliere dove la maggior parte dello spazio disponibile è riservato alle cisterne ove stipare il greggio. Pertanto, si definisce anche un secondo coefficiente **K_{EM}**, espresso dal rapporto tra la potenza installata in kW e la potenza del motore di propulsione in CV.

È in atto una sempre maggiore sensibilizzazione sul carburante utilizzato per i generatori.

Entro i prossimi sette anni, la flotta delle navi di Msc Crociere dovrebbe avere quattro unità alimentate a gas metano liquido, il combustibile col minor impatto ambientale, in grado di ridurre le emissioni di zolfo del 99%, quelle dei biossidi di azoto dell'85% e quelle di anidride carbonica del 20%. La grande compagnia armatoriale ha infatti ulteriormente ampliato la sua partnership con la società francese i Cantieri dell'Atlantico, che ha già in costruzione le prime due navi, la cui entrata in servizio è prevista entro il 2022. Si tratta di un ulteriore passo verso la soluzione di un problema che comincia a preoccupare a livello planetario.

I tempi, comunque, sono lunghi, visto che, al momento sono pochissimi i giganti del mare alimentati a gas.

Altro problema è il consumo in porto. La soluzione, potrebbe essere quella dell'elettrificazione delle banchine, il cosiddetto "coldironing", progetto prima strombazzato dappertutto, poi rimasto chiuso nei cassetti, e recentemente rispolverato dopo i reiterati allarmi sull'inquinamento prodotto dalle grandi navi da crociera. Enel e Fincantieri stanno lavorando per dotare tutti i principali porti italiani proprio di un sistema di coldironing, ovvero della possibilità di alimentare le navi con corrente elettrica fornita da terra quando queste sono ferme in banchina. Considerata l'interlocuzione privilegiata che Civitavecchia ha con Enel per via della quasi secolare presenza delle centrali, lo scalo marittimo locale può diventare un modello di riferimento a livello nazionale.

La classificazione degli apparati motori navali è fatta secondo:

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