



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

Vittorio BUCCI

Progetto di impianti di propulsione navale

10.2 BILANCIO ELETTRICO E DEFINIZIONE DELLE CENTRALI DI BORDO

Anno Accademico 2017/2018

Impianti di propulsione navale

Impianti elettrici di bordo

Valutazione dei carichi elettrici di bordo

La valutazione dei carichi elettrici di bordo in diverse condizioni operative è indispensabile al fine di determinare la configurazione e la potenza della centrale elettrica : numero e tipo dei generatori, principali e di emergenza, convertitori e trasformatori per le reti secondarie, ecc.

Le condizioni operative nelle quali vanno valutati i carichi elettrici dipendono essenzialmente dal tipo di missione della nave. Nella maggioranza dei casi, vanno prese in considerazione almeno le seguenti condizioni :

- **in navigazione a velocità normale con sea margin, a pieno carico**
- **in manovra (con eventuali eliche di manovra)**
- **in porto, fasi di carico e scarico**
- **in porto, nave non operativa**
- **in emergenza**

Impianti di propulsione navale

Impianti elettrici di bordo

Su richiesta, si esamineranno inoltre le condizioni:

- **in navigazione senza carico (in zavorra)**
- **all'ancora**

Per navi con missioni particolari (navi da crociera, mezzi offshore, navi militari) si dovranno analizzare condizioni operative specifiche.

In certi casi si dovrà distinguere fra condizioni estive ed invernali : per esempio, navi da crociera con grandi impianti di condizionamento dell'aria, navi frigorifere con impianto di refrigerazione del carico.

**Per le navi militari la condizione “in navigazione” viene ulteriormente suddivisa a seconda del grado di approntamento dipendente dalle minacce esterne . per esempio “navigazione di trasferimento” e “nave pronta al combattimento”.
Ciò implica che si debbano analizzare da un minimo di tre a circa una decina di condizioni operative.**

Impianti di propulsione navale

Impianti elettrici di bordo

La determinazione della richiesta di energia elettrica si può effettuare :

- utilizzando formule empiriche
- analizzando dettagliatamente i carichi elettrici

1). Le formule empiriche si possono usare con profitto nella fase di pre-progettazione solo se sono basate su un numero sufficientemente alto di navi aventi la stessa missione e dimensioni paragonabili.

Per ottenere risultati affidabili in fase di progetto dettagliato della nave, è tuttavia indispensabile ricorrere ad uno degli altri due metodi.

Le formule empiriche possono essere basate, per esempio, sulle dimensioni principali della nave, sul numero di persone imbarcate e sulla potenza dell'apparato motore.

Impianti di propulsione navale

Impianti elettrici di bordo

La formula riportata nel seguito può essere utilizzata per valutare il carico elettrico in navigazione di una nave da carico convenzionale, senza utenti particolari come impianti di refrigerazione, gru, eliche di manovra, ecc. per i quali si devono fare valutazioni separate.

La formula si basa sulla potenza propulsiva :

$$kW_{ele} = 100 + 0.55 kW_{prop}^{0.7}$$

In via approssimativa, si può ritenere che in manovra il carico elettrico salga al 130% del carico in navigazione e in porto, senza impiego di attrezzature per lo sbarco e l'imbarco del carico, scenda al 30 – 40% di tale valore.

Impianti di propulsione navale

Impianti elettrici di bordo

Un'altra formula è proposta dallo SNAME Technical & Research Bulletin 3-27 - Marine Diesel Power Plant Performance Practices :

$$kW_{ele} = 0.015 SHP + 1.6 N + 9\sqrt{N} + 80$$

SHP : potenza massima continuativa dell'apparato motore in HP

N : numero di persone di equipaggio

Si è osservato che il coefficiente moltiplicativo di SHP non è costante ma dipende in realtà da SHP :

$$kW_{ele} = E SHP + 1.6 N + 9\sqrt{N} + 80$$

ove :

E = 0.025	- 0.030	per	SHP <= 10.000
	0.022		10.000 < SHP <= 20.000
	0.018		20.000 < SHP <= 30.000
	0.016		30.000 < SHP <= 40.000

Impianti di propulsione navale

Impianti elettrici di bordo

Le formule SNAME sono piuttosto datate e non tengono conto degli incrementi di carico elettrico per utenze di tipo alberghiero intervenuti nel corso degli anni.

La formula seguente è più aggiornata :

$$kW_{ele} = 0.015 kW_{prop} + 10 N + 100$$

Impianti di propulsione navale

Impianti elettrici di bordo

Carico elettrico per stive refrigerate :

$$\text{kW} = 0.0023 C_R$$

C_R : volume stive refrigerate in piedi cubi (1 cu. ft = 0.0283 m³)

Carico elettrico per contenitori refrigerati :

$$\text{kW} = 2.85 N_{20\text{ft}} \quad \text{per container refrigerati da 20 ft}$$

$$\text{kW} = 4.00 N_{40\text{ft}} \quad \text{per container refrigerati da 40 ft}$$

2). Il metodo più usato per determinare la richiesta di potenza elettrica è quello dell'analisi dei carichi o del bilancio elettrico.

Il bilancio elettrico si presenta sotto forma di tabulato in cui tutti gli utenti, raggruppati per categorie omogenee, vengono elencati per riga.

Impianti di propulsione navale

Impianti elettrici di bordo

I servizi in cui vengono raggruppati gli utenti sono, di regola, i seguenti :

A- Scafo ed ormeggio

Eliche di manovra, pompe sentina, zavorra ed antiheeling, pompe travaso nafta e olio, macchina del timone, pinne stabilizzatrici, verricelli ed argani per fonda e ormeggio;

B- Sicurezza

Impianto sprinkler, porte stagne, pompe incendio, pompa sentina emergenza, UPS apparato motore, girobussola, impianto navigazione integrata, autopilota, radar, stazione radio, centrale telefonica, cristalli riscaldati (chiaravisione), tergicristalli, UPS impianto allarme, fanali di navigazione, fanali di segnalazione, caricabatterie avviamento D/G emergenza, verricelli imbarcazioni di salvataggio

C- Carico

Prese container refrigerati, gru carico, rampe e portelloni per imbarco / sbarco automezzi

D- Apparato Motore

pompe impianto raffreddamento, pompe alimento e circolazione caldaie, pompe alimento e spinta nafta, depuratori nafta e olio, pompe circolazione olio, compressori aria avviamento e servizi / automatismi, disidratatori aria automatismi, ventilatori ed estrattori locali apparato motore

Impianti di propulsione navale

Impianti elettrici di bordo

E- Condizionamento e ventilazione

Compressori condizionamento, pompe chilled water, pompe hot water, impianti condizionamento alloggi, fan coils

F- Cucina

Frigoriferi, friggitrice, impastatrici, forni, piastre di cottura, tostapane, tritacarne, macchine da caffè, macchine per il ghiaccio, cappe aspiranti, lavastoviglie e lavapentole, compressori frigo cambusa

G- Alloggi

Ascensori, montacarichi, impianto scarico sottovuoto acque nere, impianti trattamento liquami, pompe acque grigie, pompe acqua potabile calda e fredda, riscaldatori acqua potabile

H- Luce

Luce normale interna ed esterna, luce normale apparato motore, luce emergenza esterna, luce emergenza apparato motore, luci di gala

Impianti di propulsione navale

Impianti elettrici di bordo

Per la stima preliminare dei carichi elettrici di una m/n passeggeri crociera a propulsione d/elettrica ci si può avvalere dei seguenti parametri indicativi, riferiti alle categorie di utenti testè definite :

A- Scafo ed ormeggio - $P = 0.9 \text{ kW} / 1000 \text{ tsl}$

B- Sicurezza - $P = 2.3 \text{ kW} / 1000 \text{ tsl}$

D- Apparato Motore –

Servizi ausiliari motori elettrici di propulsione (eccitazione, ventilazione interna motori, lubrificazione cuscinetti) : $P = 15 \text{ kW} / \text{MW}$ potenza nominale motori elettrici di propulsione,

Servizi ausiliari apparato motore : $P = 65 \text{ kW} / \text{MW}$ potenza installata per generazione elettrica

E- Condizionamento e ventilazione - Da valutare caso per caso

F- Cucina - $P = 0.2 \text{ kW} / \text{numero passeggeri a bordo}$

G- Alloggi - $P = 13 \text{ kW} / 1000 \text{ tsl}$

H- Luce - $P = 13 \text{ kW} / 1000 \text{ tsl}$

Impianti di propulsione navale

Impianti elettrici di bordo

Vediamo in dettaglio la metodologia di calcolo della potenza elettrica da mettere a bilancio.

Le colonne del tabulato sono divise in sezioni : la prima contiene i parametri funzionali dell'utente, la seconda quelli del motore elettrico che aziona l'utente. Le sezioni successive sono dedicate ciascuna ad una condizione operativa (navigazione, manovra, porto, ...).

Nell'ultima colonna di ogni sezione viene riportato il valore della potenza elettrica dell'utente che viene messa a bilancio :

UTENTE				MOTORE ELETTRICO			NAVIGAZIONE					
Descrizione	Q	H	η_u	P_u	P_m	η_m	P_a	n	f_L	f_T	f_S	P_b
	m ³ /h	m		kW	kW		kW					kW
E/p acqua mare raffreddamento	600	20	.78	43	55	.91	60	1	.78	1	.78	47
E/p acqua dolce raffreddamento	500	25	.78	44	55	.91	60	1	.80	1	.80	48

Impianti di propulsione navale

Impianti elettrici di bordo

Supponiamo che un utente generico, mosso da motore elettrico, abbia una potenza asse P_u . Nel caso di una pompa centrifuga si avrà $P_u = \rho g Q H / (3600 \eta_u)$ con ρ in kg/m^3 , $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, Q in m^3/h , H in m , η_u rendimento della pompa.

La potenza P_m del motore elettrico deve superare P_u di almeno il 15%.

Il motore elettrico viene scelto nell'ambito di una serie standardizzata di motori aventi ciascuno una potenza prefissata.

Il rapporto $f_L = P_u / P_m (<1)$ rappresenta il coefficiente di utilizzo del motore ("load factor").

P_m è la potenza del motore elettrico erogata al giunto di accoppiamento dell'utente. A causa delle perdite (effetto Joule, magnetizzazione, ventilazione), la potenza che il motore assorbe dalla rete sarà $P_a = P_m / \eta_m$, ove η_m è il rendimento del motore elettrico.

Nel calcolo della potenza da mettere a bilancio bisogna tener conto del periodo di servizio effettivo degli utenti. Si introduce a tale scopo il coefficiente di utilizzo nel tempo ("time factor"), dato dal rapporto $f_T = \text{ore di servizio nelle 24 ore} / 24 \text{ ore}$.

La potenza della pompa messa a bilancio è allora $P_b = f_T P_u / \eta_m = f_T f_L P_m / \eta_m = f_s P_a$ ove si è definito il fattore di servizio ("service factor") $f_s = f_T f_L$.

Impianti di propulsione navale

M/N Bulk Carrier da 76000 tpi M.P. : SULZER 5 RTA 62 U M.C.R. : 11100 kW a 113 rpm (R1) A/A : 1 x 650 kW coassiale D/A : 2 x WARTSILA 6 R 20 da 650 kW		UTENTE				MOTORE ELETTRICO			
		PORTATA	PREV.	REND.	POTENZA	POTENZA NOMINALE	REND. MOT.	POTENZA ASSORB.	COEFF. UTILIZZO
N _u	BILANCIO ELETTRICO SERVIZIO APPARATO MOTORE	Q m3/h	H m	η	P _u kW	P _m kW	η_m	P _a =P _m / η_m kW	K _u =P _u /P _m
2	E/P ACQUA MARE IMP. RAFFREDDAMENTO CENTRALIZZATO	900.0	15.0	0.79	46.5	51.2	0.91	51.2	0.91
1	E/P ACQUA MARE SERVIZIO PORTO	200.0	15.0	0.64	12.8	14.0	0.87	14.7	0.91
2	E/P A. DOLCE BASSA TEMPERATURA IMP. RAFFR. CENTR.	700.0	20.0	0.81	47.1	51.8	0.91	51.7	0.91
2	E/P A. DOLCE CAMICIE MOTORE PRINCIPALE	120.0	30.0	0.80	12.3	13.5	0.87	14.1	0.91
2	E/P ALIMENTO CALDAIA COMBINATA	4.0	140.0	0.50	3.1	3.4	0.80	3.8	0.91
1	QUADRO EVAPORATORE - DISTILLATORE							15.0	1.00
2	E/P ALIMENTO NAFTA BASSA PRESS. MOTORE PRINCIPALE	3.5	50.0	0.50	1.0	1.0	0.73	1.3	0.91
2	E/P SPINTA NAFTA ALTA PRESSIONE MOTORE PRINCIPALE	6.5	100.0	0.50	3.5	3.9	0.81	4.4	0.91
1	MODULO SPINTA NAFTA GRUPPI DD/AA				2.5	2.5		2.5	1.00
2	E/P SPINTA NAFTA CALDAIA COMBINATA	0.2	350.0	0.45	0.4	0.5	0.68	0.6	0.91
1	IMPIANTO COMBUSTIONE CALDAIA COMBINATA				3.0	3.3	0.80	3.7	0.91
1	E/P TRAVASO NAFTA PESANTE	40.0	35.0	0.40	9.5	10.5	0.86	11.1	0.91
1	E/P TRAVASO NAFTA DIESEL	20.0	35.0	0.52	3.7	4.0	0.81	4.5	0.91
1	E/P SCARICO MORCHIA DEPURATORI	15.0	40.0	0.40	4.1	4.5	0.82	5.0	0.91
2	E/DEPURATORE NAFTA PESANTE	2.9						11.0	1.00
2	E/P OLIO LUBRIFICAZIONE MOTORE PRINCIPALE	138.0	40.0	0.62	24.2	26.7	0.89	27.2	0.91
2	E/P OLIO LUBRIF. TESTE CROCE MOTORE PRINCIPALE	23.0	90.0	0.58	9.7	10.7	0.86	11.3	0.91
2	E/DEPURATORE OLIO LUBRIFICAZIONE MOTORE PRINCIPALE	2.7						7.5	1.00
1	E/DEPURATORE OLIO LUBRIFICAZIONE DD/AA	0.5						2.0	1.00
2	E/P OLIO PRELUBRIFICAZIONE DD/AA				2.5	2.8	0.79	3.2	0.91
1	E/P TRAVASO OLIO LUBRIFICANTE	12.0	35.0	0.62	1.8	2.0	0.77	2.4	0.91
1	E/P TRAVASO OLIO CILINDRI	2.0	20.0	0.50	0.2	0.2	0.64	0.3	0.91
2	E/COMPRESSORE ARIA AVVIAMENTO	180.0	300.0	0.52	32.1	35.3	0.90	35.6	0.91
1	E/COMPRESSORE ARIA "TOPPING-UP"	50.0	300.0	0.45	10.3	11.3	0.86	12.0	0.91
1	E/COMPRESSORE ARIA 1° AVVIAMENTO	15.0	300.0	0.40	3.5	3.8	0.81	4.3	0.91
2	E/VENTILATORE LOCALE APPARATO MOTORE	55000	0.040	0.60	10.0	11.0	0.86	11.6	0.91
1	E/VENTILATORE REVERSIBILE LOCALE APPARATO MOTORE	55000	0.040	0.60	10.0	11.0	0.86	11.6	0.91
1	ESTRATTORE LOCALE DEPURATORI	20000	0.080	0.58	7.5	8.3	0.85	8.9	0.91
2	E/SOFFIANTE MOTORE PRINCIPALE							22.0	1.00
1	SOTTOQUADRO OFFICINA DI MACCHINA							25.0	1.00
1	SOTTOQUADRO PICCOLA FORZA APPARATO MOTORE							5.0	1.00
1	IMPIANTO AUTOMAZIONE APPARATO MOTORE							12.0	1.00
1	CARROPONTE							5.0	1.00
	TOTALE APPARATO MOTORE								

Data: 15/02/2007

Impianti di propulsione navale

M/N Bulk Carrier da 76000 tpl M.P. : SULZER 5 RTA 62 U M.C.R. : 11100 kW a 113 rpm (R1) A/A : 1 x 650 kW coassiale D/A : 2 x WARTSILA 6 R 20 da 650 kW		MANOVRA			NAVIGAZIONE			
		N _u	COEFF. TEMPO $K_t=h_g/24$	COEFF. SERVIZIO $K_s=K_u \cdot K_t$	POTENZA BILANCIO $P_b=N \cdot K_s \cdot P_a$ kW	N	COEFF. TEMPO $K_t=h_g/24$	COEFF. SERVIZIO $K_s=K_u \cdot K_t$
SERVIZIO APPARATO MOTORE		N			N			
2	E/P ACQUA MARE IMP. RAFFREDDAMENTO CENTRALIZZATO	1	1.00		51.2	1	1.00	51.2
1	E/P ACQUA MARE SERVIZIO PORTO							
2	E/P A. DOLCE BASSA TEMPERATURA IMP. RAFFR. CENTR.	1	1.00	0.91	51.7	1	1.00	51.7
2	E/P A. DOLCE CAMICIE MOTORE PRINCIPALE	1	1.00	0.91	14.1	1	1.00	14.1
2	E/P ALIMENTO CALDAIA COMBINATA	1	0.50	0.45	1.9	1	0.50	1.9
1	QUADRO EVAPORATORE - DISTILLATORE					1	1.00	15.0
2	E/P ALIMENTO NAFTA BASSA PRESS. MOTORE PRINCIPALE	1	1.00	0.91	1.3	1	1.00	1.3
2	E/P SPINTA NAFTA ALTA PRESSIONE MOTORE PRINCIPALE	1	1.00	0.91	4.4	1	1.00	4.4
1	MODULO SPINTA NAFTA GRUPPI DD/AA							
2	E/P SPINTA NAFTA CALDAIA COMBINATA	1	1.00	0.91	0.6			
1	IMPIANTO COMBUSTIONE CALDAIA COMBINATA	1	1.00	0.91	3.7			
1	E/P TRAVASO NAFTA PESANTE	1	0.30	0.27	3.3	1	0.30	3.3
1	E/P TRAVASO NAFTA DIESEL	1	0.30	0.27	1.4	1	0.30	1.4
1	E/P SCARICO MORCHIA DEPURATORI	1	0.20	0.18	1.0	1	0.20	1.0
2	E/DEPURATORE NAFTA PESANTE	1	1.00	1.00	11.0	1	1.00	11.0
2	E/P OLIO LUBRIFICAZIONE MOTORE PRINCIPALE	1	1.00	0.91	27.2	1	1.00	27.2
2	E/P OLIO LUBRIF. TESTE CROCE MOTORE PRINCIPALE	1	1.00	0.91	11.3	1	1.00	11.3
2	E/DEPURATORE OLIO LUBRIFICAZIONE MOTORE PRINCIPALE	1	1.00	1.00	7.5	1	1.00	7.5
1	E/DEPURATORE OLIO LUBRIFICAZIONE DD/AA	1	1.00	1.00	2.0	1	1.00	2.0
2	E/P OLIO PRELUBRIFICAZIONE DD/AA	1	1.00	0.91	3.2	1	1.00	3.2
1	E/P TRAVASO OLIO LUBRIFICANTE					1	0.30	0.7
1	E/P TRAVASO OLIO CILINDRI					1	0.30	0.1
2	E/COMPRESSORE ARIA AVVIAMENTO	2	0.50	0.45	35.6	1	0.50	17.8
1	E/COMPRESSORE ARIA "TOPPING-UP"	1	0.50	0.45	6.0	1	0.50	6.0
1	E/COMPRESSORE ARIA 1° AVVIAMENTO							
2	E/VENTILATORE LOCALE APPARATO MOTORE	2	1.00	0.91	23.2	2	1.00	23.2
1	E/VENTILATORE REVERSIBILE LOCALE APPARATO MOTORE	1	1.00	0.91	11.6	1	1.00	11.6
1	ESTRATTORE LOCALE DEPURATORI	1	1.00	0.91	8.9	1	1.00	8.9
2	E/SOFFIANTE MOTORE PRINCIPALE	2	0.50	0.50	22.0			
1	SOTTOQUADRO OFFICINA DI MACCHINA					1	0.10	2.5
1	SOTTOQUADRO PICCOLA FORZA APPARATO MOTORE	1	0.10	0.10	0.5	1	0.10	0.5
1	IMPIANTO AUTOMAZIONE APPARATO MOTORE	1	1.00	1.00	12.0	1	1.00	12.0
1	CARROPONTE					1	0.10	0.5
	TOTALE APPARATO MOTORE				316.7			291.3

Data: 15/02/2007

Impianti di propulsione navale

M/N Bulk Carrier da 76000 tpl M.P. : SULZER 5 RTA 62 U M.C.R. : 11100 kW a 113 rpm (R1) A/A : 1 x 650 kW coassiale D/A : 2 x WARTSILA 6 R 20 da 650 kW		P O R T O			POTENZA TOTALE MOTORI	POTENZA TOTALE ASSORB.	
N _u	BILANCIO ELETTRICO SERVIZIO APPARATO MOTORE	N	COEFF. TEMPO K _t =h _s /24	COEFF. SERVIZIO K _s =K _u *K _t	POTENZA BILANCIO P _b =N*K _s *P _a kW	P _{tm} =N _u *P _m kW	P _{ta} =N _u *P _a kW
2	E/P ACQUA MARE IMP. RAFFREDDAMENTO CENTRALIZZATO					102.4	102.3
1	E/P ACQUA MARE SERVIZIO PORTO	1	1.00	0.91	14.7	14.0	14.7
2	E/P A. DOLCE BASSA TEMPERATURA IMP. RAFFR. CENTR.	1	1.00	0.91	51.7	103.6	103.4
2	E/P A. DOLCE CAMICIE MOTORE PRINCIPALE					27.0	28.3
2	E/P ALIMENTO CALDAIA COMBINATA	1	0.50	0.45	1.9	6.7	7.6
1	QUADRO EVAPORATORE - DISTILLATORE						15.0
2	E/P ALIMENTO NAFTA BASSA PRESS. MOTORE PRINCIPALE					2.1	2.6
2	E/P SPINTA NAFTA ALTA PRESSIONE MOTORE PRINCIPALE					7.8	8.7
1	MODULO SPINTA NAFTA GRUPPI DD/AA	1	1.00	1.00	2.5	2.5	2.5
2	E/P SPINTA NAFTA CALDAIA COMBINATA	1	1.00	0.91	0.6	0.9	1.2
1	IMPIANTO COMBUSTIONE CALDAIA COMBINATA	1	1.00	0.91	3.7	3.3	3.7
1	E/P TRAVASO NAFTA PESANTE	1	0.30	0.27	3.3	10.5	11.1
1	E/P TRAVASO NAFTA DIESEL	1	0.30	0.27	1.4	4.0	4.5
1	E/P SCARICO MORCHIA DEPURATORI	1	0.20	0.18	1.0	4.5	5.0
2	E/DEPURATORE NAFTA PESANTE	1	0.50	0.50	5.5		22.0
2	E/P OLIO LUBRIFICAZIONE MOTORE PRINCIPALE	1	1.00	0.91	27.2	53.3	54.4
2	E/P OLIO LUBRIF. TESTE CROCE MOTORE PRINCIPALE	1	1.00	0.91	11.3	21.4	22.7
2	E/DEPURATORE OLIO LUBRIFICAZIONE MOTORE PRINCIPALE	1	1.00	1.00	7.5		15.0
1	E/DEPURATORE OLIO LUBRIFICAZIONE DD/AA	1	1.00	1.00	2.0		2.0
2	E/P OLIO PRELUBRIFICAZIONE DD/AA	1	1.00	0.91	3.2	5.5	6.3
1	E/P TRAVASO OLIO LUBRIFICANTE					2.0	2.4
1	E/P TRAVASO OLIO CILINDRI					0.2	0.3
2	E/COMPRESSORE ARIA AVVIAMENTO					70.5	71.2
1	E/COMPRESSORE ARIA "TOPPING-UP"	1	0.50	0.45	6.0	11.3	12.0
1	E/COMPRESSORE ARIA 1° AVVIAMENTO					3.8	4.3
2	E/VENTILATORE LOCALE APPARATO MOTORE	1	1.00	0.91	11.6	22.0	23.2
1	E/VENTILATORE REVERSIBILE LOCALE APPARATO MOTORE	1	1.00	0.91	11.6	11.0	11.6
1	ESTRATTORE LOCALE DEPURATORI	1	1.00	0.91	8.9	8.3	8.9
2	E/SOFFIANTE MOTORE PRINCIPALE						44.0
1	SOTTOQUADRO OFFICINA DI MACCHINA	1	0.10	0.10	2.5		25.0
1	SOTTOQUADRO PICCOLA FORZA APPARATO MOTORE	1	0.10	0.10	0.5		5.0
1	IMPIANTO AUTOMAZIONE APPARATO MOTORE	1	0.50	0.50	6.0		12.0
1	CARROPONTE	1	0.10	0.10	0.5		5.0
	TOTALE APPARATO MOTORE				185.1	498.7	658.1

Data: 15/02/2007

Impianti di propulsione navale

Criteria per il dimensionamento della centrale elettrica di bordo

A – Navi da carico convenzionali

- si valuta il bilancio elettrico per i principali modi operativi della nave facendo uso anche di stime approssimate, dopo aver suddiviso gli utenti in categorie omogenee;
- si può applicare un ragionevole margine ai sub-totali dei vari modi operativi, sia per la centrale principale che per l'emergenza;
- in genere non si prevede un gruppo separato per servizio di porto;
- la centrale di emergenza ha sempre un gruppo D/A dedicato e separato, secondo la SOLAS. Le batterie si adottano solo su piccole unità;
- secondo la SOLAS, la centrale principale deve essere composta da almeno due gruppi, ciascuno sufficiente per la navigazione con carico;
- in fase di proporzionamento della centrale principale non si considera l'alternatore asse a giri costanti come gruppo principale. Se si prevede l'A/A, si debbono installare almeno due gruppi D/A di uguali caratteristiche;
- per essere conveniente da un punto di vista economico, l'A/A deve sostenere il carico elettrico in navigazione.

Impianti di propulsione navale

- nei casi in cui l'A/A non sia sufficiente da solo e debba sostenere il carico elettrico assieme a uno o più gruppi D/A, vi sono due possibilità:
 - ✓ se l'A/A è dotato di regolazione di frequenza a tiristori, esso può marciare in parallelo con i D/A. Gli utenti vengono quindi alimentati da sbarre collegate del quadro elettrico principale;
 - ✓ se l'A/A è del tipo a giri fissi, esso non può marciare in parallelo con i gruppi D/A. Gli utenti vengono quindi alimentati da sezioni separate del quadro elettrico principale. Questa situazione è tipica della manovra, nella quale l'A/A alimenta su sbarre separate l'elica di manovra mentre i gruppi D/A alimentano i rimanenti utenti;
- in generale, l'A/A non viene installato se non può avere potenza sufficiente per l'intero carico elettrico in navigazione;
- se opportunamente controllato da dispositivi di conversione elettronici, l'A/A può funzionare anche da motore di propulsione in emergenza ("take home motor"). In questi casi la potenza dell'A/A viene valutata anche in funzione delle esigenze del sistema di propulsione ausiliario;
- la situazione ideale per una centrale convenzionale, con o senza A/A, prevede tre gruppi generatori : uno in servizio in navigazione, uno in stand-by e uno fermo per manutenzione;

Impianti di propulsione navale

- **in caso di elevati consumi elettrici in navigazione (p. es. navi frigorifere), possono essere necessari due o tre gruppi in moto in navigazione, sempre con almeno un gruppo aggiuntivo in stand-by. In questi casi, sono di uso frequente centrali con quattro gruppi D/A, senza A/A;**
- **i motori diesel dei gruppi generatori sono in genere sempre dello stesso tipo, con numero eventualmente variabile di cilindri disposti sia in linea che a V;**
- **su navi bielica, è possibile installare un A/A su ogni linea d'alberi, con PTO sui riduttori di giri. Anche in questo caso, gli A/A non possono marciare in parallelo fra loro e con i D/A se non sono dotati di convertitore di frequenza;**
- **per navi bielica con A/A a giri fissi, è comune la soluzione di separare le sbarre del quadro in due o più sezioni:**
 - ✓ **durante la navigazione, uno o entrambi gli A/A possono alimentare i servizi ausiliari di bordo mentre i gruppi D/A rimangono fermi o, in caso di forti richieste di potenza (es. navi frigorifere), alimentano gli utenti da sezioni separate del quadro elettrico;**
 - ✓ **durante la manovra i gruppi D/A disponibili sono tutti in moto e gli A/A alimentano le eliche di manovra;**
 - ✓ **in porto si usa generalmente un solo D/A. L'uso in porto dell'A/A è possibile adottando soluzioni complesse con PTO e frizioni sui riduttori.**

Impianti di propulsione navale

		BILANCIO ELETTRICO - Electrical Balance				DIS - Drwg N°		
		RIEPILOGO Assembly of Groups				Costruzione - Hull		
						6113		
POSIZIONE - Item	GRUPPO - Group	DENOMINAZIONE DEL GRUPPO Description of Group	CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO - Ship Conditions					
			NAVIGAZIONE	MANOVRA	PORTO	MANOVRA		
			NAVIGATION	MANOEUVRING	HARBOUR	MANOEUVRING		
				Estivo	Solo eliche manovra			
				Summer	Side thrusters only			
			kW	kW	kW			
1	A	SERVIZIO COPERTA E SCAFO Deck and Hull Service	171.3	63.3	115.0	3157.9		
2	B	SERVIZIO SICUREZZA Safety Service	34.9	34.9	34.9			
3	C	SERVIZIO CARICO Cargo Service	1101.6	1101.6	957.6			
4	D	SERVIZIO APPARATO MOTORE Engine Room Service	1383.4	1380.5	528.7			
5	E	SERVIZIO CONDIZIONAMENTO E VENTILAZIONE Air Conditioning and Ventilation Service	1461.2	1461.2	1451.0			
6	F	SERVIZIO CUCINA+LAUNDRY+PROVISION Galley Service	84.6	84.6	80.6			
7	G	SERVIZIO CAMERA Accommodation Service	119.3	120.9	120.2			
8	H	SERVIZIO LUCE Light Service	266.6	327.1	310.1			
A		POTENZA RICHIESTA DALL'IMPIANTO kW Power Required by the Plant	4622.9	4574.1	3598.1	3157.9		
B		GENERATORE IN FUNZIONE Generators Sets in Service N° e TIPO - N° and Type	3 D/G	3 D/G	2 D/G	2 A/A		
		POTENZA DISPONIBILE kW Available Power	7020	7020	4680	3600		
C		FATTORE DI CARICO DEI GENERATORI (C=A/B) - % Generator Sets Load Factor (C=A/B)	66%	65%	77%	88%		
D		PRESUNTO FATTORE DI POTENZA DELL'IMPIANTO - cosφ Assumed Power Factor of the Plant	0.8	0.8	0.8	0.8		
E		POTENZA APPARENTE RISULTANTE (E=A/D) - kVA Resulting Apparent Power (E=A/D)	5778.6	5717.6	4497.6	3947.4		

Impianti di propulsione navale

Criteria per il dimensionamento della centrale elettrica di bordo B – Navi da passeggeri / crociera a propulsione diesel/elettrica

- **Vanno prese in considerazione almeno le seguenti condizioni operative:**
 - **in navigazione alla potenza massima continua dei motori elettrici di propulsione (solo per verifica)**
 - **in navigazione a velocità di servizio con sea margin (condizione contrattuale)**
 - **in manovra con tutte le eliche di manovra operative**
 - **in porto o all'ancora con passeggeri (nave operativa)**
 - **in porto senza passeggeri, con presa da terra o proprio generatore**
 - **in emergenza con passeggeri**

- **per le suddette condizioni operative, si valuta il bilancio elettrico anche in base a stime approssimate, dopo aver suddiviso gli utenti in categorie omogenee. Per le categorie non propulsive si può assumere un valore globale iniziale, riferito al quadro elettrico principale, basandosi su navi precedenti e stimando eventuali variazioni dovute a modifiche e innovazioni impiantistiche, diverso numero di passeggeri, ecc.**

Impianti di propulsione navale

- **si può applicare un ragionevole margine ai sub-totali dei vari modi operativi, sia per la centrale principale che per l'emergenza;**
- **si fissano numero e caratteristiche dei gruppi generatori :**
 - ✓ **numero minimo dei gruppi D/A tre (in genere però quattro), massimo sei;**
 - ✓ **i motori diesel dei gruppi generatori sono in genere sempre dello stesso tipo, con numero eventualmente variabile di cilindri disposti sia in linea che a V;**
 - ✓ **motori con potenze uguali o diverse per una maggiore flessibilità : soluzione detta con motori “padri” e “figli”. Il rapporto ideale fra le potenze è di 2 (F) : 3 (P);**
- **si fissa il numero di gruppi in moto dei modi operativi principali;**
- **si definisce la potenza del gruppo D/A di emergenza;**
- **si definisce la potenza del gruppo D/A di porto, se previsto;**
- **si controlla il fattore di carico dei motori dei gruppi in moto : possibilmente non inferiore a 0.6 e non superiore a 0.85 (0.90 comunque accettabile);**

Impianti di propulsione navale

Diesel electric propulsion										Diesel generating sets :					
Shaft line efficiency : included in propulsion power					1.000					4 MAN-B&W 9L48/60B					
Propulsion electric motor efficiency					0.970					MCR 10800 kWm					
Frequency converter efficiency					0.980					Unit power 1200 kW/cyl. at 514rpm					
Propulsion transformer efficiency					0.990					SFOC increase for engine driven pumps included					
Alternator efficiency					0.970					SFOC tolerance 5.0 %					
Fuel oil low heating value					9700 kcal/kg										
Fuel oil gravity					0.970 kg/dm ³										
Propulsion electric motors power				2	x	12000									
						kW									
Service condition	Speed	Prop. power	Sea Margin	Prop. power with 15 % SM	PEM Load	Propulsion power at MSWBD	Non-prop. electric power	Tot. electr. power at MSWBD	Pb	N. of engines in service	Total MCR	MCR	SFOC ISO	SFOC in service	Fuel oil consumption
	knots	kW	%	kW	%	kW	kW	kW	kW		kW	%	g/kW h	g/kW h	kg/h
Port		0	0	0	0.0	0	5800	5800	5979	1	10800	55.4	185.1	204.4	1222.3
Manoeuvring		1500	0	1500	6.3	1594	10000	11594	11952	2	21600	55.3	185.2	204.4	2443.5
Arrival / departure	8.00	2500	15	2875	12.0	3055	8500	11555	11912	2	21600	55.1	185.3	204.5	2436.6
	15.00	8042	15	9248	38.5	9827	7500	17327	17863	2	21600	82.7	176.5	194.9	3481.2
	15.50	8782	15	10099	42.1	10731	7500	18231	18795	2	21600	87.0	176.3	194.7	3659.0
	16.00	9624	15	11068	46.1	11760	7500	19260	19856	3	32400	61.3	182.2	201.2	3994.5
	16.50	10610	15	12202	50.8	12965	7500	20465	21098	3	32400	65.1	180.6	199.4	4207.3
	17.00	11766	15	13531	56.4	14378	7500	21878	22554	3	32400	69.6	179.1	197.7	4459.1
	17.50	13066	15	15026	62.6	15966	7500	23466	24192	3	32400	74.7	177.7	196.2	4747.1
	18.00	14459	15	16628	69.3	17669	7500	25169	25947	3	32400	80.1	176.8	195.2	5064.4
	18.50	15937	15	18328	76.4	19475	7500	26975	27809	3	32400	85.8	176.3	194.7	5414.3
	19.00	17518	15	20146	83.9	21407	7500	28907	29801	4	43200	69.0	179.3	197.9	5898.1
Service speed	19.50	19241	15	22127	92.2	23512	7500	31012	31971	4	43200	74.0	177.9	196.4	6278.9
	20.00	21169	0	21169	88.2	22494	7500	29994	30922	4	43200	71.6	178.5	197.1	6093.8
	20.11	21621	0	21621	90.1	22974	7500	30474	31417	4	43200	72.7	178.2	196.7	6180.8
Max. speed	20.50	23445	0	23445	97.7	24912	7500	32412	33415	4	43200	77.3	177.2	195.6	6537.3
	21.00	26188	0	26188	109.1	27827	7500	35327	36420	4	43200	84.3	176.4	194.8	7093.2
	21.50	29198	0	29198	121.7	31026	7500	38526	39717	4	43200	91.9	176.5	194.9	7740.4
	22.00	32240	0	32240	134.3	34258	7500	41758	43049	4	43200	99.7	177.7	196.2	8446.1

Impianti di propulsione navale

	Potenza installata kW	Navigazione max. potenza kW	Navigazione max. potenza kW	Navigazione 22 nodi kW	Manovra kW	Porto operativo kW	Porto non operativo kW	Emergenza kW	
1	Propulsione, eliche di manovra, timonerie	61000	46500	46500	27000	17000		100	
2	Macchinari servizio apparato motore	5200	2000	2500	2000	2000	1500	500	100
3	Macchinari servizio scafo	3000	300	3800	300	300	500	400	500
4	Officine, sollevamenti, servizi vari	200	50	50	50	50	50	50	
5	Condizionamento e ventilazione	12000	9000	(*) 6000	9000	9000	9000	6000	
6	Alloggi	5000	2000	(*) 1500	2000	2000	1500	500	
7	Comunicazioni, elettronica, navigazione	100	50	50	50	100	50		100
8	Illuminazione	1800	1200	(*) 1000	1200	1200	1200	500	300
A	Totale (senza margini)	88300	61100	61400	41600	31650	13800	7950	1100
(*)	Ipotesi potenza ridotta								
	Margine di progetto (%)	25							
B	Totale con margine	110375	76375	76750	52000	39563	17250	9938	1375
C	Totale con margine non applicato a "1"	95125	64750	65125	45250	35313	17250	9938	1350
	Potenza meccanica singolo D/G alla MCR	12600	6 x WARTSILA 12V46C - 1050 kW mecc. / cil a 514 rpm						
	Rendimento alternatore	0.97							
	Potenza elettrica singolo D/G alla MCR	12222							1600
	Numero gruppi DD/GG in moto		6	6	5	5	2	1	1
	Potenza elettrica totale alla MCR		73332	73332	61110	61110	24444	12222	1600
	Fattore di servizio gruppi DD/GG (caso A)		0.83	0.84	0.68	0.52	0.56	0.65	
	Fattore di servizio gruppi DD/GG (caso B)		1.04	1.05	0.85	0.65	0.71	0.81	0.86
	Fattore di servizio gruppi DD/GG (caso C)		0.88	0.89	0.74	0.58	0.71	0.81	0.84