

Quaderni di applicazione tecnica N.12 Generalità sui sistemi navali e sulle installazioni di bordo

Indice

1	Introduzione generale	2	8	Offerta prodotti di bassa tensione e disponibilità omologazioni	
2	Tipologie di navi	3	8.1	Interruttori di manovra e protezione	25
3	I Registri Navali	7	8.2	Sezionatori e Sezionatori con fusibili	35
4	Cenni sulla generazione elettrica a bordo nave	9	8.2.1	Sezionatori OT e OETL	35
5	Cenni sui sistemi di propulsione	12	8.2.2	Sezionatori con fusibili OS	40
6	Generalità sul sistema elettrico di bordo	15	9	Panoramica dell'offerta prodotti di ABB	42
7	Condizioni di scelta degli apparecchi di bassa tensione: prescrizioni normative e dei registri navali				
7.1	Interruttori di manovra e protezione	20			
7.1.1	Idoneità alle condizioni ambientali	20			
7.1.2	Parametri di scelta degli interruttori	22			
7.2	Modalità di protezione dei componenti elettrici di bordo	23			

1 Introduzione generale

Scopo di questa documentazione è fornire alcune semplici informazioni che aiutino a comprendere la struttura e le problematiche legate ad una installazione elettrica di bassa tensione a bordo nave.

Partendo da una classificazione generale delle principali tipologie di navi, si porrà l'attenzione sulla struttura che caratterizza le grandi navi da crociera fornendo informazioni sulla generazione elettrica a bordo, sull'impianto elettrico e sulla modalità di propulsione.

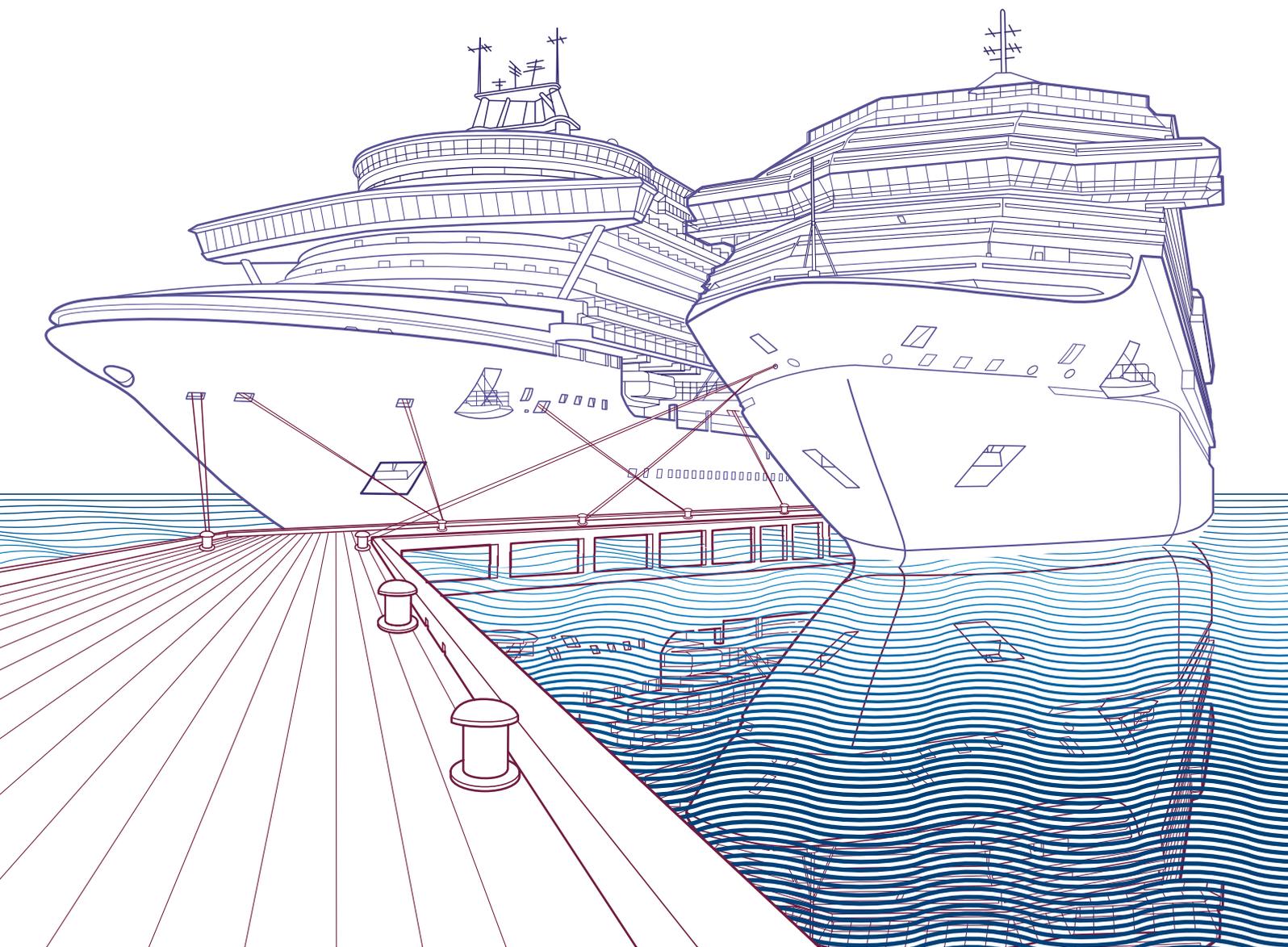
Analizzando poi le principali prescrizioni dei registri navali o delle norme di settore, si andranno a definire i più importanti parametri richiesti per la scelta dei dispositivi

di protezione del circuito elettrico in bassa tensione.

Riferendoci al settore delle installazioni marine, intendiamo le applicazioni a bordo nave (dai mini-yacht fino alle navi da crociera), ma anche le applicazioni relative alle piattaforme off-shore.

Per dare un'idea della significativa presenza di ABB nel settore viene fornita una panoramica dei prodotti disponibili, progettati per coprire tutte le esigenze applicative.

In modo particolare, approfondendo con dati relativi alle prestazioni, si forniscono informazioni sugli apparecchi di manovra e protezione di bassa tensione.



2 Tipologie di navi

La movimentazione di persone o cose su acqua avviene attraverso mezzi che comunemente, senza nessuna differenziazione di sorta, vengono identificati con il termine generico di nave. In realtà, scendendo nel dettaglio, sarebbe possibile una classificazione più precisa in base alla funzione ed alla tipologia di carico trasportato. Con una prima macro-distinzione si possono identificare:

- le navi adibite al trasporto di materiali in senso lato;
- le navi per il trasporto di sole persone;
- le navi per il trasporto misto di persone e mezzi di movimento.

Andando più nel dettaglio, **le navi adibite al trasporto di materiali** si possono classificare, in base alla tipologia di materiale trasportato ed al modo in cui esso viene stivato a bordo.

Tra le principali tipologie di navi adibite al trasporto merci di tipo liquido possiamo citare:

- le navi petroliere che sono navi cisterna adibite prevalentemente al trasporto del greggio;
- le navi chimichiere destinate al trasporto di prodotti chimici;
- le navi cisterna per il trasporto di liquidi non infiammabili;

- le navi gasiere o metaniere (LNG tanker), figura 1, adibite al trasporto di gas allo stato liquido (esempio propano, butano).

Figura 1: Navi gasiere o metaniere (LNG tanker)



Tra le principali tipologie di navi adibite al trasporto merci di tipo solido, classificate in base al metodo di stivaggio che può essere di tipo ordinato oppure “alla rinfusa”, possiamo citare:

- le navi portacontainer, navi il cui intero carico è costituito da container metallici contenenti merce di vario tipo, che possono essere distribuiti a bordo in modo ordinato e modulare, come in figura 2, e poi facilmente smistati localmente su strada o ferrovia;

Figura 2: Navi portacontainer



- le navi cargo, tutte quelle navi di differente forma e dimensione che trasportano merci tra i diversi porti e costituiscono ancora un mezzo essenziale per i traffici mondiali tra i vari paesi. Non sono strutturate per un trasporto ordinato e modulare, ma per un trasporto di merci variamente confezionate. Possono essere adibite specificatamente al trasporto di un particolare prodotto, oppure al trasporto promiscuo di più prodotti;
- le rinfusiere o Bulk Carrier, vedere figura 3, navi destinate al trasporto di svariato materiale solido non confezionato (granaglie, fertilizzanti, fosfati) confinato in apposite stive, oppure per il trasporto di un'unica e specifica tipologia di materiale solido come ad esempio legname, ferro o anche bestiame, comunque merce non contenuta in container o non ordinata in bancali o pallets. Rientrano in questa categoria quelle navi che possono effettuare l'imballaggio di un carico sfuso direttamente

a bordo durante le operazioni di sbarco dello stesso e sono identificate con la sigla BIBO, acronimo di Bulk In/Bulk Out o di Bulk In/Bags Out.

Figura 3: Navi rinfusiere o Bulk Carrier



Figura 4: Nave da crociera



L'altra grande tipologia di navi che può essere presa in considerazione è quella adibita specificatamente al **trasporto di persone**, che possono comprendere le imbarcazioni private come gli yacht ed i mega-yacht, fino ad arrivare, figura 4, alle grandi navi da crociera.

Il trasporto misto persone/mezzi, figura 5, è effettuato con quelle navi che comunemente sono chiamate traghetto. Questi ultimi possono anche essere adibiti all'imbarco di soli mezzi di trasporto quali ad esempio mezzi pesanti o automobili; sono conosciuti anche come navi Ro-Ro dotate di scivoli che consentono alle vetture di salire (roll on) e scendere (roll off). Oppure possono essere adibiti al trasporto misto persone/mezzi, e sono conosciuti anche come Ro-Pax (Roll-on/roll-off Passengers)

Figura 5: Navi da trasporto tipo RO-PAX e RO-RO



Altre tipologie di navi, figura 6, che non sono da trasporto, ma adibite allo svolgimento di particolari attività o servizi, sono quelle militari, industriali (navi da pesca, navi per trivellazione, o piattaforme) o da lavoro (rimorchiatori, navi da ricerca o navi da posa).

Senza scendere nel dettaglio di particolari regolamenti legati allo specifico servizio svolto dalla singola tipologia di nave, a livello generale le costruzioni navali devono rispondere e rispettare i vincoli posti dai registri navali.

Figura 6:
Piattaforma



Nave rompighiaccio



Nave da Trivellazione



Nave da posa per cavi



3 | Registri Navali

L'origine delle società di controllo e classificazione in ambito navale fu legata alla necessità degli armatori e delle compagnie di assicurazione marittima di avvalersi di un soggetto "superparte" che valutasse con competenza tecnica il progetto e la realizzazione delle navi e di conseguenza la loro affidabilità.

Dalla loro origine, questi enti hanno avuto una grossa evoluzione strutturale e tecnica. In un mercato sempre più attento ed esigente, la procedura di certificazione si presenta come uno strumento di grande utilità economica e sociale, introducendo una tutela contro eventuali operatori non qualificati. La procedura di certificazione da parte di un ente terzo fornisce l'assicurazione che un prodotto, un servizio o un'organizzazione risultino conformi a requisiti specificati, condivisi e unificati.

In ambito navale il certificato di classificazione è il documento che attesta che una nave ed i suoi componenti sono stati progettati e costruiti secondo i regolamenti ed i criteri previsti dalla Società di Classificazione, risultando quindi conformi anche ai principi fissati dalla Organizzazione Marittima Internazionale, se l'ente classificatore ne fa parte. Per mantenere i requisiti inizialmente ottenuti, la nave dovrà essere sottoposta ad ispezioni periodiche di solito annuali, ed a verifiche più approfondite e dettagliate che avvengono solitamente ogni cinque anni. Il programma di approvazione dei registri è rivolto a tutte quelle apparecchiature ed equipaggiamenti che

si trovano installati a bordo nave e per i quali le norme nazionali o internazionali prescrivono l'accertamento da parte dell'ente omologatore. Quindi anche i componenti elettrici ed in modo specifico gli apparecchi di manovra e protezione dovranno essere corredati del certificato di omologazione che attesti la rispondenza a tutti quei parametri elettrici ed ambientali richiesti. Il rilascio della certificazione si ottiene come risultato finale di una procedura di verifica che in linea di massima prevede:

- l'analisi della specifica di prodotto o della norma di riferimento;
- la verifica della conformità del progetto attestata tramite resoconti di prova emessi da laboratorio accreditato;
- la definizione dei controlli da effettuarsi durante la produzione;
- l'ispezione finale.

A seguito di questa procedura in cui il registro certifica che a tutte le condizioni si è risposto in modo adeguato, viene rilasciato il certificato di omologazione del prodotto che ne attesta l'idoneità all'utilizzo in applicazioni navali. Di seguito, in figura 7, è riprodotto come esempio un estratto della documentazione (certificato di omologazione) che attesta l'avvenuta omologazione da parte del registro navale per gli interruttori ABB SACE; nel caso specifico per l'interruttore Emax X1 si fa riferimento alla certificazione ottenuta, tra le altre, dal registro navale italiano RINA e inglese Lloyds Register.

Figura 7: Esempio di certificazione Navale



La storia dei registri navali iniziò nella seconda metà del 18° secolo, quando nel 1764 nacque a Londra quello che attualmente è il Lloyd's Register. Successivamente nel 1828 venne istituito il Bureau Veritas e nel 1861 a Genova nacque l'attuale RINA S.p.A., che è la società del Registro Italiano Navale.

Il concetto di classificazione e regolamentazione in ambito navale divenne un'esigenza sentita anche in altri paesi, così successivamente nacquero molti altri registri.

Al fine di ottenere una collaborazione ed una uniformità nell'applicazione delle linee guida per la costruzione delle navi, nel 1939 si tenne la prima conferenza dei principali registri navali quali ABS, BV, DNV, GL, LR NK RINA che stipularono appunto degli accordi volti ad una maggiore collaborazione tra le varie società. Seguirono successivi

incontri finalizzati alla condivisione ed all'allineamento dei vari regolamenti fino a che nel 1968 venne fondata l'Associazione Internazionale delle Società di Classificazione IACS, al fine di mantenere elevato il servizio reso all'industria navale assicurando integrità e competenze per i servizi forniti.

Il certificato di classificazione è il documento che attesta che una nave è stata progettata e costruita in conformità con i regolamenti/criteri previsti dalla Società di Classificazione stessa e pertanto è autorizzata all'attività per la quale è stata concepita.

Di seguito, in tabella 1, riportiamo i nomi ed i loghi identificativi dei registri navali che attualmente appartengono all'associazione IACS.

Tabella 1: Loghi dei registri navali appartenenti all'IACS

Registro Italiano Navale (RINA) : Italiano		American Bureau of Shipping (ABS): Americano	
Bureau Veritas (BV): Francese		Det Norske Veritas (DNV): Novegese	
Germanischer Lloyd (GL): Tedesco		Lloyd's Register of Shipping (LR): Inglese	
Nippon Kaiji Kyokai (NKK): Giapponese		Russian Maritime Register of Shipping (RMRS): Russo	
CCS China Classification Society: Cinese		IRS Indian Register of Shipping: Indiano	
KR Korean Register of Shipping: Coreano			

4 Cenni sulla generazione elettrica a bordo nave

La generazione di 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, che può essere a gas, a vapore convenzionale o nucleare. Le diverse modalità di generazione sono spesso legate alla tipologia di nave: ad esempio la turbina a vapore con propellente fossile (carbone o gas naturale) costituisce una modalità di generazione presente sulle navi da guerra; la turbina a gas è presente su diverse varietà di navi caratterizzate principalmente dalla esigenza di avere elevate velocità di navigazione.

Per le navi da carico o le navi da crociera la generazione più comunemente utilizzata è quella che si ottiene dall'accoppiamento del diesel con il generatore.

In linea di principio si può dire che le turbine sono più facilmente regolabili, permettono di ottenere una sovraccaricabilità maggiore e meccanicamente offrono un minore ingombro e minori vibrazioni; per contro offrono una minore prontezza di intervento e un maggiore consumo di carburante rispetto ai gruppi diesel.

Una delle alternative alle soluzioni precedenti può essere quella definita come generazione ad asse, in cui il

generatore è coassiale e portato in rotazione dall'albero portaelica, così che una parte della potenza meccanica prodotta dal motore termico di propulsione viene sfruttata per produrre energia elettrica.

La soluzione presenta alcune particolarità come ad esempio la necessità di avere gruppi elettrogeni indipendenti che siano in grado di fornire energia elettrica all'impianto di bordo, quando la velocità dell'elica è troppo bassa e in caso di sosta della nave. Il sistema presenta inoltre problematiche legate alla gestione del numero di giri del motore di propulsione ed alla gestione della produzione in contemporanea dei due sistemi (generazione asse e gruppi elettrogeni convenzionali).

Prendiamo in considerazione un'ipotetica costruzione navale che per le caratteristiche di seguito riportate può rappresentare lo standard per le navi da crociera, figura 8. Al solo scopo di fornire un'idea delle grandezze in gioco, di seguito forniamo alcuni dati indicativi che meglio aiutano a capire la struttura di queste tipologie di navi che possono essere considerate come le più imponenti "imbarcazioni" che si realizzano.

Figura 8: Nave da crociera

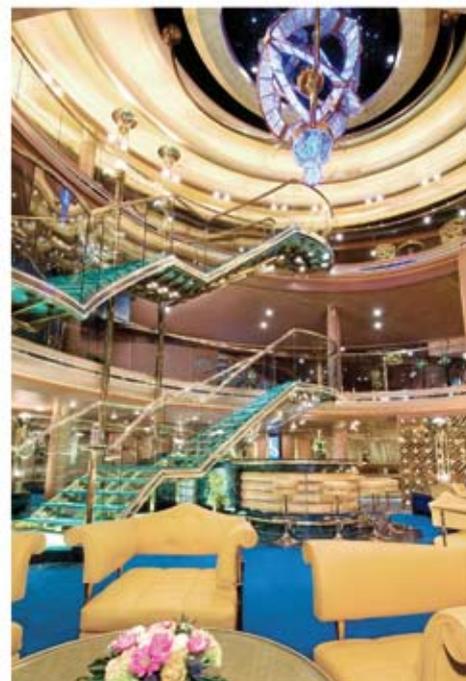


Possono raggiungere una stazza lorda, (parametro, determinato tramite appositi calcoli e formule, che definisce un indice di grandezza o di capacità di una nave che comprende tutti i volumi interni della stessa, inclusi gli spazi della sala macchine, dei serbatoi di carburante, le zone riservate all'equipaggio e si misura partendo dalla superficie esterna delle paratie), che può variare dalle decine di migliaia di tonnellate fino a valori prossimi alle 100.000 tonnellate, distribuite su lunghezze che possono superare i 300m con larghezze attorno ai 50m; sono in grado di ospitare alcune migliaia di passeggeri che possono essere accolti e distribuiti in migliaia di cabine, nel grande atrio con ascensori panoramici, negli svariati bar, ristoranti, piscine, sale gioco, discoteche, sale da ballo e nei centri per il fitness distribuiti sulla decina di vari ponti.

Una nave da crociera è tutto questo e le immagini proposte (di insieme in figura 8 e di dettaglio nella figura 9), risultano essere molto più rappresentative dell'eleganza e della maestosità, rispetto alla breve descrizione in precedenza riportata.

Per consentire il funzionamento in fase di navigazione di tutti i servizi di questa vera e propria "città galleggiante", è necessaria una potenza elettrica complessiva disponibile a bordo non indifferente. Innanzitutto bisogna dire che la disponibilità dell'energia elettrica deve venire da dispositivi presenti a bordo, in altre parole a bordo deve essere prevista una centrale elettrica autonoma capace di generare tutta l'energia necessaria per l'alimentazione a pieno carico elettrico. La sorgente dell'energia è normalmente costituita da più macchine formate dall'accoppiamento di un motore diesel meccanico e di un alternatore (generatore sincrono). In base alla potenza totale assorbita da tutte le utenze della nave, viene applicato un coefficiente maggiorativo per un'eventuale ampliamento futuro di alcuni carichi; inoltre si assume un ulteriore margine di sicurezza che permette di avere disponibile tale potenza maggiorata anche con avaria di uno dei gruppi diesel-generatore. Per il calcolo della potenza totale dei gruppi elettrogeni installati si deve anche considerare che il punto di lavoro ottimale dei generatori, cioè con il loro massimo rendimento, è in corrispondenza del 75% della

Figura 9: Esempio di arredo e finiture a bordo nave

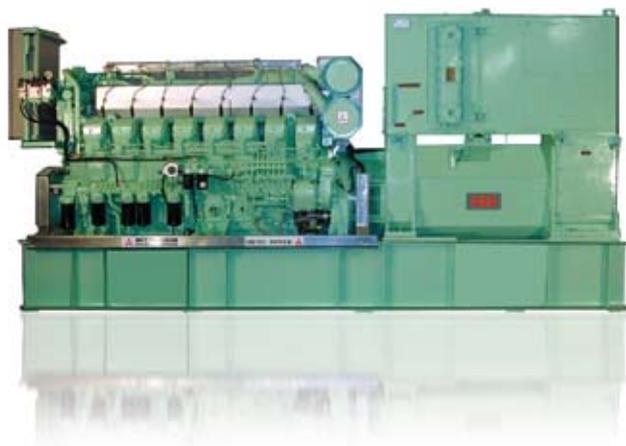


loro potenza massima nominale.

Come detto, i generatori di bordo sono quindi apparecchi costituiti da un motore primo di tipo diesel che aziona una dinamo o un alternatore trifase a esso permanentemente accoppiato, costituendo un'unica macchina come rappresentato in figura 10 definita anche come genset.

L'alternatore, che per il suo funzionamento è portato in rotazione dal motore diesel tipicamente con 8 o 12 cilindri in linea o a "V" con potenze che come ordine di grandezza possono variare da 1MW fino a 10MW e rendimenti che si attestano su valori attorno al 95%, può generare tensioni sia in bassa tensione che in media tensione; in alcune applicazioni l'alternatore risulta mosso in alternativa anche da turbine a gas o da un mix dei due tipi.

Figura 10: Genset, motore diesel e alternatore in un'unica macchina



Come noto, per il funzionamento dell'alternatore deve essere fornita all'avvolgimento induttore la corrente di eccitazione necessaria per creare il campo magnetico, che viene generato da sorgente ausiliaria di tensione continua che può essere una dinamo eccitatrice coassiale all'alternatore o, più modernamente, un sistema di raddrizzatori statici che convertono in tensione continua la tensione alternata prodotta dall'alternatore stesso.

Attraverso dispositivi di regolazione aventi la funzione di controllare sia la velocità di rotazione del motore primo variando il flusso del combustibile sia i parametri dell'eccitazione, è possibile mantenere costante sia la tensione sia la frequenza di alimentazione generata al variare delle condizioni di carico.

Il sistema di generazione di una nave da crociera con le caratteristiche in precedenza descritte, comprende normalmente 6 alternatori per una potenza complessiva nell'ordine dei cinquanta megawatt (per dare un'idea, mediamente sufficienti per alimentare una città di 50.000 abitanti).

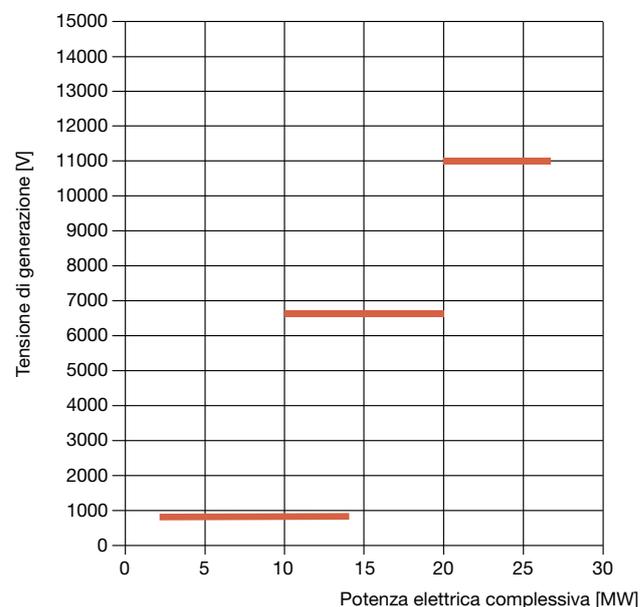
I generatori sono normalmente suddivisi in gruppi e ogni gruppo alimenta la propria sbarra. Queste macchine possono essere messe in parallelo fra di loro, l'operazione è demandata ad un dispositivo di parallelo che inserisce

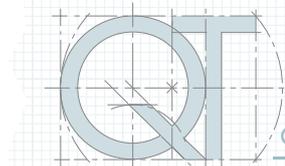
il generatore sulle barre principali del quadro elettrico quando esso ha fase e tensione sufficientemente uguali e costanti rispetto ai parametri degli alternatori già in servizio. Una volta effettuato il parallelo il ripartitore di carico distribuisce sui gruppi di alimentazione la potenza delle varie utenze in base alle richieste e alla percentuale di carico assegnato alla singola macchina. L'automazione ha quindi il compito di gestire la messa in moto o l'arresto dei generatori in base al carico richiesto.

I gruppi elettrogeni con la relativa automazione, il quadro elettrico principale di media tensione e le apparecchiature di controllo costituiscono la centrale elettrica di bordo. Il quadro principale è generalmente suddiviso in due o più sezioni, ognuna facente capo ad un gruppo di generatori, al fine di garantire la possibilità di un'alimentazione ridondante per i vari carichi della nave.

Il valore della tensione di distribuzione primaria dipende dalla potenza complessiva di bordo. I sistemi di generazione e di distribuzione in media tensione a bordo di grosse navi prevedono 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. Quando si parla invece di piccole imbarcazioni quali ad esempio yacht o navi di modeste dimensioni, 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. I diversi livelli di tensione in funzione della potenza complessiva sono riassunti nel grafico della figura 11.

Figura 11: Rappresentazione delle tensioni nominali in funzione della potenza di bordo





5 Cenni sui sistemi di propulsione

La potenza propulsiva installata a bordo varia sensibilmente in base al tipo di nave e alle particolari esigenze del servizio svolto.

Con riferimento a navi standard, costruite attorno agli anni '70 gli impianti di propulsione erano costituiti da turbine a vapore o da motori diesel a due (esclusivamente per impiego navale) o a quattro tempi il cui albero azionava il sistema porta-elica.

Con l'aumento della stazza delle navi, ed in particolare con le navi di grande taglia, come le navi da crociera che negli ultimi anni hanno assunto dimensioni e tonnellaggi impensabilmente elevati, si è creato un campo di applicazione particolarmente interessante per la propulsione elettrica che consiste nell'utilizzare un motore elettrico come propulsore per le eliche della nave.

Inizialmente sono stati adottati motori asincroni grazie alla loro robustezza e semplicità costruttiva, successivamente si è passati al motore sincrono che, nonostante possa avere ingombro e peso superiore a parità di potenza, e richieda maggiori complicazioni nel gestire il funzionamento in avviamento e inversione di marcia, permette di lavorare, agendo sull'eccitazione, a fattore di potenza unitario con riduzione nel dimensionamento dell'impianto. Inoltre essendo questo tipo di motore a scorrimento nullo è possibile ottenere una velocità costante.

I motori sincroni sono caratterizzati anche dalla presenza di una forza elettromotrice statorica nel funzionamento a vuoto che permette, per il controllo, l'impiego di con-

vertitori a commutazione naturale.

Si è così affermata la propulsione elettrica che consiste nell'utilizzare il motore principale della nave per azionare un generatore elettrico la cui corrente alimenta un motore elettrico di tipo sincrono che aziona le eliche di propulsione.

Una nave, con le caratteristiche inizialmente ipotizzate, ha solitamente due motori, ciascuno con potenze dell'ordine della decina di MW, in grado di conferire all'unità una velocità media di navigazione attorno ai 20 nodi. Possono quindi essere mediamente raggiunte potenze complessive di propulsione che variano dai 15MW ai 30MW necessarie per gestire la navigazione in mare aperto come da figura 12.

Rispetto ai valori assoluti di potenza, può risultare più significativo il coefficiente di elettrificazione KP/T che può essere definito come il rapporto tra la potenza elettrica complessiva di bordo e la stazza della nave, e può assumere tipicamente valori variabili tra 0.15 e 0.25 kW/T.

L'energia necessaria per alimentare i motori elettrici proviene dalla centrale elettrica di bordo in media tensione da cui deriva anche l'alimentazione elettrica di tutta la nave. Le grosse navi da crociera prevedono normalmente due motori sincroni normalmente alimentati a 6.6kV che portano in rotazione eliche a pale orientabili o fisse a seconda del tipo di convertitore statico adottato. Al fine di garantire anche in caso di una parziale avaria degli

Figura 12: Navigazione in mare aperto



avvolgimenti una certa capacità propulsiva, ciascun motore elettrico può essere costituito da due distinti avvolgimenti trifase di potenza pari a metà della potenza complessiva del motore, invece che da un unico avvolgimento di piena potenza.

Per realizzare un azionamento della macchina attraverso il controllo della tensione e della frequenza, si utilizzano dei convertitori statici di frequenza denominati Synchroconverter o "Load Commuted Inverter LCI", che gestiscono la conversione di energia elettrica da una rete in alternata a frequenza fissa ad una rete in alternata a frequenza variabile da zero alla nominale controllando anche che il rapporto tensione/frequenza rimanga costante.

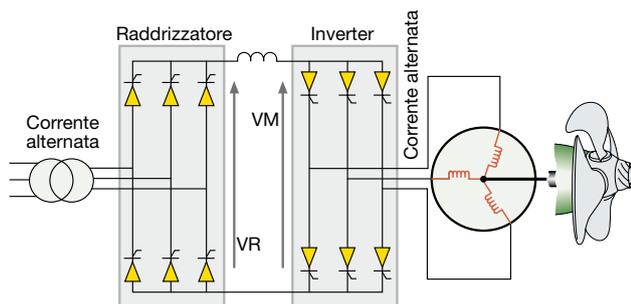
Il convertitore utilizzato è rappresentato in figura 13, è di tipo indiretto e realizza in un primo stadio la conversione da alternata a continua tramite un ponte raddrizzatore a reazione esafase totalmente controllato mediante tiristori.

La sezione in continua consente, per il motore di propulsione, di avere la disponibilità di un sistema di eccitazione necessario per il funzionamento del sincro. Nello stadio intermedio in continua è inoltre presente un'induttanza "L" in serie che ha la funzione di stabilizzare la corrente di ingresso dell'inverter.

Nello stadio successivo, che è detto a corrente impressa o (Current Source Inverter), viene eseguita la conversione da continua ad alternata polifase a frequenza variabile, mediante un altro raddrizzatore controllato a ponte trifase che funziona come invertitore a commutazione naturale, con commutazione comandata dal carico, cioè dal motore sincro.

Il principio di funzionamento del Synchroconverter, senza scendere nel dettaglio di approfondite trattazioni teoriche può essere riassunto nel seguente modo, ai morsetti di uscita del ponte trifase funzionante da raddrizzatore ed ai morsetti di ingresso del ponte trifase funzionante da inverter si instaurano due tensioni VR e VM, (con $VR > VM$, poiché stiamo controllando un motore e non un generatore); VM risulta proporzionale alla velocità di rotazione ed alla eccitazione del sincro. La differenza di potenziale permette di controllare la corrente che attraverso l'induttanza stabilizzatrice percorre ciclicamente due delle tre fasi dello statore, creando così un campo rotante con direzione e frequenza ricercate tramite il controllo. Il rotore opportunamente eccitato si porterà in rotazione inseguendo il sincronismo con il campo.

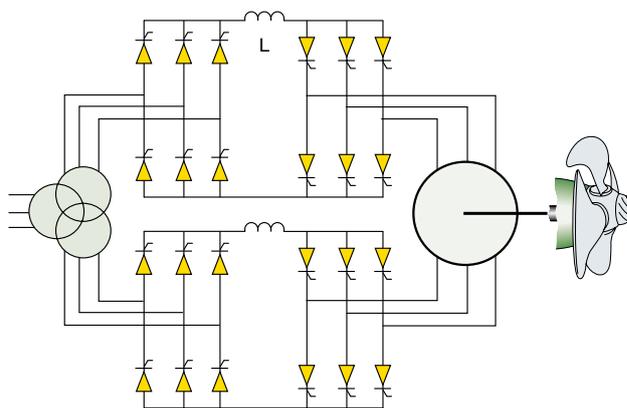
Figura 13: Synchroconverter



Nello schema proposto in figura 14, i convertitori ac/ac (formati ciascuno da un convertitore alternata-continua e da un convertitore continua-alternata) sono due perché lo statore del motore sincro è realizzato con due distinti avvolgimenti trifase ciascuno dei quali è alimentato da un proprio convertitore alternata-alternata. Questo sistema permette di realizzare un convertitore ac/ac a 12 impulsi con un vantaggio nella riduzione delle armoniche e della coppia pulsante.

Peraltro oggi la tendenza a prevedere l'impiego di filtri rende superfluo l'utilizzo di un ponte raddrizzatore con un numero di impulsi più elevato al fine di ridurre il contributo armonico.

Figura 14: Synchroconverter per motore a doppio avvolgimento



Dalla breve descrizione fatta per le due tipologie di propulsione emerge come quella elettrica risulta più complessa e richiede l'impiego di due macchine (inverter e motore elettrico), rispetto alla propulsione meccanica, oltre che ad un sovradimensionamento del generatore elettrico, macchina comunque presente in entrambi i casi per l'alimentazione del sistema di distribuzione. Quindi anche se a livello di volume, peso e costo potrebbe sembrare meno conveniente, altri elementi, che di seguito cercheremo brevemente di evidenziare, hanno comunque portato all'affermarsi della propulsione elettrica.

Il diesel elettrico permette, nonostante un apparente volume complessivo maggiore, di ottimizzare la gestione degli spazi, perché esistono meno vincoli di posizionamento in quanto il motore elettrico può essere ubicato più vicino all'elica riducendo i vincoli meccanici legati all'allineamento ed al dimensionamento dell'albero che costituisce l'organo di trasmissione tra propulsore diesel meccanico e l'elica.

Inoltre il diesel elettrico consente una grande flessibilità di gestione dell'apparato motore. L'impiego delle tecnologie elettroniche introduce indubbi vantaggi in termini di efficienza e manutenzione rispetto ai dispositivi meccanici necessari per ricondurre la velocità di rotazione dei motori

diesel al più basso numero di giri che caratterizzano il funzionamento delle eliche.

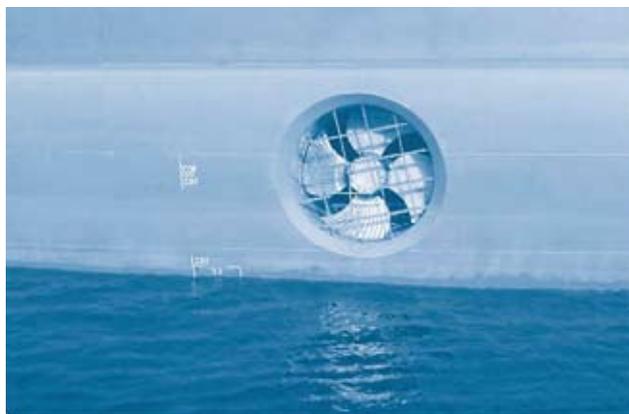
La presenza di un controllo automatico che permette di adattarsi alle diverse condizioni operative facilitando e migliorando la manovrabilità, la regolazione della velocità e la gestione del senso di marcia, ottimizza il rendimento complessivo con riduzione dei consumi e delle emissioni inquinanti, inoltre risultano ridotte anche la rumorosità e le vibrazioni.

Si stanno affacciando anche altre modalità per la propulsione, in particolare si sta guardando con grande interesse all'impiego di motori sincroni a magneti permanenti, grazie ad alcune caratteristiche peculiari quali ad esempio l'elevata densità di potenza raggiungibile, la riduzione delle perdite nel rame con conseguente aumento dell'efficienza, l'incremento dell'affidabilità, (non è presente l'avvolgimento di eccitazione il che comporta l'eliminazione di tutti quei problemi ad esso connessi quali ad esempio le criticità meccaniche ed elettriche localizzate nel collettore per usura spazzole), oppure a livello di confort per l'elevata silenziosità.

Per la manovra in porto o generalmente in acque ristrette invece le navi adottano un sistema dotato di eliche che producono una spinta trasversale solitamente installate nella zona di poppa e di prua della nave. Tale sistema è normalmente conosciuto come "bow-thruster" o "stern-thruster", e non deve essere confuso o accomunato al sistema di propulsione principale.

L'elica può ruotare in senso orario o antiorario in un piano parallelo all'asse longitudinale delle navi, generando una spinta trasversale verso destra o sinistra. La soluzione tipica, rappresentata in figura 15, prevede che il generatore sia rinchiuso in un tubo aperto alle due estremità ed inserito all'interno dello scafo.

Figura 15: Thruster inseriti nello scafo



Un sistema di propulsione rivoluzionario ed innovativo che permette di fare fronte alle più spinte esigenze di bordo e di miglioramento della manovrabilità è il sistema Azipod messo a punto nei primi anni '90 dalla Asea Brown Boveri (ABB) e dalla finlandese Kvaerner Masa Yards (KMY).

È costituito, come rappresentato in figura 16, da un involucro a forma di capsula orientabile "podded", che è posizionato nella parte sommersa dello scafo, a prua o a poppa in base alla tipologia di nave, (a prua ad esempio per navi rompighiaccio).

Figura 16: Azipod



La capsula che dovrà quindi avere buone caratteristiche idrodinamiche, al suo interno contiene un motore elettrico a magneti permanenti il cui controllo di velocità e coppia è assicurato da un convertitore di frequenza. Attraverso un mini albero è azionata l'elica in genere a passo fisso che può essere applicata su una delle due estremità dell'ogiva in base al fatto che si desideri avere una azione propulsiva traente tipica di navi con velocità piuttosto elevate oppure spingente con una bassa velocità e spinta elevata (rimorchiatori).

Il dispositivo descritto ha la possibilità di ruotare di 360° attorno al proprio asse verticale, consentendo di sfruttare la potenza completa in entrambe le direzioni dando alla nave un grande vantaggio di manovrabilità ed efficienza rispetto al sistema tradizionale, con l'eliminazione quindi del timone e delle eliche trasversali di manovra. Il sistema Azipod consente un elevato rendimento, con risparmi del carburante fino al 10-15% rispetto alle eliche convenzionali e conseguentemente un miglioramento dell'impatto sull'ambiente con riduzione delle emissioni di CO₂. Permette inoltre di ottenere una riduzione dei livelli di rumorosità e di vibrazioni ed una ottimizzazione degli spazi di bordo.

6 Generalità sul sistema elettrico di bordo

Senza scendere nel dettaglio della modalità di gestione della distribuzione elettrica o della struttura capillare che può avere un impianto elettrico di bordo nave possiamo darne una descrizione molto sommaria che comunque permette di capirne la struttura e la complessità.

Negli impianti di bordo delle navi di grossa stazza, o comunque nelle più moderne navi, ad esempio quelle da crociera, la produzione di energia elettrica avviene, come già detto, nella centrale elettrica di bordo, che in alcuni casi può essere suddivisa in due parti: una dislocata a poppa ed una a prua.

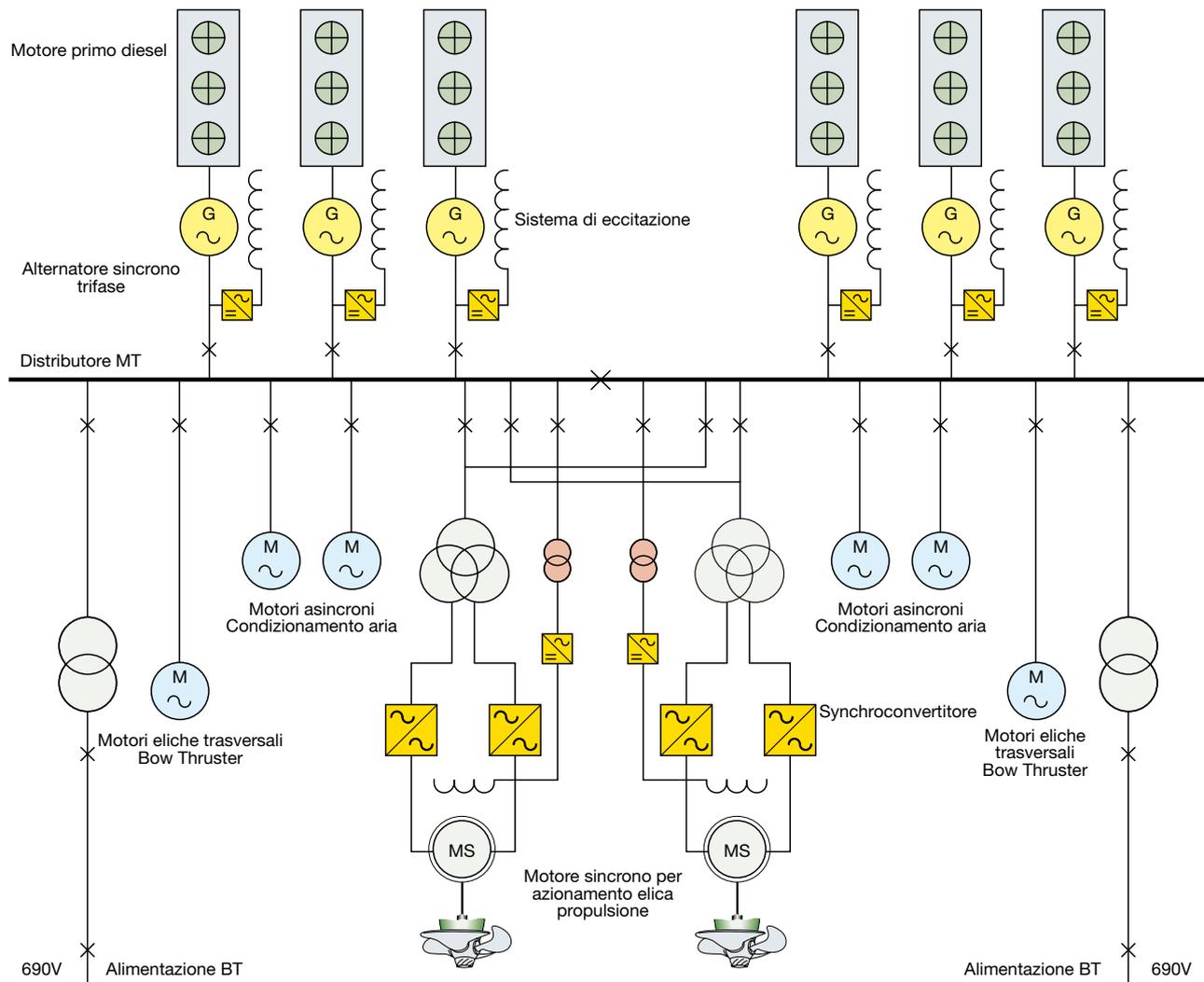
La distribuzione in media tensione, come rappresentato in figura 17, parte dal quadro principale costituito da due sezioni, ciascuna delle quali risulta connessa ad un gruppo di generatori. Normalmente queste sbarre sono connesse tramite un congiuntore che permette la gestione della potenza in funzione delle necessità specifiche.

Questo sempre nell'ottica fondamentale di conservare, anche se ridotta, un'efficienza tale da far mantenere alla nave un buon grado di sicurezza e stabilità.

Dal sistema di sbarre principale in media tensione, oppure da alcuni sottoquadri di smistamento, prendono alimentazione:

- i carichi essenziali di elevata potenza come le eliche di propulsione o le eliche per movimenti trasversali, magari attraverso dispositivi di controllo come ad esempio i convertitori elettronici;
- oppure i motori di grossa potenza impiegati ad esempio per condizionamento aria o per funzionalità tipiche e legate alla particolare tipologia di nave;
- le diverse sottostazioni posizionate nelle varie zone di servizio, a cui compete l'alimentazione in BT di tutti gli utenti forza, piccola forza o luce previsti per quella zona.

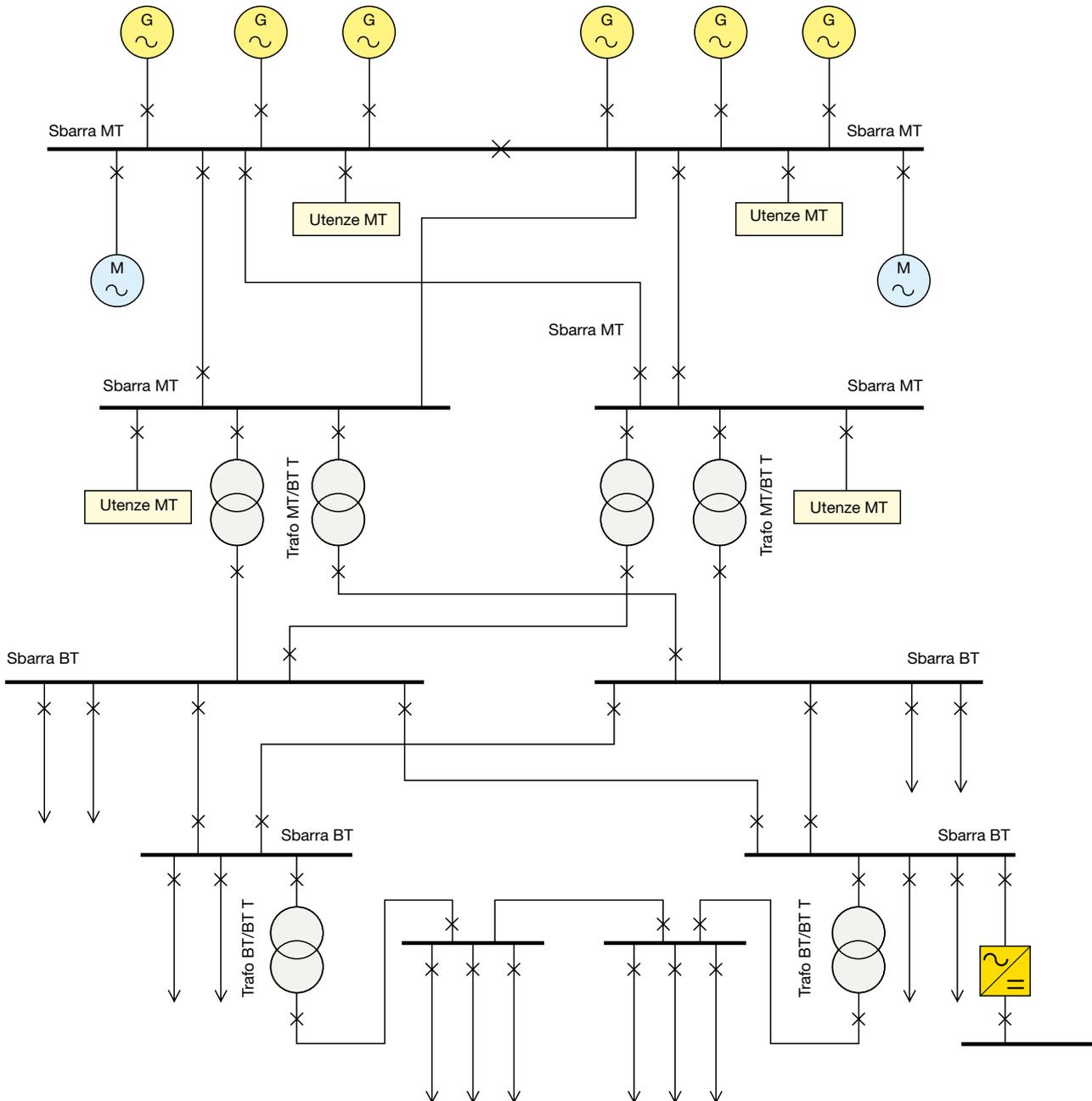
Figura 17: Rappresentazione di massima della modalità di generazione e alimentazione in MT



Quindi dalle sottostazioni, tramite trasformatori MT/BT, inizia l'alimentazione secondaria dei quadri di bassa tensione, che spesso presentano la possibilità di avere alimentazione ridondante, cioè proveniente da altri quadri MT che a loro volta prendono alimentazione dall'altra semisbarra del quadro principale di MT. Dai quadri BT prende corpo una complessa rete di distribuzione, figura 18, che alimenta le diverse tipologie di utenze di bassa tensione di bordo come il timone, gli argani o gli ausiliari essenziali dell'apparato motore, ed ancora l'impianto

d'illuminazione, di intrattenimento, confort e spettacolo, nonché la struttura alberghiera con cucine e lavanderie. L'impianto deve permettere sempre una continuità di servizio, quindi come detto, sono previsti quadri con doppio ingresso che derivano da altri quadri distinti; in caso di guasto è importante la messa fuori servizio, nel minor tempo possibile, della sola utenza o della sola sezione che presenta l'anomalia realizzando così una selettività spinta che riguarda tutte le utenze.

Figura 18: Schema di massima relativo alla distribuzione MT e BT a bordo nave.



Dei valori di tensione di generazione in MT si è già dato cenno nel paragrafo precedente. Invece per i livelli di distribuzione dell'impianto in bassa tensione fino a qualche anno addietro ci si era standardizzati sui 440V. A causa dei continui aumenti della stazza e quindi della potenza richiesta a bordo, per la conseguente difficoltà nel gestire valori di corrente nominale e di cortocircuito sempre più elevate si è passati all'alimentazione a 690V ed in alcuni rari e particolari casi a 1000V.

Questo ha comportato alcuni vantaggi quali il parziale contenimento dei valori delle correnti di guasto, la riduzione delle sezioni dei cavi, quindi riduzione di pesi ed ingombri, riduzione delle cadute di tensione e più elevate lunghezze ammissibili dei cavi, ed ancora l'aumento delle potenze dei motori direttamente collegabili alla rete primaria ed in genere di tutte quelle utenze del Quadro Elettrico Principale.

La distribuzione finale di bassa tensione è realizzata con tensioni più basse 400V/230V ottenute tramite trasformatori BT/BT. Le frequenze più comunemente utilizzate sono 50Hz o 60Hz in relazione a diversi aspetti quali ad esempio la tipologia di costruzione navale, il paese di produzione. Per utenze speciali, o più comunemente in ambito militare, sono richiesti circuiti dedicati funzionanti a 400Hz. La corrente continua, tipicamente ha valori di tensione di 48V - 110V o 125V, rimane presente per quei circuiti particolari ad esempio dove sono previsti dispositivi per ricarica batterie o per i circuiti ausiliari di automazione.

Gli impianti elettrici navali sono soggetti a specifiche di progetto particolari e tipiche che si distinguono per alcuni particolari da quelle degli impianti terrestri. Ciò è dovuto ad un insieme di aspetti e di necessità legate appunto alle caratteristiche dell'ambiente in cui ci si trova e che si presenta su ogni tipo di unità navale. Infatti la rete elettrica di bordo costituisce un sistema elettrico in isola caratterizzato da brevi distanze tra la sorgente di energia e gli utilizzatori. La potenza complessiva installata può essere molto elevata con alti livelli di corto circuito e di forze elettrodinamiche che devono essere gestite in modo sicuro e ciò richiede particolare attenzione nella progettazione di tali sistemi. Un sistema di distribuzione terrestre di energia elettrica è suddiviso in diversi sottosistemi separati, mentre per un impianto di bordo ci sono molte meno possibilità di integrazione e di gestione.

La potenza complessiva dei generatori risulta confrontabile, tenendo conto del fattore di sicurezza, con la totale potenza installata e la potenza nominale di alcuni carichi è confrontabile con quella dei singoli generatori.

A bordo non esiste quindi nessuna sbarra a potenza infinita, cioè con potenza disponibile nettamente prevalente rispetto alla potenza richiesta dalle utenze, come

ad esempio avviene nei sistemi terrestri. Quindi la suddivisione delle potenze di alimentazione e di utilizzo deve permettere, ad esempio, l'avvio dei motori asincroni più grossi con il minimo numero di generatori in funzione e senza provocare una caduta di tensione elevata e tale da perturbare il sistema di distribuzione.

Le possibili tipologie di guasto, dal sovraccarico al cortocircuito, risultano comuni agli impianti elettrici fissi. Ad essere ben più gravi e problematiche da gestire, sempre a causa della particolare collocazione ambientale ed operative in cui ci si trova, con vie di fuga limitate e spazi spesso angusti, potrebbero essere le modalità di intervento e le conseguenze del guasto.

Per ottenere prestazioni elevate in termini di sicurezza elettrica a bordo si dovranno ad esempio utilizzare cavi in grado di non propagare l'incendio, quindi di tipo autoestinguento allo scopo di confinare l'evento, e con caratteristiche di emissioni di fumi e vapori che siano il meno tossici possibile per la sicurezza dei passeggeri. Dovranno essere previsti svariati sistemi di sicurezza quali ad esempio sofisticati impianti antincendio.

Si dovrà, come già detto, anche evitare la mancanza di alimentazione alle utenze fondamentali per la sicurezza di bordo. Il sistema di distribuzione dovrà quindi prevedere la possibilità di un'alimentazione ridondante realizzabile tramite un sistema normalmente ad anello aperto; ad esempio con la suddivisione della sbarra principale di media tensione, che si chiude in caso di necessità, al fine di garantire l'alimentazione ai motori elettrici di propulsione per non compromettere la manovrabilità della nave, oppure, per i quadri di bassa tensione, prevedere la possibilità di una doppia alimentazione da altri quadri distinti, oppure ancora attraverso un'adeguata progettazione della centrale di emergenza.

Gli impianti elettrici di bordo sono tipicamente in corrente alternata perché nel complesso risultano avere una gestione in termini di costo e di affidabilità migliore rispetto alla corrente continua.

La rete di distribuzione primaria in media tensione è generalmente costituita da un sistema trifase a tre conduttori senza neutro. Tale sistema è solitamente gestito con punto di neutro del centro stella isolato da terra o connesso a terra tramite resistenza o bobina di Petersen, ciò permette una riduzione dei valori delle correnti di dispersione e di cortocircuito. In questo modo un primo guasto con relativa perdita di isolamento non costituisce un pericolo e permette di mantenere in servizio il sistema senza intervento delle protezioni. Ovviamente dovrà esserci segnalazione dell'anomalia e ripristino immediato delle condizioni di normale servizio, per evitare che il primo guasto evolva in un doppio guasto a terra estremamente pericoloso nei sistemi IT.

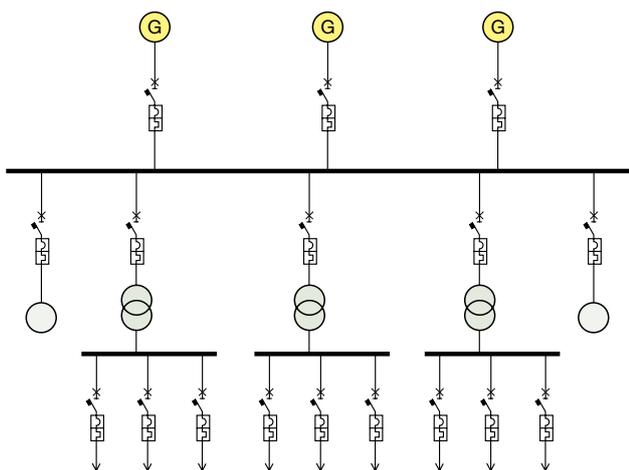
Inizialmente, quando gli impianti di bordo erano poco estesi e le potenze in gioco modeste, il sistema di distribuzione secondario era costituito da una rete monofase a due conduttori isolati o a tre conduttori con punto medio del trasformatore connesso a massa. Oggi, che le potenze in gioco sono notevolmente aumentate, si preferisce utilizzare il sistema trifase a quattro fili, cioè con neutro distribuito e nella maggior parte dei casi non collegato alla massa, con possibilità di disporre facilmente della tensione concatenata e di fase.

La rete di distribuzione secondaria è generalmente distribuita in modo radiale con eventuale possibilità di doppia alimentazione di quadro tramite due linee diverse, realizzando il collegamento di riserva dell'utenza. La scelta di servirsi di una linea o dell'altra dipende dalle condizioni di impianto e la possibilità di passaggio avviene tramite un commutatore o interruttori interbloccati.

Le reti di distribuzione principali in MT hanno struttura diversa in relazione alla tipologia di nave ed alla potenza installata. Possono essere di tipo radiale semplice, radiale con sottostazioni o con sottoquadri.

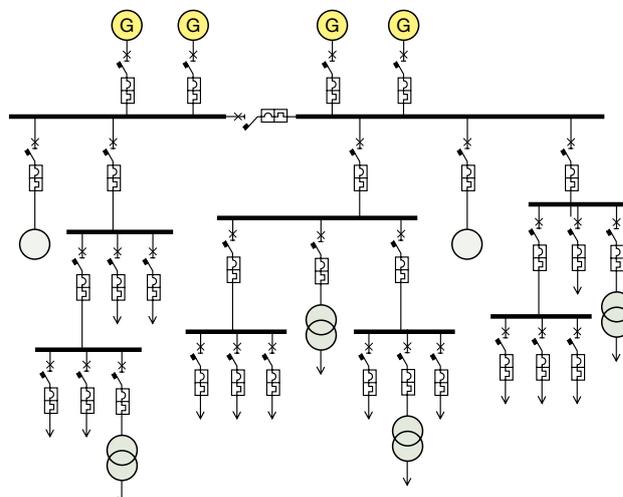
Lo schema radiale semplice, figura 19, comprende un quadro principale ad unica sezione dal quale partono le alimentazioni per tutte le utenze di bassa tensione. Questa configurazione risulta particolarmente critica poiché un'anomalia sul quadro principale rischia di compromettere l'affidabilità dei servizi di bordo.

Figura 19: Schema di principio per distribuzione radiale



Lo schema radiale composto, figura 20, si presta meglio del precedente alla realizzazione di impianti di media potenza e comprende un quadro principale ad una o più sezioni ed un certo numero di sottoquadri, che provvedono esclusivamente allo smistamento dell'alimentazione dal quadro principale ai quadri di distribuzione variamente dislocati. Con questa configurazione si ha una sensibile riduzione del numero dei circuiti derivati dal quadro principale, e quindi di apparecchi inseriti nel quadro.

Figura 20: Schema di principio per distribuzione radiale composto

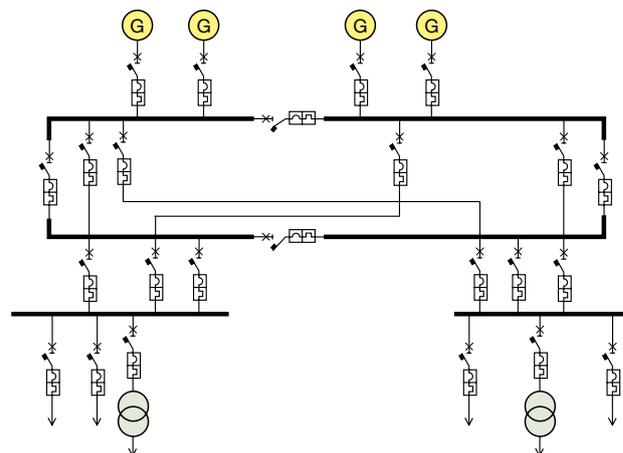


Per quanto riguarda invece la continuità di servizio degli utenti derivati da diversi sottoquadri di smistamento, assume un'importanza rilevante il corretto dimensionamento della catena di interruttori posti sui diversi livelli del sistema di distribuzione in modo che sia possibile ottenere l'intervento del solo l'interruttore interessato dal guasto facendo così in modo che altre utenze ed altri sottoquadri rimangano comunque alimentati.

Per garantire la continuità dell'alimentazione spesso il sistema radiale viene strutturato con un anello di riserva, figura 21, destinato ad alimentare quelle sottostazioni la cui linea principale sia interrotta, o addirittura l'intero gruppo di sottostazioni nel caso di grave avaria sulla semisbarra del quadro principale che normalmente le alimenta. In questo caso che è da considerarsi molto grave e gravoso, risulta disponibile solo la metà dei generatori e quindi della relativa potenza installata.

L'anello dovrà essere dimensionato per sopperire alle esigenze dell'impianto predisposte per questa situazione di funzionamento che come è chiaro risulta di estrema emergenza.

Figura 21: Schema di principio per distribuzione con anello di riserva



L'impianto a bordo nave può essere suddiviso in tre parti fondamentali così rappresentate:

- dall'impianto principale, costituito dai servizi essenziali di nave quali ad esempio la propulsione o i circuiti dedicati a funzionalità prioritarie di bordo e caratteristiche della tipologia di nave, ad esempio i circuiti dedicati al pompaggio od alla compressione dei gas per una nave gasiera, oppure i circuiti dedicati al comando dei dispositivi di movimentazione carichi per le navi cargo;
- dai circuiti ausiliari che comprendono i sistemi di produzione e distribuzione dell'energia elettrica per illuminazione e forza motrice ausiliaria;
- dagli impianti speciali che sono quelli per i quali si è sviluppata una tecnica particolare, per esempio gli impianti telefonici, apparati elettronici di vario impiego, i telegrafi di macchina o i sistemi di navigazione integrati, i torsiometri, gli avvisatori d'incendio.

Un'altra delle differenze principali riguarda la distinzione che si può fare fra carichi essenziali e non essenziali, che condizionano il sistema di distribuzione che li alimenta. I primi sono quelli la cui alimentazione e il cui corretto funzionamento vanno garantiti anche in condizioni di emergenza poiché svolgono funzioni indispensabili per la sicurezza dell'imbarcazione. Fra essi troviamo, per primi il sistema di propulsione, i sistemi di controllo dei motori e di comando dei timoni e delle pinne stabilizzatrici, i sistemi antincendio, gli allarmi, i sistemi di comunicazione e di aiuto alla navigazione, le luci di emergenza. Sono da considerare essenziali anche quei carichi che contribuiscono a creare il miglior confort o una maggior sicurezza per la vita a bordo dei passeggeri, quali ad esempio il sistema di condizionamento o di aspirazione acque.

Il sistema elettrico, in accordo con le prescrizioni dei registri navali, prevede anche una stazione elettrica di emergenza posizionata in altra zona rispetto alla centrale elettrica di bordo, solitamente su uno dei ponti alti e comunque sopra la linea di galleggiamento. È costituita da un gruppo diesel-generatore autonomo in BT (440V o 690V), con taglia di qualche MW.

Il motore diesel in questione deve essere in grado di avviarsi anche quando la rete principale non è in grado di fornire energia, ciò si ottiene normalmente attraverso un collegamento al sistema UPS. Un sistema di accumulatori è presente allo scopo di poter disporre di energia anche durante il tempo di avviamento dell'elettrogeno di emergenza. In condizione di normale funzionamento, cioè in presenza di tensione sulla rete, un raddrizzatore avrà il compito di fornire alle batterie di accumulatori l'energia necessaria per mantenere la carica massima.

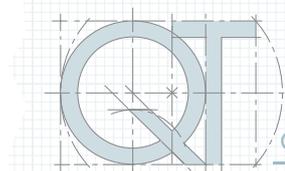
In caso di malfunzionamento della centrale principale, una sequenza di controllo automatica provvede a commutare sul quadro d'emergenza l'alimentazione di quella parte di impianto a cui sono connessi i carichi privilegiati

(esempio illuminazione d'emergenza, pompe antincendio, timonerie ed ausiliari indispensabili dell'apparato motore reti di comunicazione e segnalazioni e altri circuiti) che devono lavorare anche in caso di emergenza.

Inoltre sulla base di vincoli ambientali è previsto che in porto le navi spengano i propri motori diesel sospendendo quindi la generazione elettrica e si colleghino alla rete terrestre, normalmente ad una sorgente in bassa tensione, o nelle soluzioni più moderne in media tensione tramite una presa resa disponibile in porto. Questa procedura definita High-Voltage Shore Connection (HVSC) è guardata con favore dalle gestioni portuali di tutto il mondo, consente di ridurre le emissioni inquinanti delle navi durante la permanenza nella baia, migliorando la qualità dell'aria nelle zone portuali e in quelle circostanti. La tecnologia HVSC, vedere figura 22, permette la fornitura di energia elettrica direttamente dalla banchina alla nave per il funzionamento dei suoi macchinari e impianti di bordo (refrigeratori, illuminazione, riscaldamento e condizionamento), consentendo come detto l'arresto dei motori diesel normalmente usati per alimentare i generatori elettrici di bordo. Questa operazione di parallelo, necessaria per l'alimentazione elettrica di bordo, non deve arrecare problemi di power quality alla rete di distribuzione terrestre. Per dare un'idea dell'impatto ambientale, una grande nave da crociera ferma in porto per 10 ore, se alimentata da terra, evita di bruciare fino a 20 tonnellate metriche di carburante, equivalenti a 60 tonnellate metriche di anidride carbonica non emesse in atmosfera, ovvero le emissioni annue di 25 automobili.

Figura 22: Alimentazione dal porto, Shore-connection





7 Condizioni di scelta degli apparecchi di bassa tensione: prescrizioni normative e dei registri navali

7.1 Interruttori di manovra e protezione

7.1.1 Idoneità alle condizioni ambientali

Le condizioni ambientali che si presentano a bordo nave sono molto critiche, poiché l'ambiente marino con presenza di un alto grado di umidità e le condizioni di installazione con spazi spesso angusti con temperature di lavoro che potrebbero facilmente raggiungere valori superiori alla norma, e la presenza di sollecitazioni meccaniche, quali ad esempio vibrazioni, dovute al movimento proprio della nave o di origine meccanica (motori primi), contribuiscono a creare un ambiente estremamente gravoso ed aggressivo che richiede l'impiego di materiale elettrico particolarmente robusto.

A questo proposito per tutti gli aspetti che riguardano le applicazioni dei componenti elettrici per applicazioni marine, i regolamenti dei vari registri navali forniscono le prescrizioni per le prove ed i parametri richiesti in termini

di prestazioni a cui tali apparecchi dovranno rispondere. Inoltre richiedono tutta la documentazione tecnica costituita dai resoconti di prova relativi alle "prove di tipo" che attestino la rispondenza dell'apparecchio alle norme di prodotto, che ad esempio nel caso dell'interruttore sono la IEC o CEI EN 60947-1 e IEC o CEI EN 60947-2.

Di seguito riportiamo nella tabella 2 un riassunto delle principali verifiche a cui dovranno essere sottoposti gli apparecchi secondo gli standard dei principali registri navali.

Come si vede dalla tabella le prescrizioni risultano prevalentemente allineate. Per il registro italiano navale vengono richiesti fundamentalmente i seguenti parametri di prova a cui testare gli apparecchi per riconoscerne la loro idoneità per l'impiego in ambito navale. Per navi senza restrizioni alla navigazione la temperatura di riferimento per spazi chiusi varia da +5°C fino a +45°C, per navi con possibilità di navigazione in zone specifiche (ad

Tabella 2: Parametri per alcune prove prescritte dai registri navali

Registro	Vibrazioni	Variazione parametri alimentazione	Caldo umido
Lloyd's Register	Campo di frequenza: 5-13,2 Hz Ampiezza: 1mm. Campo di frequenza: 13.2-100 Hz Accelerazione: 0,7 g.	Variazione di tensione (Permanente) % +10/-10 Transitorio di tensione (durata 1.5s) +20/-20 Variazione di frequenza (Permanente) % +5/-5 Transitorio di frequenza (durata 5s) +10/-10	Incrementare T da 20 a 55°C. Mantenere T=55°C per 12h (Um.rel 90-100%). Ridurre T a 20°C Mantenere T=20°C per non meno di 6h (Um.rel 80-100%) 2 cicli
RINA	Campo di frequenza: 5-13,2 Hz Ampiezza: 1mm. Campo di frequenza: 13.2-100 Hz Accelerazione: 0,7 g.	Variazione di tensione (Permanente) % +6/-10 Transitorio di tensione (durata 1.5s) +20/-20 Variazione di frequenza (Permanente) % +5/-5 Transitorio di frequenza (durata 5s) +10/-10	IEC 60068-2-30 test Db Incrementare T=55°C Mantenere T=55°C per 12h (Um.rel 95%) Cicli: 2 (2x 12+12h)
DNV	Campo di frequenza: 5-13,2 Hz Ampiezza: 1mm. Campo di frequenza: 13.2-100 Hz Accelerazione: 0,7 g. Ampiezza scansione: max 1 oct/min	Variazione di tensione (Permanente) % +10/-10 Transitorio di tensione (durata 1.5s) +20/-20 Variazione di frequenza (Permanente) % +5/-5 Transitorio di frequenza (durata 5s) +10/-10	IEC 60068-2-30 test Db Incrementare T=55°C. Mantenere T=55°C per 12h (Um.rel 90-96% a 55°C) Cicli: 2 (2x 12+12h)
ABS	Campo di frequenza: 5-13,2 Hz Ampiezza: 1mm. Campo di frequenza: 13.2-100 Hz Accelerazione: 0,7 g. Ampiezza scansione: max 1 oct/min	Variazione di tensione (Permanente) % +6/-10 Transitorio di tensione (durata 1.5s) +20/-20 Variazione di frequenza (Permanente) % +5/-5 Transitorio di frequenza (durata 5s) +10/-10	IEC 60068-2-30 test Db Incrementare T=55°C, Um.rel=95% Cicli: 2 cicli (12+12 ore)
BV	Campo di frequenza: 5-13,2 Hz Ampiezza: 1mm. Campo di frequenza: 13.2-100 Hz Accelerazione: 0,7 g.	Variazione di tensione (Permanente) % +10/-10 Transitorio di tensione (durata 1.5s) +20/-20 Variazione di frequenza (Permanente) % +5/-5 Transitorio di frequenza (durata 5s) +10/-10	IEC 60068-2-30 test Db Incrementare T=55°C, Um.rel=95% Cicli: 2 cicli (12+12 ore)
GL	Campo di frequenza: 5-13,2 Hz Ampiezza: 1mm. Campo di frequenza: 13.2-100 Hz Accelerazione: 0,7 g.	Variazione di tensione (Permanente) % +6/-10 Transitorio di tensione (durata 1.5s) +20/-20 Variazione di frequenza (Permanente) % +5/-5 Transitorio di frequenza (durata 5s) +10/-10	IEC 60068-2-30 test Db Incrementare T=55°C, Um.rel=95% Cicli: 2 cicli (12+12 ore)

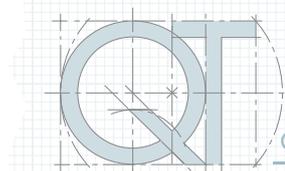
esempio fuori dalle zone tropicali) la temperatura massima di funzionamento può essere assunta pari a 40°C. Le prescrizioni standard per le condizioni di umidità prevedono un valore del 95% a 55°C.

Il livello di vibrazione richiesto varia in relazione all'ubicazione del componente elettrico. Per installazioni in stazioni di comando e controllo, su ponti esposti o in spazi di intrattenimento dei vari locali di bordo il campo di verifica richiesto per la rispondenza alle vibrazioni varia da 2Hz a 13.2Hz con un'ampiezza di 1mm e da 13.2Hz a 100Hz con un'accelerazione di 0.7g ($1g=9.8m/s^2$).

Sono fornite delle prescrizioni relative anche alla qualità dell'energia fornita dalla centrale di bordo relativamente ai parametri tensione frequenza e contenuto armonico ai quali gli apparecchi elettrici devono poter funzionare correttamente. Per la tensione è ammessa una variazione tra +6% e -10%, per la frequenza una variazione del +/- 5%.

Per il contenuto armonico di sistemi senza carichi importanti controllati da convertitori statici ed alimentati tramite generatore sincrono il livello totale di distorsione armonico ammesso per la tensione non deve eccedere il 5% e la singola armonica non deve eccedere il 3% della fondamentale. In presenza di carichi controllati da convertitori statici la singola armonica non eccede il 5% della tensione nominale fino al 15° ordine di armonicità e il livello totale di distorsione armonico ammesso non deve eccedere il 10%. Per la presenza di quelle apparecchiature che permettono la diffusione o il trasferimento di segnali attraverso onde elettromagnetiche o per impianti radar o ponte radio, i registri prescrivono anche le verifiche per gli aspetti legati ai fenomeni che generalmente vengono definiti di compatibilità elettromagnetica e che comprendono ad esempio le prove per immunità ai disturbi dovuti alle emissioni condotte ed irradiate.

Caldo secco	Immunità ai campi irradiati a radiofrequenza	Immunità ai campi condotti a radiofrequenza
IEC 60068-2-2 Tests Bb-Bd T=70°C (Um.rel=50% a 35°C, equivalente a 9% a 70°C) Durata 16h a 70°C	Campo di frequenza 80MHz-2GHz Modulazione 80% at 1000Hz Intensità del campo 10 V/m Ampiezza della scansione della frequenza non superiore a $1,5 \times 10^{-3}$ dec/s o 1% /s	IEC 61000-4-6 Campo di frequenza 150kHz-80MHz Ampiezza 3V rms Modulazione 80% at 1000Hz Ampiezza della scansione della frequenza non superiore a $1,5 \times 10^{-3}$ dec/s o 1% /s
IEC 60068-2-2 Incrementare T=55°C o T=70°C Durata 2h a 70°C o 16h a 55°C	IEC 61000-4-3 Campo di frequenza 80MHz-2GHz Modulazione 80% a 1000Hz Intensità del campo 10 V/m Ampiezza della scansione della frequenza non superiore a $1,5 \times 10^{-3}$ dec/s o 1% /s	IEC 61000-4-6 Campo di frequenza 150kHz-80MHz Ampiezza 3V rms Modulazione 80% at 1000Hz Ampiezza della scansione della frequenza non superiore a $1,5 \times 10^{-3}$ dec/s o 1% /s
IEC 60068-2-2 Tests Bb-Bd Incremento di temperatura e durata: 16h a 55°C+2h a 70°C (Um.rel max 55%) Classe B	IEC 61000-4-3 Campo di frequenza 80MHz-2GHz Modulazione 80% at 1000Hz Intensità del campo 10 V/m Ampiezza della scansione della frequenza non superiore a $1,5 \times 10^{-3}$ dec/s o 1% /s	IEC 61000-4-6 campo di frequenza 150kHz-80MHz Ampiezza 3V rms (10Vrms per ponti e zona ponti) Modulazione 80% at 1000Hz Ampiezza della scansione della frequenza non superiore a $1,5 \times 10^{-3}$ dec/s, o 1% / 3s (in accordo al livello di severità 2 della norma)
IEC 60068-2-2 Tests Bb-Bd Incremento di temperatura e durata: 16h a 55°C o 2h a 70°C	IEC 61000-4-3 Campo di frequenza 80MHz-2GHz Modulazione 80% at 1000Hz Intensità del campo 10 V/m Ampiezza della scansione della frequenza non superiore a $1,5 \times 10^{-3}$ dec/s o 1% /3s in accordo al livello di severità 3)	IEC 61000-4-6 campo di frequenza 150kHz-80MHz Ampiezza 3V rms Modulazione 80% at 1000Hz Ampiezza della scansione della frequenza non superiore a $1,5 \times 10^{-3}$ dec/s o 1% /3s (in accordo al livello 2 di severità della norma)
IEC 60068-2-2 Tests Bb-Bd Incremento di temperatura e durata: 16h a 55°C o 2h a 70°C (70°C deve essere eseguita su apparecchi non posizionati in spazi con aria condizionata)	IEC 801-3 Campo di frequenza 80MHz-2GHz Intensità del campo 10 V/m	Not present
IEC 60068-2-2 Incrementare T a 55°C 16h (Um.rel max=50%) installazioni in area non soggetta a stress di temperatura Durata: 70°C 16h (Um.rel max=50%) installazioni in area con aumento di calore o su ponte aperto	IEC 61000-4-3 campo di frequenza 80MHz-2GHz Modulazione 80% at 1000Hz Intensità del campo 10 V/m Ampiezza della scansione della frequenza non superiore a $1,5 \times 10^{-3}$ dec/s o 1% /s	IEC 61000-4-6 campo di frequenza 150kHz-80MHz Ampiezza3V rms Modulazione 80% at 1000Hz Ampiezza della scansione della frequenza non superiore a $1,5 \times 10^{-3}$ dec/s o 1% /3s (in accordo al livello 2 di severità della norma)



7.1.2 Parametri di scelta degli interruttori

Le caratteristiche elettriche, identificabili dai valori di tensione, corrente nominale e corrente di guasto della sezione di impianto, costituiscono i principali parametri di confronto con le caratteristiche del dispositivo di manovra e protezione che dovrà essere installato.

Iniziando dalla condizione di guasto, il calcolo delle correnti di cortocircuito deve essere eseguito, come indicato anche nel regolamento dei registri navali, in accordo con le prescrizioni della normativa IEC 61363 "Electrical installations of ships and mobile and fixed offshore units - Part 1: Procedures for calculating short-circuit currents in three-phase a.c."

Come accennato nei paragrafi dedicati all'impianto elettrico di bordo, si deduce che l'impianto è composto da svariate tipologie di macchine elettriche, infatti comprende generatori, motori sia sincroni che asincroni, e trasformatori. Inoltre la presenza di regolatori automatici e la non linearità di alcuni componenti possono condizionare il calcolo, e per tenere in considerazione il contributo del sistema elettrico nel suo complesso dovrebbe essere utilizzato un simulatore di calcolo.

Per il calcolo della corrente di cortocircuito devono essere presi in considerazione il numero massimo di generatori che possono essere simultaneamente connessi e il numero complessivo di motori che normalmente sono contemporaneamente connessi alla rete elettrica.

Il calcolo della corrente di cortocircuito in accordo alla norma IEC 61363 prevede la determinazione della componente aperiodica $i_{ac}(t)$ che è caratterizzata dal contributo subtransitorio, transitorio, e sincrono o di regime. Per la determinazione dei parametri caratteristici del dispositivo di protezione può essere assunto come riferimento il valore al semiperiodo $T/2$ (10ms a 50Hz). Tenendo in considerazione anche il contributo legato alla componente aperiodica i_{dc} , (componente della corrente che si manifesta in un circuito immediatamente dopo il cortocircuito) la seguente relazione

$$i_p = \sqrt{2} \times i_{ac}(t) + i_{dc}(t)$$

permette di determinare il valore di picco della corrente di cortocircuito che dipende dalle condizioni di prearico e dai parametri tipici del generatore. La norma accetta di considerare il valore di picco determinato a $T/2$.

Si richiama l'attenzione sul fatto, come si è già avuto modo di accennare, che i sistemi elettrici di bordo sono caratterizzati dalla presenza di grossi generatori installati in un'area confinata. Di conseguenza la corrente di cortocircuito può assumere valore anche elevati, ma la cosa di maggior impatto è relativa al fatto che si hanno fattori

di picco superiori a quelli standard a causa della non linearità e della natura tempovariante dell'impedenza dei componenti attivi durante il cortocircuito e a causa della presenza di cavi con sezioni elevate e lunghezze ridotte derivanti dalla struttura dell'impianto (ridotte distanze tra generatore e i principali punti di guasto). Per fattore di potenza standard s'intende, come indicato nella tabella 3 di seguito allegata, quello riportato nella norma IEC o CEI EN 60947-1 e IEC o CEI EN 60947-2, riferite alle regole generali per apparecchiature di bassa tensione (parte 1) e nello specifico agli interruttori (parte 2).

Tabella 3: Valori del fattore di potenza corrispondente alla correnti di prova e valore "n" del rapporto tra picco e valore efficace della corrente.

Corrente di prova	Fattore di potenza	Fattore di picco
[A]	cosφ	n
$I \leq 1500$	0.95	1.41
$1500 < I \leq 3000$	0.9	1.42
$3000 < I \leq 4500$	0.8	1.47
$4500 < I \leq 6000$	0.7	1.53
$6000 < I \leq 10000$	0.5	1.7
$10000 < I \leq 20000$	0.3	2
$20000 < I \leq 50000$	0.25	2.1
$50000 < I$	0.2	2.2

Nell'identificazione del potere d'interruzione e di chiusura, bisogna quindi porre grande attenzione al valore che assume il fattore di potenza dell'impianto ed in particolare al fattore di picco, rispetto agli equivalenti parametri richiesti dalla norma di prodotto.

Quindi, per riassumere, tutte le tipologie d'interruttori utilizzati a bordo nave dovranno essere scelti oltre che sulla base dei parametri di corrente e tensione nominale che dovranno essere maggiori dei relativi parametri di impianto, anche sulla base delle prestazioni in condizioni di cortocircuito secondo i seguenti vincoli:

- un potere nominale di chiusura in cortocircuito "I_{cm}", riferito alla tensione di impiego, che non deve essere inferiore al picco calcolato secondo le prescrizioni della norma IEC 61363 nel punto di installazione del dispositivo stesso. Quindi dovrà essere $I_{cm} > I_p$;
- un potere nominale di interruzione in cortocircuito "I_{cu}" o "I_{cs}" riferito alla tensione di impiego, che non deve essere inferiore al valore calcolato per la componente alternata $i_{ac}(t)$ a $T/2$. Quindi dovrà essere $I_{cu} > i_{ac}(T/2)$ oppure $I_{cs} > i_{ac}(T/2)$;
- un fattore di picco nel punto di guasto che non deve essere inferiore a quello a cui sono riferite le prestazioni dell'interruttore valutate, come detto, conformemente alla norma di prodotto.

È inoltre da tenere presente con riferimento ai valori del potere di interruzione che il registro navale, salvo casi particolari ed in seguito ad accordi particolari con l'ente certificatore, non ammette la protezione di sostegno (back-up) fra due interruttori quindi si ribadisce il fatto che dovrà essere $I_{cu} > I_{ac}(T/2)$ oppure $I_{cs} > I_{ac}(T/2)$.

Nella scelta del potere d'interruzione il registro navale introduce un'ulteriore precisazione indicando la tipologia di circuiti per i quali l'interruttore che si andrà ad utilizzare dovrà essere scelto con riferimento al suo valore di I_{cu} o di I_{cs} .

Per i circuiti dei servizi non essenziali o per i circuiti ridondanti dei servizi essenziali l'interruttore può essere scelto con riferimento al valore della I_{cu} . In pratica gli unici interruttori scelti con riferimento alla I_{cs} sono quelli dei generatori e quelli per i quali non è prevista una duplicazione dell'alimentazione.

Per la selezione di interruttori con possibilità di ottenere un ritardo intenzionale all'intervento, cioè idonei alla selettività, la scelta del dispositivo deve essere fatta con riferimento al valore di I_{cw} .

7.2 Modalità di protezione dei componenti elettrici di bordo

Le installazioni elettriche di bordo devono essere protette contro le sovracorrenti dovute ai cortocircuiti o ai sovraccarichi accidentali.

La scelta dei dispositivi dovrebbe tenere in considerazione le problematiche tipiche delle applicazioni navali, ad esempio quella di adattare il più possibile lo stesso interruttore ad eventuali sostituzioni del carico controllato, ad esempio per una necessità di aumento di potenza, prevedendo interruttori con funzioni di protezione regolabili. Inoltre per facilitare eventuali operazioni di sostituzione, oppure di controllo e manutenzione, è preferibile l'impiego di apparecchi in esecuzione rimovibile o estraibile; queste versioni, figura 23, rendono questa operazione più agevole in relazione alle condizioni operative spesso non ottimali a causa di installazione in spazi angusti, oltre che a garantire maggiore sicurezza agli operatori.

Figura 23: Parte fissa e corpo interruttore Emax estraibile



Le prestazioni dei diversi dispositivi di protezione devono assicurare la protezione ed il coordinamento al fine di assicurare per quanto possibile l'eliminazione degli effetti della corrente di guasto al fine di ridurre danni al sistema elettrico ed i pericoli legati agli incendi, e la continuità del servizio in caso di guasto tramite la scelta di apparecchi che risultano selettivi nei diversi livelli del sistema di distribuzione adottato.

I registri navali nei loro regolamenti forniscono prescrizioni dettagliate sulle modalità di protezione contro le sovracorrenti dei diversi componenti elettrici di bordo. Di seguito indichiamo alcune delle principali e più importanti prescrizioni che devono essere seguite, rimandando al regolamento dei vari registri per indicazioni dettagliate e dedicate ai diversi componenti.

Ogni sistema di distribuzione di potenza, riscaldamento o illuminazione sia esso primario (alimentato direttamente dai generatori) o secondario (alimentato tramite trasformatori) che risulti isolato dovrà essere provvisto di un dispositivo capace di monitorare continuamente il livello di isolamento a terra e dare un segnale visibile ed udibile al fine di indicare bassi e anormali valori di isolamento. Nei sistemi direttamente connessi a terra o tramite una bassa impedenza il circuito affetto da guasto deve essere automaticamente disconnesso.

La protezione elettrica dei circuiti deve essere posizionata preferibilmente all'inizio degli stessi e deve assicurare la protezione contro il cortocircuito ed il sovraccarico per ogni conduttore non connesso a terra, mentre i conduttori

connessi a terra non devono essere interrotti.

Possono essere fornite prescrizioni diverse per circuiti di alimentazione di utenze particolari come ad esempio accade per il circuito principale o ausiliario di controllo o di alimentazione dei timoni per i quali la sola protezione contro il cortocircuito deve essere prevista.

Per i generatori dovranno essere previste protezioni contro il cortocircuito con un intervento istantaneo per una corrente minore alla corrente di regime, ed il sovraccarico per valori di corrente dal 10% al 50% della corrente nominale; in corrispondenza di $1,5 \times I_n G$, e salvo casi particolari il tempo di intervento non dovrà essere superiore ai 2 minuti.

La protezione dei circuiti per motori dovrà prevedere una protezione termica idonea alla tipologia di avviamento, e la protezione magnetica dovrà permettere l'instaurarsi di correnti elevate durante la fase transitoria di avviamento.

I trasformatori sono costruiti per sopportare senza danneggiamenti e per 2 secondi gli effetti termici e meccanici a seguito di un guasto sul circuito secondario.

Il circuito primario dei trasformatori (normalmente di tipo a secco con raffreddamento ad aria) dovrà essere protetto da un dispositivo con protezione da sovraccarico e cortocircuito. Tale dispositivo dovrà assicurare la selettività verso i circuiti alimentati dal secondario del trasformatore.

Per quanto riguarda la continuità del servizio, la ricerca della selettività tra i diversi interruttori di arrivo linea e partenze verso altre utenze deve essere perseguita e realizzata ai fini di isolare la sola parte di impianto interessata dal guasto senza mettere fuori servizio il funzionamento di altri servizi essenziali.

ABB offre la possibilità di diverse soluzioni; senza dilungarci sulle classiche tecniche di selettività tempo-corrente o energetica diamo invece un breve cenno alla selettività di zona realizzabile per interruttori scatolati tramite il relè PR223EF che permette di realizzare selettività con due interruttori della stessa taglia (T4L T5L T6L) mediante un protocollo d'interblocco che viaggia attraverso un cavetto, che opportunamente cablato, porta in comunicazione il dispositivo di valle con quello di monte.

Questo aspetto consente di non differenziare, come normalmente dovrebbe essere fatto, la taglia degli interruttori al fine di ottenere selettività, con conseguente risparmio economico e dimensionale.

Un'altra funzione selettiva che potrebbe risultare particolarmente utile in presenza di reti magliate o nelle reti ad anello, è la selettività di zona direzionale che può essere realizzata tra interruttori di tipo aperto equipaggiati con relè di protezione PR123-PR333 che risultano in grado di gestire i segnali di blocco e variare i tempi di intervento in base alla direzione della corrente che li percorre. Tali interruttori caratterizzati da elevate prestazioni in corrente, e quindi idonei ad esempio a gestire la distribuzione principale di bassa tensione che in ambito navale avviene normalmente con due sbarre e congiuntore, permettono ad esempio di gestire l'impianto mantenendo in funzione una semisbarra in caso di guasto sull'altra.

Per un'analisi dettagliata di queste tecniche di selettività si suggerisce di consultare, vedere figura 24, la documentazione dedicata, costituita dal quaderno di applicazione tecnica N°1 "La selettività in bassa tensione con interruttori ABB", il White Paper "Protezione Direzionale e Selettività di Zona Direzionale" ed il White Paper "PR223EF: Selettività di zona con la tecnologia EFDP: Early Fault Detection and Prevention".

Figura 24: Documentazione tecnica ABB



8 Offerta prodotti di bassa tensione e disponibilità omologazioni

8.1 Interruttori di manovra e protezione

Gli interruttori scatolati di bassa tensione della serie **Tmax T** (T1-T2-T3-T4-T5-T6-T7-T8) e **SACE Tmax XT** (XT1-XT2-XT3-XT4), insieme alla serie degli interruttori aperti della serie **Emax** (X1-E1-E2-E3-E4-E6) garantiscono un livello di prestazioni estremamente elevato a fronte di dimensioni d'ingombro ridotte, semplicità di installazione e una sempre maggiore garanzia di sicurezza per l'operatore. Oltre a rispondere alle molteplici prescrizioni di funzionamento per i diversi sistemi di distribuzione, l'offerta di ABB è la più completa per la protezione dei componenti elettrici di bordo tramite l'utilizzo di interruttori con sganciatori dedicati o con funzioni di protezioni dedicate.

Gli interruttori della serie Tmax T e SACE Tmax XT sono particolarmente indicati per l'impiego nella distribuzione secondaria, in impianti industriali in corrente continua

(tranne T7 e T8) e alternata, per la protezione motori nei motor control center, e per le diverse utenze finali. Gli interruttori aperti Emax possono essere utilizzati sia come interruttori di protezione generale, sia come interruttori di protezione di macchine elettriche.

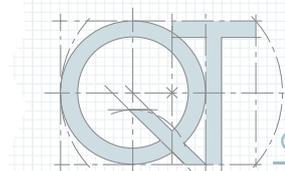
In aggiunta alle prestazioni di protezione, gli interruttori ABB offrono la disponibilità della comunicazione, figura 25, particolarmente adatte per automazione, misure, analisi della rete e risparmio energetico.

Queste funzioni permettono il monitoraggio completo delle condizioni di carico e delle condizioni di generazione, e attraverso l'interazione con i sistemi di controllo nave, consentono l'adeguamento delle regolazioni ai diversi assetti di navigazione.

Attraverso contatti programmabili e grazie alle funzioni di comunicazione è possibile ottenere una automazione efficiente e decentrata in grado di reagire in modo tempestivo alle variazioni ed alle perturbazioni del sistema elettrico.

Figura 25: Comunicazione con interruttori ABB





Nella gamma degli interruttori scatolati sono disponibili soluzioni per:

- Protezione di motori. Costituite da interruttori con sganciatori solo magnetici coordinati con relè termici e contattori, fino ad arrivare ai più sofisticati sganciatori elettronici per protezione motore che integrano oltre alle tradizionali protezioni da sovraccarico e cortocircuito, anche protezioni dedicate quali lo sbilanciamento di fase (U) o di rotore bloccato (R) o protezioni per sovratemperatura tramite PTC.
- Protezioni per generatore. Tramite la disponibilità di relè con funzioni di protezione da cortocircuito con soglie basse, che rispondono alle particolari esigenze per questo tipologia di utenza .

Nella gamma degli interruttori aperti della serie Emax equipaggiati con i relè di protezione nelle loro versioni più complete, è possibile disporre di un sistema di protezione evoluto e performante che consente di implementare funzioni di controllo avanzate che risultano particolarmente idonee per la gestione di applicazioni particolarmente critiche. Le principali funzioni di controllo avanzate disponibili sono:

- la funzione chiamata “doppia S” disponibile sul PR123 e PR333 permette di settare due soglie indipendenti e contemporaneamente attive che risultano particolarmente utili per migliorare le condizioni di selettività in casi particolarmente critici;
- la funzione chiamata “dual setting” disponibile sul PR123 e PR333 che permette di programmare sul relè due set distinti di parametri e tramite un comando esterno è possibile passare da uno all’altro in relazione alle esigenze di impianto. Quando ad esempio si passa dall’alimentazione principale a quella tramite generatore di emergenza, oppure nella protezione in sistemi che risultano alimentati con un numero di generatori ridotto rispetto a quelli normalmente previsti; parallelamente a questa funzione ricordiamo anche la disponibilità della funzione di controllo carichi per privilegiare l’alimentazione dei carichi prioritari a fronte di una riduzione della potenza di alimentazione;
- le già citate funzioni di selettività di zona (PR122-PR123-PR332-PR333) e di zona direzionale (PR123-PR333) per gestire la selettività nelle reti più complesse;
- la funzione chiamata “doppia G” disponibile sul PR123 e PR333 permette interagendo con il dispositivo di protezione posto sul lato di media tensione di realizzare la protezione di terra ristretta.

È inoltre possibile rispondere a particolari esigenze tramite apposite funzioni di protezione quali ad esempio:

- la funzione “start up” che permette di far funzionare le protezioni S, I e G con soglie d’intervento più elevate durante la fase di avviamento, rispetto ai valori impostati (per motori, trasformatori e tutti quelle utenze con corrente di inserzione elevata);
- memoria termica per funzioni L e S e sbilanciamento di fase (U): per protezione motore;
- inversione di potenza (RP), minima tensione (UV), massima tensione (OV), tensione residua (RV), minima frequenza (UF), massima frequenza (OF), per la protezione ottimale dei generatori;
- inversione ciclica delle fasi: per la protezione di interruttori di presa da terra;
- corto circuito direzionale con ritardo regolabile (D), per protezione dei generatori e dei congiuntori sbarre.

I relè per interruttori scatolati Tmax T e SACE Tmax XT e per interruttori aperti Emax, opportunamente accessoriati con l’apposito modulo misure, rendono disponibili anche funzioni di misura utili a monitorare i principali parametri elettrici dell’impianto (corrente, tensione, potenza, energia, calcolo armonico).

Per maggiori informazioni sulla modalità di funzionamento si rimanda alla documentazione tecnica dedicata.

Famiglia Tmax T

Gli interruttori Tmax T sono disponibili in 8 taglie con correnti nominali degli sganciatori che vanno da 1A a 3200A, con relè di protezione termomagnetico od elettronico in base alla taglia.

In particolare, per rispondere alle diverse esigenze applicative del settore navale è disponibile la gamma di interruttori automatici per distribuzione di potenza in corrente alternata fino a 690V (Tabella 4).

Famiglia SACE Tmax XT

Per la nuova famiglia di interruttori scatolati SACE Tmax XT sono attualmente disponibili 4 taglie con correnti nominali degli sganciatori da 1A a 250A con relè di protezione termomagnetico od elettronico in base alla taglia.

In particolare per rispondere alle diverse esigenze applicative del settore navale è disponibile la gamma di interruttori automatici per distribuzione di potenza in corrente alternata fino a 690V (Tabella 5).

Famiglia Emax

Gli interruttori Emax sono attualmente disponibili in 6 taglie considerando anche l'interruttore X1, con correnti nominali degli sganciatori da 400A a 6300A con relè di protezione elettronico.

In particolare per rispondere alle diverse esigenze applicative del settore marina sono disponibili le seguenti gamme:

- Interruttori automatici per distribuzione di potenza in corrente alternata fino a 690V (Tabella 6);
- Interruttori di manovra sezionatori per distribuzione di potenza in corrente continua fino a 1000V (Tabella 7);
- Interruttori automatici per distribuzione di potenza in corrente continua fino a 1000V (Tabella 8).

Per le applicazioni in ambito navale praticamente l'intera gamma di prodotti risulta essere omologata presso i principali registri navali, in precedenza citati.

Per informazioni dettagliate circa la disponibilità dell'omologazione riferite al singolo interruttore si consiglia di rivolgersi ad ABB SACE. Di seguito riportiamo le tabelle 4-5-6-7-8 che riassumono i principali parametri elettrici degli interruttori standard.

Famiglia Tmax T



Famiglia SACE Tmax XT



Famiglia Emax



Tabella 4: Interruttori automatici Tmax T fino a 690V

		T1			T2				T3	
Corrente ininterrotta nominale Iu	[A]	160			160				250	
Poli	[Nr.]	3/4			3/4				3/4	
Tensione nominale d'impiego Ue (AC) 50-60 Hz	[V]	690			690				690	
Tensione nominale di tenuta all'impulso Uimp	[kV]	8			8				8	
Tensione nominale d'isolamento Ui	[V]	800			800				800	
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min.	[V]	3000			3000				3000	
Potere di interruzione nominale limite in cortocircuito Icu @ V		B	C	N	N	S	H	L	N	S
220-230V 50-60Hz	[kA]	25	40	50	65	85	100	120	50	85
380-400-415V 50-60Hz	[kA]	16	25	36	36	50	70	85	36	50
440V 50-60Hz	[kA]	10	15	22	30	45	55	75	25	40
500V 50-60Hz	[kA]	8	10	15	25	30	36	50	20	30
690V 50-60Hz	[kA]	3	4	6	6	7	8	10	5	8
Potere di interruzione nominale di servizio in cortocircuito Ics @ V		B	C	N	N	S	H	L	N	S
220-230V 50-60Hz	[kA]	100%	75%	75%	100%	100%	100%	100%	75%	50%
380-400-415V 50-60Hz	[kA]	100%	100%	75%	100%	100%	100%	75% (70kA)	75%	50% (27kA)
440V 50-60Hz	[kA]	100%	75%	50%	100%	100%	100%	75%	75%	50%
500V 50-60Hz	[kA]	100%	75%	50%	100%	100%	100%	75%	75%	50%
690V 50-60Hz	[kA]	100%	75%	50%	100%	100%	100%	75%	75%	50%
Potere di chiusura nominale in cortocircuito Icm (valore di cresta) @ V		B	C	N	N	S	H	L	N	S
220-230V 50-60Hz	[kA]	52.5	84	105	143	187	220	264	105	187
380-400-415V 50-60Hz	[kA]	32	52.5	75.6	75.6	105	154	187	75.6	105
440V 50-60Hz	[kA]	17	30	46.2	63	94.5	121	165	52.5	84
500V 50-60Hz	[kA]	13.6	17	30	52.5	63	75.6	105	40	63
690V 50-60Hz	[kA]	4.3	5.9	9.2	9.2	11.9	13.6	17	7.7	13.6
Tipo di relè		TMD			TMD - MA - ELT				MA - TMD	
Esecuzioni		F			F-P				F-P	
Categoria di utilizzazione (IEC 60947-2)		A			A				A	

T4					T5					T6					T7				
250/320					400/630					630/800/1000					800/1000/1250/1600				
3/4					3/4					3/4					3/4				
690					690					690					690				
8					8					8					8				
1000					1000					1000					1000				
3500					3500					3500					3500				
N	S	H	L	V	N	S	H	L	V	N	S	H	L	V**	S	H	L	V*	X***
70	85	100	200	200	70	85	100	200	200	70	85	100	200	200	85	100	200	200	170
36	50	70	120	200	36	50	70	120	200	36	50	70	100	150	50	70	120	150	170
30	40	65	100	180	30	40	65	100	180	30	45	50	80	120	50	65	100	130	170
25	30	50	85	150	25	30	50	85	150	25	35	50	65	85	50	50	85	100	75
20	25	40	70	80	20	25	40	70	80	20	22	25	30	40	30	42	50	60	75
N	S	H	L	V	N	S	H	L	V	N	S	H	L	V**	S	H	L	V*	X***
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	80% (120kA)	100%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	83% (100kA)	100%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100% 75% 630A	100% 50% 630A	100%	100%	100%	75%	76% (65kA)	100%	100%	75%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100% 75% 630A	100% 50% 630A	100% 50% 630A	75%	75%	75%	75%	75%	100%	75%	75%	75%	100%
N	S	H	L	V	N	S	H	L	V	N	S	H	L	V**	S	H	L	V*	X***
154	187	220	440	660	154	187	220	440	660	154	187	220	440	440	187	220	440	440	374
75.6	105	154	264	440	75.6	105	154	264	440	75.6	105	154	220	330	105	154	264	330	374
63	84	143	220	396	63	84	143	220	396	63	73.5	105	176	264	105	143	220	286	374
52.5	63	105	187	330	52.5	63	105	187	330	52.5	46	105	143	187	84	105	187	220	165
40	52.5	84	154	176	40	52.5	84	154	176	40	46	52.5	63	84	63	88.2	105	132	165
MA - TMD - TMA - ELT					TMA - ELT					TMA - ELT					ELT				
F-P-W					F-P-W					F-W					F-W				
A					B lcv = 5kA (400A) A (630A)					B lcv = 7.6kA (630A) B lcv = 10kA (800A) A (1000A)					B lcv = 20kA (S,H,L) B lcv = 15kA (V)				

** Disponibile per 630A e 800A

* Non disponibile per 1600A

*** Disponibile per 800A

Tabella 5: Interruttori automatici SACE Tmax XT fino a 690V

		XT1					
Taglia	[A]	160					
Poli	[Nr.]	3/4					
Tensione nominale d'impiego Ue (AC) 50-60 Hz	[V]	690					
Tensione nominale di tenuta all'impulso Uimp	[kV]	8					
Tensione nominale d'isolamento Ui	[V]	800					
Potere di interruzione nominale limite in cortocircuito Icu @ V		B	C	N	S	H	N
220-230V 50-60Hz	[kA]	25	40	65	85	100	65
380V 50-60Hz	[kA]	18	25	36	50	70	36
415V 50-60Hz	[kA]	18	25	36	50	70	36
440V 50-60Hz	[kA]	15	25	36	50	65	36
500V 50-60Hz	[kA]	8	18	30	36	50	30
525V 50-60Hz	[kA]	6	8	22	35	35	20
690V 50-60Hz	[kA]	3	4	6	8	10	10
Potere di interruzione nominale di servizio in cortocircuito Ics @ V		B	C	N	S	H	N
220-230V 50-60Hz	[kA]	100%	100%	75%(50)	75%	75%	100%
380V 50-60Hz	[kA]	100%	100%	100%	100%	75%	100%
415V 50-60Hz	[kA]	100%	100%	100%	75%	50%(37,5)	100%
440V 50-60Hz	[kA]	75%	50%	50%	50%	50%	100%
500V 50-60Hz	[kA]	100%	50%	50%	50%	50%	100%
525V 50-60Hz	[kA]	100%	100%	50%	50%	50%	100%
690V 50-60Hz	[kA]	100%	100%	75%	50%	50%	100%
Potere di chiusura nominale in cortocircuito Icm (valore di cresta) @ V		B	C	N	S	H	N
220-230V 50-60Hz	[kA]	52.5	84	143	187	220	143
380V 50-60Hz	[kA]	36	52.5	75.6	105	154	75.6
415V 50-60Hz	[kA]	36	52.5	75.6	105	154	75.6
440V 50-60Hz	[kA]	30	52.5	75.6	105	143	75.6
500V 50-60Hz	[kA]	13.6	36	63	75,6	105	63
525V 50-60Hz	[kA]	9	13.6	46.2	73.5	73.5	40
690V 50-60Hz	[kA]	4.5	6	9	13.6	17	17
Tipo di relè		TMD					
Esecuzioni		F-P					
Categoria di utilizzazione (IEC 60947-2)		A					

XT2				XT3		XT4				
160				250		160/250				
3/4				3/4		3/4				
690				690		690				
8				8		8				
1000				800		1000				
S	H	L	V	N	S	N	S	H	L	V
85	100	150	200	50	85	65	85	100	150	200
50	70	120	200	36	50	36	50	70	120	150
50	70	120	150	36	50	36	50	70	120	150
50	65	100	150	25	40	36	50	65	100	150
36	50	60	70	20	30	30	36	50	60	70
25	30	36	50	13	20	20	25	45	50	50
12	15	18	20	5	8	10	12	15	20	25
S	H	L	V	N	S	N	S	H	L	V
100%	100%	100%	100%	75%	50%	100%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	75%	50% (27)	100%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	75%	50% (27)	100%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	75%	50%	100%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	75%	50%	100%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	75%	50%	100%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	75%	75%	50%	100%	100%	100%	100%	75% (20)
S	H	L	V	N	S	N	S	H	L	V
187	220	330	440	105	187	143	187	220	330	440
105	154	264	440	75.6	105	75.6	105	154	264	330
105	154	264	330	75.6	105	75.6	105	154	264	330
105	143	220	330	52.5	84	75.6	105	143	220	330
75.6	105	132	154	40	63	63	75.6	105	132	154
52.5	63	75.6	105	26	40	40	52.5	63	75.6	110
24	30	36	40	8.5	13.5	17	24	30	40	52.5
TMD - TMA - ELT				TMD		TMD - TMA - ELT				
F-P-W				F-P		F-P-W				
A				A		A				

Tabella 6: Interruttori automatici Emax fino a 690V

		X1			E1	
Tensione nominale d'impiego Ue	[V]	690			690	
Tensione nominale di tenuta all'impulso Uimp	[kV]	12			12	
Tensione nominale d'isolamento Ui	[V]	1000			1000	
Poli	[Nr.]	3/4			3/4	
Corrente ininterrotta nominale Iu		B	N	L	B	N
	[A]	630	630	630	800	800
	[A]	800	800	800	1000	1000
	[A]	1000	1000	1000	1250	1250
	[A]	1250	1250	1250	1600	1600
	[A]	1600	1600			
	[A]					
	[A]					
Potere di interruzione nominale limite in cortocircuito Icu @ V		B	N	L	B	N
220-230-380-400-415V 50-60Hz	[kA]	42	65	150	42	50
440V 50-60Hz	[kA]	42	65	130	42	50
500V 50-60Hz	[kA]	42	55	100	42	50
690V 50-60Hz	[kA]	42	55	60	42	50
Potere di interruzione nominale di servizio in cortocircuito Ics @ V		B	N	L	B	N
220-230-380-400-415V 50-60Hz	[kA]	42	50	150	42	50
440V 50-60Hz	[kA]	42	50	130	42	50
500V 50-60Hz	[kA]	42	42	100	42	50
690V 50-60Hz	[kA]	42	42	45	42	50
Potere di chiusura nominale in cortocircuito Icm (valore di cresta) @ V		B	N	L	B	N
220-230-380-400-415V 50-60Hz	[kA]	88.2	143	330	88.2	105
440V 50-60Hz	[kA]	88.2	143	286	88.2	105
500V 50-60Hz	[kA]	88.2	105	220	88.2	105
690V 50-60Hz	[kA]	88.2	105	132	88.2	105
Corrente ammissibile nominale di breve durata (1s) Icw [kA]	[kA]	42	42	15	42	50
Categoria di utilizzazione (IEC 60947-2)		B	B	A	B	B
Esecuzioni		F-W		F-W	F-W	

E2				E3					E4			E6	
690				690					690			690	
12				12					12			12	
1000				1000					1000			1000	
3/4				3/4					3/4			3/4	
B	N	S	L	N	S	H	V	L	S	H	V	H	V
1600	1000	800	1250	2500	1000	800	800	2000	4000	3200	3200	4000	3200
2000	1250	1000	1600	3200	1250	1000	1250	2500		4000	4000	5000	4000
	1600	1250			1600	1250	1600					6300	5000
	2000	1600			2000	1600	2000						6300
		2000			2500	2000	2500						
					3200	2500	3200						
						3200							
B	N	S	L	N	S	H	V	L	S	H	V	H	V
42	65	85	130	65	75	100	130	130	75	100	150	100	150
42	65	85	110	65	75	100	130	110	75	100	150	100	150
42	55	65	85	65	75	100	100	85	75	100	130	100	130
42	55	65	85	65	75	85	100	85	75	85	100	100	100
B	N	S	L	N	S	H	V	L	S	H	V	H	V
42	65	85	130	65	75	85	100	130	75	100	150	100	125
42	65	85	110	65	75	85	100	110	75	100	150	100	125
42	55	65	65	65	75	85	85	65	75	100	130	100	100
42	55	65	65	65	75	85	85	65	75	85	100	100	100
B	N	S	L	N	S	H	V	L	S	H	V	H	V
88.2	143	187	286	143	165	220	286	286	165	220	330	220	330
88.2	143	187	242	143	165	220	286	242	165	220	330	220	330
88.2	121	143	187	143	165	2220	220	187	165	220	286	220	286
88.2	121	143	187	143	165	187	220	187	165	187	220	220	220
42	55	65	10	65	75	75	85	15	75	100	100	100	100
B	B	B	A	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B
F-W				F-W					F-W			F-W	

Tabella 7: Sezionatori Emax per applicazioni in corrente continua fino a 1000V

		E1../E MS		E2../E MS		E3../E MS		E4../E MS	
Tensione nominale di tenuta all'impulso Uimp	[kV]	12		12		12		12	
Tensione nominale d'isolamento Ui	[V]	1000		1250		1250		1250	
Corrente ininterrotta nominale Iu		B		N		H		H	
	[A]	1250		2000		3200		4000	
Tensione continua nominale d'impiego Ue	[V]	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000
Poli		3 - 4	4	3 - 4	4	3 - 4	4	3 - 4	4
Corrente ammissibile nominale di breve durata (1s) Icw	[kA]	20 - 25	20	25 - 40	25	40 - 50	40	65	65
Potere di chiusura nominale in cortocircuito Icm (valore di cresta)	[kA]	20 - 25	20	25 - 40	25	40 - 50	40	65	65
Esecuzioni		F-W		F-W		F-W		F-W	

Il potere di interruzione Icu fino alla tensione nominale di impiego massima, è pari al valore di Icw(1s) utilizzando un relè di protezione esterno con ritardo massimo di 500ms.

Tabella 8: Interruttori automatici Emax per applicazioni in corrente continua fino a 1000V

		E2		E3		E4		E6
Tensione nominale d'impiego Ue	[V]	1000		1000		1000		1000
Tensione nominale di tenuta all'impulso Uimp	[kV]	12		12		12		12
Tensione nominale d'isolamento Ui	[V]	1000		1000		1000		1000
Poli	[Nr.]	3/4		3/4		3/4		3/4
Corrente ininterrotta nominale Iu		B	N	N	H	S	H	H
	[A]	800	1600	800	1600	1600	3200	3200
	[A]	1000		1000	2000	2000		4000
	[A]	1250		1250	2500	2500		5000
	[A]	1600		1600		3200		
	[A]			2000				
	[A]			2500				
Corrente ammissibile nominale di breve durata (0.5s) Icw	[kA]	B	N	N	H	S	H	H
500V DC (III)		35	50	60	65	75	100	100
750V DC (III)		25	25	40	40	65	65	65
750V DC (IV)		25	40	50	50	65	65	65
1000V DC (IV)		25	25	35	40	50	65	65
Categoria di utilizzazione (IEC 60947-2)		B	B	B	B	B	B	B
Esecuzioni		F-W		F-W		F-W		F-W

I valori di Icu variano in base alla tensione ed alla tipologia di rete in DC (isolata da terra-polarità a terra-punto medio a terra). Per i valori di Icu relativi alle varie versioni vedere il catalogo tecnico di riferimento.

8.2 Sezionatori e Sezionatori con fusibili

La famiglia di prodotti è costituita da una gamma completa di sezionatori e sezionatori con fusibili che risultano essere omologati presso i principali registri navali in precedenza citati, anche se i sezionatori con fusibili trovano normalmente maggior impiego nel settore industriale e terziario, rispetto all'impiego in campo navale. Tutte le serie di apparecchi sono caratterizzate da notevoli prestazioni tecniche e da particolari caratteristiche costruttive che garantiscono la massima sicurezza operativa. Dispongono di un'ampia gamma di accessori (interblocchi meccanici, comandi motorizzati, kit per commutazione ecc.), nonché di alberi regolabili e di maniglie metalliche e plastiche.

Per informazioni dettagliate circa la disponibilità dell'omologazione riferite al singolo apparecchio si consiglia di rivolgersi ad ABB SACE. Di seguito riportiamo le tabelle 9-10-11-12-13 che riassumono i principali parametri elettrici dei sezionatori e dei sezionatori con fusibili.

8.2.1 Sezionatori OT ed OETL

I sezionatori di potenza senza base portafusibile appartenenti alla famiglia OT sono disponibili in versioni da 16A a 2500A e con quelli appartenenti alla famiglia OETL è possibile coprire applicazioni fino a 3150A.

Questi apparecchi offrono alte prestazioni in dimensioni ridotte. Semplici da usare e flessibili, sono idonei per svariate applicazioni come ad esempio nei centri di comando motorizzato, nei quadri elettrici e come interruttori principali in diverse apparecchiature e macchinari, e tramite sezionatori combinati, o sezionatori a doppia posizione I-0-II, in quelle applicazioni dove è necessario controllare la commutazione, il bypass o l'inversione.

Sono installabili su profilati DIN, piastre di fondo o sulla porta sia a scatto che a vite, offrono la possibilità di montaggio a scatto degli accessori.

Famiglia OT



Tabella 9: Sezionatori OT16 – OT160

			OT16	OT25
Tensione di isolamento nominale e tensione operativa nominale AC-20, DC-20 con grado di inquinamento 3	[V]		750	750
Rigidità dielettrica 50Hz 1 min.	[V]		6	6
Tensione nominale di tenuta a impulso	[V]		8	8
Corrente temica nominale e corrente operativa nominale in categoria AC-20, DC-20. Riferimento della sezione minima del conduttore in rame	ambiente a 40°C all'aperto	[A]	25	32
	ambiente a 40°C in custodia	[A]	25	32
	ambiente a 60°C in custodia	[A]	20	25
	Scu	[mm ²]	4	6
Corrente operativa nominale, AC-23A	<500V		16	20
	440V	[A]	16	20
	500V	[A]	16	20
	690V	[A]	10	11
Con riferimento a: corrente condizionale nominale di corto circuito I _k (r.m.s.); dimensione massima del fusibile; si indica la relativa corrente d'interruzione massima consentita I _p	I _k (r.m.s.) 50kA < 415V	[A]	6.5	6.5
	Dimensioni max. fusibile OFA_ gG/aM	[A]	40/32	40/32
	I _k (r.m.s.) 50kA < 500V	[A]	---	---
	Dimensioni max. fusibile OFA_ gG/aM	[A]	---	---
	I _k (r.m.s.) 50kA < 690V	[A]	---	---
	Max OFA fuse size : gG/aM	[A]	---	---
	I _k (r.m.s.) 50kA < 690V	[A]	4	4
	Dimensioni max. fusibile OFA_ gG/aM	[A]	25/16	25/16
Corrente nominale di tenuta di breve durata I _{cw} x1s (rms)	690V	[A]	0.5	0.5
Potere nominale di chiusura in corto circuito I _{cm} (picco)	690V / 500V	[A]	0.705	0.705

Tabella 10: Sezionatori OT200E – OT800

			OT200E	OT250
Tensione di isolamento nominale e tensione operativa nominale AC-20, DC-20 con grado di inquinamento 3	[V]		1000	1000
Rigidità dielettrica 50Hz 1 min.	[V]		10	10
Tensione nominale di tenuta a impulso	[V]		12	12
Corrente temica nominale e corrente operativa nominale in categoria AC-20, DC-20. Riferimento della sezione minima del conduttore in rame	ambiente a 40°C all'aperto	[A]	200	250
	ambiente a 40°C in custodia	[A]	200	250
	Scu	[mm ²]	95	120
Corrente operativa nominale, AC-23A	<500V	[A]	200	250
	690V	[A]	200	250
	1000V	[A]	135	135
Con riferimento a: corrente condizionale nominale di corto circuito I _k (r.m.s.); dimensione massima del fusibile; si indica la relativa corrente d'interruzione massima consentita I _p	I _k (r.m.s.) 100kA 500V	[A]	40.5	40.5
	Dimensioni max. fusibile OFA_ gG/Am	[A]	315/315	315/315
	I _k (r.m.s.) 80kA 690V	[A]	40.5	40.5
	Dimensioni max. fusibile OFA_ gG/aM	[A]	355/315	355/315
Corrente nominale di tenuta di breve durata I _{cw} x1s (rms)	690V	[A]	8	8
Potere nominale di chiusura in corto circuito I _{cm} (picco)	690V	[A]	30	30

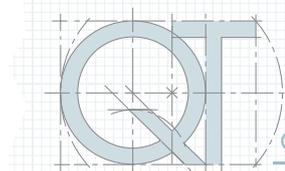
OT32	OT45	OT63	OT100	OT125	OT160
750	750	750	750	750	750
6	6	6	6	6	10
8	8	8	8	8	12
40	63	80	115	125	200
40	63	80	115	125	160
32	50	63	80	100	125
10	16	25	35	50	70
23	45	75	80	90	135
23	45	65	65	78	125
23	45	58	60	70	125
12	20	20	40	50	80
6.5	13	13	16.5	16.5	---
40/32	100/80	100/80	125/125	125/125	---
---	17	17	---	---	30
---	100/80	100/80	---	---	200/250
---	---	---	8.2	8.2	---
---	---	---	125/100	125/100	---
4	11	11	10	10	24
25/16	80/63	80/63	63/63	63/63	200/250
0.5	1	1.5	2.5	2.5	4
0.705	1.4	2.1	3.6	3.6	12

OT315	OT400	OT630	OT800
1000	1000	1000	1000
10	10	10	10
12	12	12	12
315	400	630	800
315	400	630	800
185	185	2x185	2x240
315	400	630	800
315	400	630	800
200	200	400	400
61.5	61.5	90	90
500/450	500/450	800/1000	800/1000
59	59	83.5	83.5
500/500	500/500	800/1000	800/1000
15	15	20	20
65	65	80	80

Tabella 11: Sezionatori OT1000 – OETL3150

			OT1000	
			E	X
Tensione di isolamento nominale e tensione operativa nominale AC-20, DC-20 con grado di inquinamento 3	[V]	1000	1000	
Rigidità dielettrica 50Hz 1 min.	[V]	10	10	
Tensione nominale di tenuta a impulso	[V]	12	12	
Corrente temica nominale e corrente operativa nominale in categoria AC-20, DC-20. Riferimento della sezione minima del conduttore in rame	ambiente a 40°C all'aperto	[A]	1000	1000
	ambiente a 40°C in custodia	[A]	1000	1000
	ambiente a 60°C in custodia	[A]	---	---
	Scu	[mm ²]	2x300	2x300
Corrente operativa nominale, AC-23A	<500V	[A]	800	1000
	690V	[A]	650	1000
Con riferimento a: corrente condizionale nominale di corto circuito I _k (r.m.s.); dimensione massima del fusibile; si indica la relativa corrente d'interruzione massima consentita I _p	I _k (r.m.s.) 50kA < 415V	[A]	---	100
	Dimensioni max. fusibile OFA_gG/aM	[A]	---	1250/1250
	I _k (r.m.s.) 50kA < 500V	[A]	---	106
	Dimensioni max. fusibile OFA_gG/aM	[A]	---	1250/1250
	I _k (r.m.s.) 50kA < 690V	[A]	---	---
	Dimensioni max. fusibile OFA_gG/aM	[A]	---	---
Corrente nominale di tenuta di breve durata I _{cw} x1s (rms)	690V	[A]	150	150
Potere nominale di chiusura in corto circuito I _{cm} (picco)	415V	[A]	---	---
	500V	[A]	---	---
	690V	[A]	110(3p) 92(4p)	110(3p) 92(4p)

OT1250		OT1600		OT2000	OT2500	OETL1250M	OETL3150
E	X	E	X	---	---	---	---
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
10	10	10	10	10	10	8	8
12	12	12	12	12	12	8	8
1250	1250	1600	1600	2000	2500	1250	3150
1250	1250	1600	1600	---	---	1250	2600
---	---	---	---	---	---	1000	2300
2x400	2x400	2x500	2x500	3x500	4x500	2x(80x5)	3x(100x10)
1000	1250	1000	1250	---	---	---	---
650	1250	650	1250	---	---	800	---
---	100	---	100	---	---	105	140
---	1250/1250	---	1250/1250	---	---	---	---
---	106	---	106	---	---	105	140
---	1250/1250	---	1250/1250	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	105	105
---	---	---	---	---	---	---	---
150	150	150	150	55	55	50	80
---	---	---	---	---	---	105	176
---	---	---	---	---	---	105	140
110(3p) 92(4p)	110(3p) 92(4p)	110(3p) 92(4p)	110(3p) 92(4p)	176	176	105	105



8.2.2 Sezionatori con fusibili OS

Gli interruttori di manovra sezionatori con base porta-fusibile di tipo OS sono disponibili in versioni da 16A a 1250A. Risultano di facile installazione ed hanno una grande adattabilità per armadi in diverse conformazioni. Una vasta possibilità di accessoriamiento e la disponibilità della versione motorizzata OSM, migliorano l'applicabilità

dei sezionatori con fusibili, inoltre per mezzo dei kit di conversione è possibile comporre combinazioni di sezionatori a 6 e 8 poli, realizzando logiche di commutazione, by-pass e apparecchi interbloccati meccanicamente. I sezionatori con fusibili sono disponibili per tutti i tipi di elementi fusibile, DIN, BS, NFC, UL, CSA. Il sezionatore OS con basi portafusibili garantisce un funzionamento

Famiglia OS



Tabella 12: Sezionatori OS16 – OS160

		OS Mini 16	OS Mini 20
Tensione di isolamento nominale e tensione operativa nominale AC-20, DC-20 con grado di inquinamento 3	[V]	1000	1000
Rigidità dielettrica 50Hz 1 min.	[V]	10	10
Tensione nominale di tenuta a impulso	[V]	12	12
Corrente temica nominale e corrente operativa nominale in categoria AC-20, DC-20.	ambiente a 40°C all'aperto	16	20
	ambiente a 40°C in custodia	16	20
Riferimento della sezione minima del conduttore in rame	Scu [mm ²]	2.5	2.5
Corrente operativa nominale, AC-23A	fino a 500V	16	20
	690V	16	20
Con riferimento a: corrente condizionale nominale di corto circuito I _k (r.m.s.); dimensione massima del fusibile; si indica la relativa corrente d'interruzione massima consentita I _p	I _k (r.m.s.) 80kA < 415V	9	9
	Dimensioni max. fusibile OFAA/OFAM	---	---
	I _k (r.m.s.) 100kA < 500V	8	8
	Dimensioni max. fusibile OFAA/OFAM	---	---
	I _k (r.m.s.) 50kA < 690V	7	7
	Dimensioni max. fusibile OFAA/OFAM	---	---
	I _k (r.m.s.) 80kA < 690V	7.5	7.5
	Dimensioni max. fusibile OFAA/OFAM	---	---
Corrente nominale di tenuta di breve durata I _{cw} x1s (rms)	690V [A]	1	1

Tabella 13: Sezionatori OS200 – OS1250

		OS200	OS250
Tensione di isolamento nominale e tensione operativa nominale AC-20, DC-20 con grado di inquinamento 3	[V]	1000	1000
Rigidità dielettrica 50Hz 1 min.	[V]	10	10
Tensione nominale di tenuta a impulso	[V]	12	12
Corrente temica nominale e corrente operativa nominale in categoria AC-20, DC-20.	ambiente a 40°C all'aperto	200	250
	ambiente a 40°C in custodia	200	250
Riferimento della sezione minima del conduttore in rame	Scu [mm ²]	95	120
Corrente operativa nominale, AC-23A	fino a 500V	200	250
	690V	200	250
Con riferimento a: corrente condizionale nominale di corto circuito I _k (r.m.s.); dimensione massima del fusibile; si indica la relativa corrente d'interruzione massima consentita I _p	I _k (r.m.s.) 80kA 415V	35	40.5
	Dimensioni max. fusibile OFA_gG/aM	250/200	355/315
	I _k (r.m.s.) 100kA 500V	37.5	37.5
	Dimensioni max. fusibile OFA_gG/aM	250/200	250/250
	I _k (r.m.s.) 80kA 690V	25	32.5
	Dimensioni max. fusibile OFA_gG/aM	160/---	200/250
	I _k (r.m.s.) 50kA 415V	28	28
	Dimensioni max. fusibile BS_gG/gM	200/200M315	250/200M315
	I _k (r.m.s.) 80kA 690V	28	28
	Dimensioni max. fusibile BS_gG/gM	200/200M250	250/200M250
Corrente nominale di tenuta di breve durata I _{cw} x1s (rms)	690V [A]	8	8

sempre sicuro, per una protezione totale delle persone e delle apparecchiature eliminando i rischi di incidenti elettrici. In quest'ottica, ad esempio alcune delle principali caratteristiche sono costituite dal fatto che i coperchi dei fusibili non si possono aprire se il sezionatore è in posizione "ON" e possono essere bloccati in posizione chiusa, la doppia maniglia operativa esterna isolata elimina il

rischio di toccare le parti sotto tensione all'esterno della scatola, e la maniglia indica la posizione dei contatti con la massima affidabilità in tutte le situazioni.

OS Mini 25	OS Mini 32	OS Mini 35	OS Mini 40	OS32	OS50	OS63	OS100	OS125	OS160
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
25	32	35	40	32	50	63	100	125	160
25	32	35	40	332	50	63	100	125	160
4	6	10	10	6	10	16	50	50	70
25	32	35	40	32	50	63	100	125	160
25	32	35	40	32	50	63	100	125	160
9	9	9	9	17	17	17	23	29	29
---	---	---	---	100/100	---	100/100	125/160	125/160	125/160
8	8	8	8	17	17	17	22	22	22
---	---	---	---	100/100	---	100/100	125/160	125/160	125/160
7	7	7	7	13	13	13	16	16	16
---	---	---	---	100/80	---	100/80	100/125	100/125	100/125
7.5	7.5	7.5	7.5	12	12	12	18.5	18.5	18.5
---	---	---	---	63/63	---	63/63	100/125	100/125	100/125
1	1	1	2.5	2.5	2.5	2.5	5	5	5

OS315	OS400	OS630	OS800	OS1250
1000	1000	1000	1000	1000
10	10	10	10	10
12	12	12	12	12
315	400	630	800	1250
315	400	570	720	720
185	240	2x185	2x240	2x400
315	400	630	800	1250
315	400	630	800	1250
---	59	77	77	89
---	500/500	800/800	800/800	1250/1250
---	63.5	83	83	105
---	500/500	800/800	800/800	1250/'---
---	46	55	55	88
---	315/400	---/630	---/630	1000/1000
44	44	---	---	---
400/400M500	400/400M500	---	---	---
48	48	55	55	109
400/400M500	400/400M500	---	---	1250/'---
14	14	18	18	40

9 Panoramica dell'offerta prodotti di ABB

La leadership di ABB nel settore marino si basa sulla profonda conoscenza e sulla grande esperienza acquisita nelle diverse applicazioni oltre che nell'innovazione tecnologica.

I sistemi ed i servizi resi disponibili, relativi ai sistemi di potenza elettrica, a studi di progetto di design e di ingegneria, realizzazione di installazioni, consegna e messa in servizio con collaudo e supporto post-vendita, offrono una vasta gamma di soluzioni in grado di adattarsi alle richieste del mercato ed a tutte le tipologie di navi ed applicazioni marine.

L'esperienza di ABB nel settore contribuisce alla creazione di navi sempre più moderne e tecnologicamente innovative garantendo un'elevata qualità e competenza di settore a livello globale.

Nell'immagine di figura 26 è indicata la vasta gamma dei prodotti che ABB può offrire per realizzare la complessa rete di distribuzione elettrica di bordo nave, e per i quali di seguito si fornisce una breve descrizione delle principali caratteristiche.

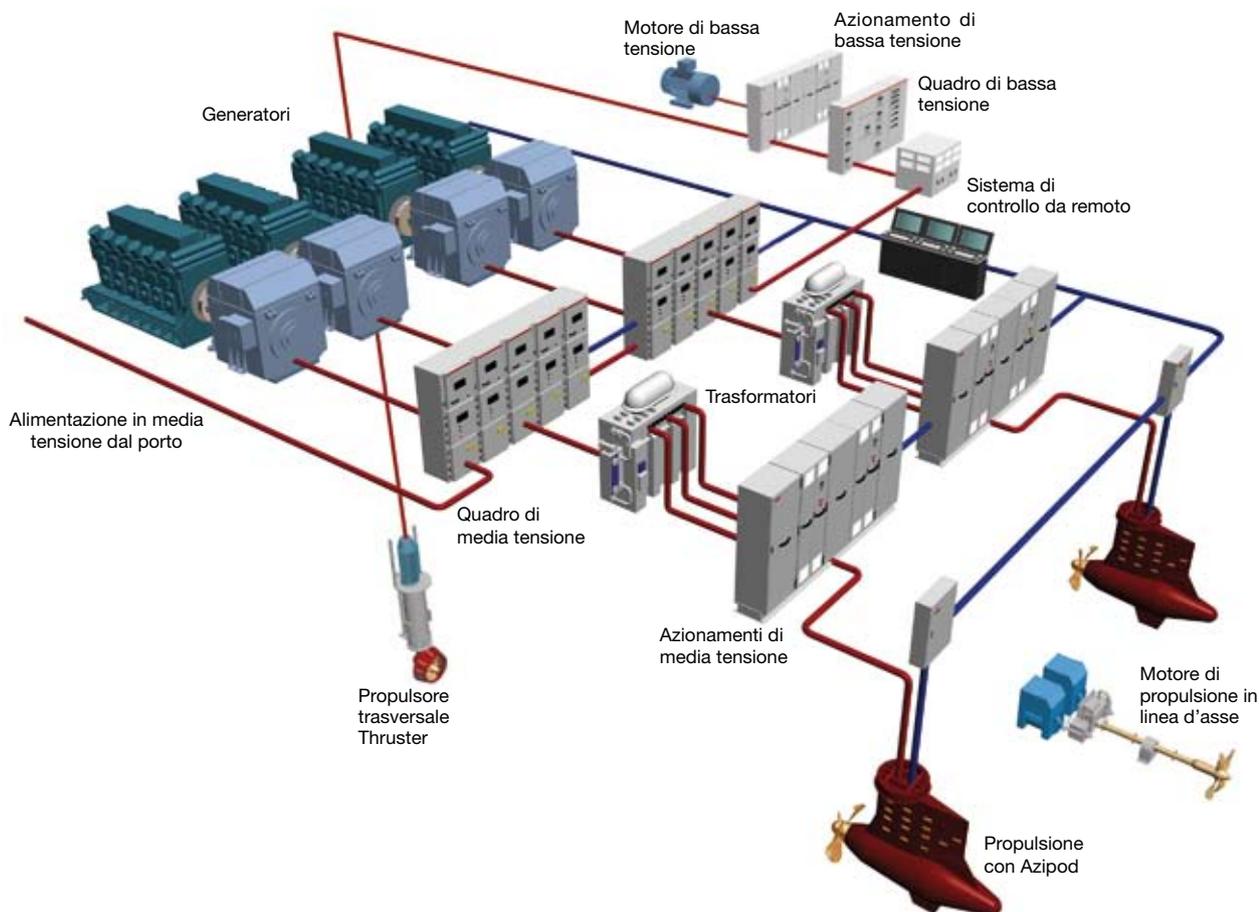
- Generatori e motori sincroni

I motori o i generatori sincroni con la loro elevata efficienza e la loro struttura robusta risultano essere particolarmente idonei per l'industria navale. Sono progettati e costruiti per essere impiegati in cicli di lavoro ininterrotti per periodi molto lunghi ed in condizioni ambientali molto gravose. Il design meccanico di alto livello, figura 27, e le tecniche di costruzione assicurano una lunga durata di vita a costi ridotti sia a livello di manutenzione che di servizio.

Vengono utilizzati soprattutto come motori di propulsione e come generatori principali, ausiliari e generatori asse, sono idonei per essere accoppiati a turbine o a motori primi tipo diesel per differenti tipi di navi.

I motori di media tensione raggiungono potenze fino a 50MW ed i generatori sincroni, disponibili anche per bassa tensione, hanno potenze da 11kW a 50MVA. Un elevato grado di standardizzazione consente tempi di consegna più brevi e maggiore versatilità in tutte le applicazioni. L'affidabilità e l'elevata efficienza delle mac-

Figura 26: Disposizione apparecchi elettrici di bordo (schematizzazione)



chine comportano notevoli risparmi nel corso della loro vita. Per le grosse macchine, un preciso controllo della coppia torcente e di avviamento per mezzo di convertitori di frequenza ABB permette di gestire l'avviamento e la propulsione anche nelle più severe condizioni di funzionamento.

Figura 27: Generatore sincrono di MT



- Motori a induzione

I motori ad induzione ABB in media tensione, compongono una gamma completa di motori asincroni con potenze fino a 18MW. Affidabili e con elevata efficienza, sono costruiti intorno a piattaforme modulari di ghisa, figura 28, questi motori possono rispondere alle specifiche esigenze di ogni installazione; sono progettati per condizioni ambientali severe, inclusi ambienti speciali e ad elevato rischio. I motori a induzione sono utilizzati in applicazioni quali compressori, pompe, argani, sistemi di ventilazioni, sistemi di propulsione e propulsori per navi. Sono accuratamente testati, e risultano certificati in conformità con le più importanti norme di classificazione.

Figura 28: motori ad induzione



- Motori di bassa tensione

ABB offre inoltre una completa gamma di motori di bassa tensione, figura 29, in grado coprire le più svariate esigenze applicative (propulsione-sollevamento circolazione aria), anche in caso di condizioni ambientali speciali o pericolose. I motori di bassa tensione sono disponibili con struttura in alluminio, acciaio e ghisa con potenza in uscita da 0,09 a 1200 kW.

I motori ABB per applicazioni nel settore marino sono certificati in accordo con i principali enti di certificazione internazionali. Si tratta di motori ad elevata efficienza in modo da poter rispondere alle esigenze del risparmio energetico, fattore di importanza fondamentale nelle applicazioni marine. Le più comuni applicazioni in cui sono impiegati tali motori sono quelle per il trattamento di aria o di liquidi, quindi ventilatori, pompe, compressori, soffiatori, separatori di olio, oppure quelle legate alla trasmissione del movimento, quindi propulsori, dispositivi di comando del timone, argani, sollevatori e applicazioni per la cabina macchine.

Figura 29: Gamma di motori asincroni trifase per bassa tensione



- Trasformatori a secco per applicazioni marine

La gamma di trasformatori ABB per applicazioni marine è basata su parecchi modelli progettuali, e offre la soluzione ideale per tutti i tipi di applicazioni in ambito marino; inoltre il cliente può usufruire del servizio di supporto e dell'ampia esperienza in fase di messa in servizio.

In generale i trasformatori utilizzati per la distribuzione sono realizzati con due avvolgimenti e con raffreddamento a circolazione naturale dell'aria (AN), trovano fondamentalmente applicazione nell'alimentazione di carichi quali ad esempio pompe, ventilatori, verricelli e altri sistemi di bordo. Questi trasformatori realizzati con la tecnologia RESIBLOC® (isolamento con resine degli avvolgimenti) insieme a quelli a secco con avvolgimenti isolati in vuoto, figura 30, sono le tipologie di macchine più comunemente utilizzate per la distribuzione navale. Le caratteristiche costruttive garantiscono una struttura

meccanica molto robusta, inoltre sono antiesplosivi ed esenti da manutenzioni, e risultano idonei a sopportare le vibrazioni o gli urti che possono presentarsi a bordo nave.

I trasformatori realizzati con la tecnologia RESIBLOC® sono ideali per la vasta gamma di controllori di velocità impiegati nel navale. I trasformatori per la propulsione elettrica marina sono normalmente costituiti da 3 avvolgimenti e progettati per taglie fino a 30MVA o anche superiore, spesso con uno speciale spostamento della fase per limitare le distorsioni armoniche in rete. Il sistema di raffreddamento realizzato con la circolazione di aria e di acqua, spesso accompagnato da speciali e ridondanti sistemi di raffreddamento a ventilatori, permette di avere un elevato grado di affidabilità con una elevata classe di protezione e una struttura molto compatta.

Figura 30: Trasformatore a secco con avvolgimenti inglobato sotto vuoto



- Quadri di distribuzione in bassa e media tensione

I quadri ABB di media e bassa tensione, figura 31, soddisfano le esigenze di ogni applicazione di tipo marina, dalla distribuzione navale a quelle in mare aperto delle piattaforme off-shore, garantendo la massima sicurezza e disponibilità secondo gli standard più elevati, con soluzioni focalizzate su quadri isolati in aria in versione a tenuta d'arco interno, caratterizzati da basso costo complessivo, elevata affidabilità minima manutenzione con accresciuta sicurezza per il personale.

Il quadro di bassa tensione il tipo MNS di produzione ABB rappresenta una soluzione affidabile e sicura, è sottoposto a prove di tipo in conformità con la norma IEC 60439-1/IEC 61439 ed a prove per la tenuta all'arco interno conformemente alla norma IEC 61641. Il progetto è flessibile e compatto può essere adattato "su misura" alle esigenze specifiche, con valori fino a 5200A a 690V, quindi risulta idoneo per quadri di generatore, quadri principali e quadri per motori sia per applicazioni ma-

rine sia in mare aperto dove affidabilità e integrità del sistema di distribuzione sono essenziali per la continuità dell'alimentazione.

I quadri di media tensione costituiscono uno degli anelli più importanti nella catena di distribuzione di potenza a bordo nave. Il quadro UniGear ZS1 è un quadro a tenuta d'arco interno di 50kA per 0.5s, che risulta estremamente sicuro ed affidabile e risponde perfettamente alle richieste di installazione, ed è ad esempio utilizzato come quadro principale e come quadro di controllo motori. La soluzione a semplice e doppio piano rende disponibile un'unità compatta che assicura una ottimizzazione nell'uso degli spazi.

Questo quadro può essere equipaggiato sia con interruttori in vuoto, sia con interruttori in gas, ad esempio HD4, ottenendo sicurezza, affidabilità ed alte prestazioni. Il quadro UniGear ZS1 è stato sottoposto a tutte le prove richieste dalle norme internazionali IEC e dai regolamenti dei maggiori registri navali.

Figura 31: Quadri elettrici ABB



- Prodotti di controllo di bassa tensione

Questa classificazione comprende una vastissima gamma di prodotti ABB, che grazie alle loro elevate prestazioni e affidabilità sono spesso utilizzati per applicazioni nell'industria marina dai costruttori di quadri, di pannelli e di console.

Questi apparecchi possono essere costituiti, come rappresentato in figura 32, dai prodotti per la manovra e la protezione dei motori (contattori, relè termici) o dai prodotti per azionamenti graduali quali sono i softstarters; oppure da dispositivi di comando e di automazione e ancora dai sistemi di controllo e monitoraggio sia di processo che di sicurezza come il sistema di controllo dell'arco (Arc Guard System TVOC). Sono anche disponibili componenti per l'automazione, per l'esercizio ed il controllo, attraverso il collegamento a reti locali o bus di campo grazie ad una molteplicità di protocolli standard di comunicazione.

Figura 32: Prodotti di controllo di bassa tensione



Negli ultimi anni molti utilizzatori hanno posto l'accento sulla sicurezza dei quadri elettrici nei confronti di uno dei fenomeni elettrofisici più intensi e distruttivi: l'arco elettrico.

Tale fenomeno causa delle sovrappressioni interne e sovrariscaldamenti locali che possono provocare sollecitazioni meccaniche e termiche di notevole intensità. Una protezione attiva per limitare questi effetti consiste nell'installazione di dispositivi che si basano sulla rilevazione dell'intenso flusso luminoso associato al fenomeno. Il sistema ABB di controllo dell'arco sia per applicazioni in bassa e media tensione è il TVOC-2, vedere figura 33, che tramite sensori ottici posizionati nei punti critici del quadro comanda l'apertura dell'interruttore controllato.

Figura 33: Sistema di controllo dell'arco TVOC-2



- Interruttori modulari di bassa tensione

ABB offre un'ampia gamma di interruttori modulari magnetotermici e differenziali, figura 34, particolarmente idonei per la protezione di circuiti nelle applicazioni navali.

In particolare gli interruttori magnetotermici serie S200 (6 kA), S200 M (10 kA), S200 P (25/15 kA) sono omologati presso i registri navali RINA e Lloyd Register.

Per impieghi più gravosi, dove è richiesto un elevato potere di interruzione con l'utilizzo di apparecchi modulari, ABB mette a disposizione la serie S800 S con potere d'interruzione di 50 kA anch'essa omologata secondo i registri navali RINA e Lloyd Register.

Quando oltre la protezione da sovracorrente è richiesta la protezione differenziale nell'offerta ABB è disponibile l'interruttore magnetotermico differenziale compatto DS202C M con potere d'interruzione 10 kA.

Il DS202C M offre la protezione magnetotermica e differenziale su 2 poli: per questo motivo risulta particolarmente adatto nelle applicazioni navali, dove l'impianto di

distribuzione finale è tipicamente bifase 230V, risultando particolarmente apprezzato per le ridotte dimensioni. L'interruttore DS202C M è omologato presso il RINA.

Figura 34: Interruttori modulari di bassa tensione



- Azionamenti in bassa e media tensione per applicazioni marine

Per gli azionamenti ABB fornisce una serie di prodotti da utilizzare per la propulsione navale, per strutture galleggianti e per applicazioni ausiliarie, permettendo di rendere ancora più efficiente e performante dal punto delle prestazioni e dell'efficienza energetica i vantaggi offerti dalla propulsione elettrica.

L'azionamento a velocità variabile VSD (Variable Speed Driver) interessa sia la media che la bassa tensione. Il controllo diretto della coppia DTC (Direct Torque Control) è un interessante metodo di controllo del motore per azionamenti in corrente alternata, che permette un controllo accurato sia della velocità sia della coppia del motore senza la necessità di prelevare alcun parametro di controllo delle condizioni di velocità o posizione dell'albero motore.

Gli azionamenti di bassa tensione a velocità variabile di produzione ABB, immagine di insieme rappresentata in figura 35, offrono prestazioni performanti e adatte a qualsiasi applicazione in un range di potenza da 0.55kW a 5600kW. Sono utilizzati nei principali sistemi di propulsione, comando del timone, propulsori, compressori, pompe, ventilatori, argani e numerosi altri sistemi di bordo.

Gli azionamenti in corrente alternata di ABB, con motori asincroni o sincroni con magneti permanente, com-

binano vantaggi ambientali con ridotti costi di esercizio. Questi azionamenti soddisfano le esigenze del settore marino ed offshore, garantendo soluzioni compatte con un funzionamento affidabile ed economico in tutte le condizioni testato in conformità con i requisiti di certificazione.

Figura 35: L'azionamento a velocità variabile VSD (Variable Speed Driver)



Gli azionamenti ABB di media tensione, rappresentati in figura 36, grazie alla loro modularità, efficacia energetica e prestazioni superiori, rappresentano la soluzione perfetta per le attuali esigenze del settore marino, con applicazioni nel campo di potenza fino a 28000kW, sono utilizzati per sistemi di propulsione avanzati e applicazioni ausiliarie per ogni tipo di nave e struttura galleggiante. La topologia multi-livello di ABB ha portato alla realizzazione di un converter di media tensione, intrinsecamente meno complesso, più efficiente ed altamente affidabile. La sua costruzione compatta presenta un piccolo ingombro e un design più leggero, consentendo una maggiore flessibilità ai progettisti di navi e lasciando più spazio disponibile per altre finalità. La piattaforma modulare è estremamente versatile in quanto costituisce una base per singoli azionamenti standard certificati per il settore marittimo, soluzioni senza trasformatore, azionamenti di più motori e sistemi a ridondanza integrata.

Figura 36: Armadi per azionamenti in media tensione



- Soluzioni per la qualità dell'alimentazione elettrica (Power quality)

Le batterie di rifasamento ed i filtri per le armoniche sono la soluzione ideale per assicurare una buona qualità del sistema di potenza di bordo. Questi prodotti oltre a garantire la rispondenza alle principali specifiche per la qualità della potenza richiesta dalle società di classificazione, assicurano anche una elevata efficienza e una gestione senza problemi sia per impianti nuovi che per adeguamenti di vecchi impianti, particolarmente utili al fine di ridurre i costi di esercizio e le emissioni di CO₂.

I prodotti della serie Dynacomp, figura 37, sono compensatori statici costituiti da condensatori ed induttori inseriti in rete tramite interruttori statici di potenza permettendo così un sistema di controllo veloce ed accurato del fattore di potenza, ottimizzando le condizioni di lavoro dei cavi, dei trasformatori e dei generatori nelle installazioni caratterizzate da un basso valore del fattore di potenza. Inoltre contribuiscono a stabilizzare la tensione di alimentazione in presenza di condizioni di carico velocemente variabile, sono principalmente utilizzati in applicazioni con motori o convertitori.

I filtri attivi PQF eliminano il rischio di avaria dei dispositivi a causa dell'inquinamento armonico (idonei per la regolazione armonica fino ad armoniche del cinquantesimo ordine), permettono inoltre di ottenere la compensazione della potenza reattiva ed il bilanciamento del carico contribuendo così a ridurre i costi di esercizio.

Figura 37: Compensatori statici (Dynacomp) e filtri PQF



- Convertitori di frequenza

I convertitori di frequenza PCS 6000 sono un'economica ed efficiente soluzione per convertire la frequenza della rete di distribuzione pubblica, normalmente a 50Hz, a valori appropriati per i sistemi di bordo (tipicamente a 60Hz) così da consentire ai sistemi stessi di essere connessi alla rete pubblica (così da passare dal combustibile fossile all'alimentazione elettrica quando la nave è ormeggiata in porto, migliorando così la qualità in termini d'inquinamento).

L'unità PCS6000 è particolarmente competitiva in termini d'installazione, figura 38, e di spazio richiesto. Un'alta efficienza con ridotta manutenzione assicurano costi di esercizio contenuti, inoltre offre altri vantaggi come il controllo della tensione per la stabilizzazione della rete e il controllo delle armoniche e la compensazione del fattore di potenza.

Figura 38: Convertitori di Frequenza: unità PCS6000



Quaderni di Applicazione Tecnica

QT1

La selettività in bassa tensione con interruttori ABB

Low voltage selectivity with ABB circuit-breakers

QT7

**Il motore asincrono trifase
Generalità ed offerta ABB per il coordinamento delle protezioni**

Three-phase asynchronous motors
Generalities and ABB proposals for the coordination of protective devices

QT2

Cabine MT/BT teoria ed esempi di calcolo

MV/LV transformer substations: theory and examples of short-circuit calculation

QT8

Rifasamento e filtraggio delle armoniche negli impianti elettrici

Power factor correction and harmonic filtering in electrical plants

QT3

Sistemi di distribuzione e protezione contro i contatti indiretti ed i guasti di terra

Distribution systems and protection against indirect contact and earth fault

QT9

La comunicazione via Bus con gli interruttori ABB

Bus communication with ABB circuit-breakers

QT4

Gli interruttori ABB nei quadri di bassa tensione

ABB circuit-breakers inside LV switchboards

QT10

Impianti fotovoltaici

Photovoltaic plants

QT5

Interruttori ABB per applicazioni in corrente continua

ABB circuit-breakers for direct current applications

QT11

Guida alla realizzazione di un quadro elettrico secondo le Norme CEI EN 61439 Parte 1 e Parte 2

Guidelines to the construction of a low-voltage switchgear and controlgear assembly complying with the Standards IEC 61439 Part 1 and Part 2

QT6

Quadri per bassa tensione a tenuta d'arco interno

Arc-proof low voltage switchgear and controlgear assemblies

QT12

Generalità sui sistemi navali e sulle installazioni di bordo

Generalities on naval systems and installations on board

Contatti

ABB SACE

Una divisione di ABB S.p.A.

Interruttori B.T.

Via Baioni, 35

24123 Bergamo

Tel: 035 395 111

Fax: 035 395 306-433

bol.it.abb.com

www.abb.com

Dati e immagini non sono vincolanti. Ci riserviamo il diritto di apportare modifiche in funzione dello sviluppo tecnico dei prodotti.

Copyright 2011 ABB. All right reserved.