

MINISTERO DELLA DIFESA

DIREZIONE DEGLI ARMAMENTI NAVALI

NAV-70-6160-0007-14-00B000

**NORMATIVA TECNICA PER IMPIANTI ELETTRICI
DI BORDO DELLE UNITÀ NAVALI DI SUPERFICIE DELLA
M.M.I.**



Edizione giugno 2020



Ministero della Difesa
Segretariato Generale della Difesa e Direzione Nazionale degli Armamenti
Direzione degli Armamenti Navali

ATTO DI APPROVAZIONE

Approvo la seguente pubblicazione:

- **NORMATIVA TECNICA PER IMPIANTI ELETTRICI DI BORDO DELLE UNITÀ NAVALI DI SUPERFICIE DELLA M.M.I.**
- **NAV-70-6160-0007-14-00B000**
- Abroga e sostituisce la pubblicazione NAV-80-6160-0024-14-00B000– Edizione 2006

Roma, lì 05 giugno 2020

IL DIRETTORE
Amm. Isp. Capo Massimo GUMA

AIC Massimo Guma

ELENCO DI DISTRIBUZIONE

La presente pubblicazione tecnica non è dotata di un elenco di distribuzione specifico ed è, pertanto, consultabile, nella sua versione più aggiornata, esclusivamente ON LINE sui siti web istituzionali di NAVARM.

ELENCO DELLE AGGIUNTE E DELLE VARIANTI

Le varianti vengono normalmente apportate sostituendo le intere pagine interessate. Ogni pagina sostituita riporta, oltre la data dell'emissione, anche la lettera caratterizzante l'ultimo aggiornamento.

In occasione di ogni aggiornamento, deve essere sostituito anche il Frontespizio, aggiungendo alla sigla della norma la dizione indicante la revisione (rev 1.0, rev 2.0), la data dell'ultimo aggiornamento (tale revisione deve essere riportata anche nella prima colonna del prospetto seguente).

REVISIONE	DATA ULTIMO AGGIORNAMENTO	PAGINE/TAVOLE AGGIORNATE	DATA E FIRMA EFFETTUAZIONE

INDICE

1. Premessa	11
1.1 Scopo ed applicabilità	11
1.2 Altre Norme Applicabili	11
1.3 Norme relative alla sicurezza del personale	12
1.4 Deroghe	12
2. Definizioni generali degli impianti elettrici di bordo	14
2.1 Scopo	14
2.2 Elenco acronimi e abbreviazioni	14
2.3 Definizioni generali	15
2.3.1. Impianti in bassa tensione (BT).....	16
2.3.2. Impianti in media tensione (MT).....	16
2.3.3. Impianti in alta tensione	16
2.3.4. Utenza monofase	16
2.3.5. Utenza bifase	16
2.3.6. Utenza trifase.....	16
2.3.7. Isolamento principale	16
2.3.8. Isolamento supplementare	16
2.3.9. Doppio isolamento	16
2.3.10. Isolamento rinforzato	16
2.3.11. Classi di Isolamento dei componenti elettrici	17
2.3.12. Corrente di dispersione.....	17
2.3.13. Corrente di guasto	17
2.3.14. Corrente di guasto a terra	17
2.3.15. Massa.....	17
2.3.16. Massa estranea.....	18
2.3.17. Contatti diretti e indiretti	18
2.3.18. Bassissima tensione di sicurezza.....	18
2.3.19. Luoghi conduttori ristretti	19
2.3.20. Impianti di tipo SELV e PELV	19
2.3.21. Impianto elettrico della Nave	19
2.3.22. Condizione di funzionamento normale	19
2.3.23. Condizione di emergenza	20
2.3.24. Sorgente di energia elettrica principale	20
2.3.25. Sorgente di energia elettrica di emergenza.....	20
2.3.26. Sistema elettrico di generazione.....	20
2.3.27. Sistema elettrico di conversione.....	20
2.3.28. Centrali elettriche	21

2.3.29.	Centrale elettrica principale.....	21
2.3.30.	Impianto elettrico di distribuzione	21
2.3.31.	Quadro elettrico principale	22
2.3.32.	Quadro elettrico di emergenza	22
2.3.33.	Sottoquadro	22
2.3.34.	Quadro di distribuzione	23
2.3.35.	Circuito terminale.....	23
2.3.36.	Servizi essenziali/vitali.....	23
2.3.37.	Linee di collegamento/congiuntori.....	23
2.3.38.	Linee di distribuzione	23
2.3.39.	Corrente totale di carico	23
2.3.40.	Coefficiente di utilizzazione specifico	23
2.3.41.	Corrente effettiva di carico.....	24
2.3.42.	Utilizzatori (utenti/utenze) elettrici	24
2.3.43.	<i>Integrated Power System (IPS)</i>	24
2.3.44.	<i>All Electric Ship (AES)</i>	24
2.3.45.	SACIE	24
2.3.46.	<i>Power Quality (PQ)</i>	24
3.	Criteri di progetto dell'impianto elettrico di bordo.....	25
3.1.	Scopo.....	25
3.2.	Generalità.....	25
3.3.	Caratteristiche funzionali dell'impianto elettrico della Nave.....	26
3.3.1.	Sicurezza di esercizio	26
3.3.2.	Esercibilità e livello di automazione	26
3.3.3.	Disponibilità nell'arco di vita	27
3.3.4.	Riparabilità	27
3.3.5.	Manutenibilità	27
3.4.	Caratteristiche tecniche dell'impianto elettrico della Nave.....	27
3.5.	Caratteristiche della tensione e della frequenza	28
3.5.1.	Impianti in Corrente Alternata	28
3.5.1.1.	Impianti in Bassa Tensione:.....	28
3.5.1.2.	Impianti in Media Tensione.....	28
3.5.2.	Impianti in Corrente Continua.....	29
3.6.	Stato del neutro.....	29
3.7.	Prescrizioni aggiuntive per impianti in Media Tensione	29
3.8.	Suscettibilità ed emissività elettromagnetica	30
3.9.	Requisiti ambientali	30

3.9.1.	Temperatura ambiente	30
3.10.	Protezione contro il pericolo di esplosione	31
3.11.	Protezione del personale.....	31
3.11.1.	Protezione dalla folgorazione	31
3.11.2.	Protezione contro i contatti diretti	32
3.11.3.	Protezione contro i contatti indiretti	32
3.11.4.	Protezione dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici	33
3.12.	Documentazione di progetto	34
3.12.1.	Progetto dell'impianto elettrico	34
3.12.2.	Bilancio elettrico	36
3.12.3.	Documentazione tecnica relativa alle sub-forniture	36
3.12.4.	Certificazioni	37
3.13.	Assicurazione della Qualità	37
4.	Requisiti generali delle apparecchiature e dei materiali	38
4.1.	Scopo.....	38
4.2.	Generalità.....	38
4.3.	Grado di protezione degli involucri	38
4.4.	Resistenza all' urto ed alle vibrazioni ambientali.....	39
4.5.	Rumorosità in aria - Rumorosità strutturale.....	39
4.6.	Vibrazioni autoindotte	40
4.7.	Definizione di materiale amagnetico.....	40
4.8.	Schemi elettrici delle apparecchiature	40
4.9.	Targhettatura delle apparecchiature elettriche.....	41
4.10.	Colorazione degli indicatori luminosi e dei pulsanti	41
5.	Requisiti di installazione.....	43
5.1.	Scopo.....	43
5.2.	Generalità.....	43
5.3.	Impianti ed apparecchiature nei depositi e locali maneggio munizioni	43
5.4.	Sistemazioni in vicinanza di bussole magnetiche.....	43
5.5.	Sistemazioni in vicinanza di tubolature e pompe	44
5.6.	Sistemazioni in vicinanza di portelli o condotte di estrazione/ventilazione	44
5.7.	Accorgimenti per ridurre la possibilità di danni meccanici o da allagamenti.....	44
5.8.	Collegamenti a massa su Navi con scafo metallico	44
5.9.	Reti di massa su Navi con scafo in vetroresina o in legno.....	47
5.10.	Protezione dalle scariche atmosferiche.....	48
6.	Sistemi elettrici di generazione e conversione	49
6.1.	Scopo.....	49
6.2.	Gruppi Generatori	49

6.2.1.	Requisiti generali.....	49
6.2.2.	Tipologie di generatori	49
6.2.3.	Funzionamento in parallelo	50
6.2.4.	Tipo di costruzione	51
6.2.5.	Organi di regolazione (Regolatori di giri e regolatori di tensione)	51
6.3.	Sorgenti di energia di sicurezza e di supporto	52
6.3.1.	Generalità	52
6.3.2.	Batterie di accumuli elettrochimici	53
6.3.3.	Sorgenti di energia di sicurezza (Gruppi di continuità)	54
6.3.4.	Sorgenti di energia di supporto	56
6.3.5.	Celle a combustibile	57
6.4.	Dispositivi di conversione diversi dagli UPS.....	57
6.4.1.	Generalità	57
6.4.2.	Trasformatori.....	57
6.4.3.	Convertitori rotanti	59
6.4.4.	Convertitori statici.....	59
6.4.4.1.	Raddrizzatori.....	59
6.4.4.2.	DC/DC <i>converter</i> (convertitori di tensione in cc)	60
6.4.4.3.	<i>Inverter</i>	60
6.4.5.	<i>Solid State Transformer</i> (SST).....	61
7.	Sistema di distribuzione.....	63
7.1.	Scopo.....	63
7.2.	Generalità.....	63
7.3.	Sistema di distribuzione primaria	63
7.3.1.	Schema radiale semplice	64
7.3.2.	Schema radiale doppio	64
7.3.3.	Schema ad anello (esercizio aperto o chiuso)	65
7.3.4.	Schemi per minicentrali interconnesse.....	66
7.3.5.	Schema zonale	67
7.4.	Sistema di distribuzione secondaria	67
7.4.1.	Alimentazione di utenti non vitali a 400/230/115V a 50/60Hz.....	68
7.4.2.	Alimentazione in luoghi in condizioni non ordinarie.....	70
7.4.3.	Alimentazione delle prese nei locali AM ed ausiliari.	71
7.5.	Quadri e sottoquadri.....	71
7.5.1.	Quadri Elettrici Principali (QEP) – <i>Main Switchboard</i> (MSB)	72
7.5.2.	Sottoquadri e quadri di distribuzione (SSB/TSB)	75
7.5.3.	Interruttori in B.T.	76
7.5.4.	Quadro Presa da Terra - Collegamento a terra.	77

7.6. Cavi elettrici	79
7.6.1. Generalità	79
7.6.2. Scelta dei cavi.....	79
7.6.3. Installazione dei cavi	80
7.6.3.1. Cavi in fibra ottica	81
7.6.4. Dimensionamento dei circuiti	81
7.6.5. Targhettatura dei cavi elettrici.....	82
7.7. Alimentazione elettrica per la timoneria	82
7.8. Sistema rilievo isolamento	83
8.Utenze dell'impianto elettrico	84
8.1. Scopo	84
8.2. Generalità	84
8.3. Utenti forza	85
8.3.1. Motori elettrici e relative apparecchiature.....	85
8.3.2. Avviatori.....	86
8.4. Utenti piccola forza	87
8.5. Utenti luce	88
8.6. Utenti speciali	88
8.6.1. Impianti elettrici per il servizio medico sanitario.....	88
9.Impianto Luce e criteri d'illuminamento	90
9.1. Scopo	90
9.2. Tipi di luce e loro impiego	90
9.2.1. Impiego della luce BIANCA.....	90
9.2.2. Impiego della luce ROSSO BRUNA:	91
9.2.3. Impiego della luce GIALLO BRUNA:	91
9.3. Criteri d'illuminamento	91
9.4. Distribuzione luce	94
9.5. Prescrizioni aggiuntive per i sistemi d'illuminazione	95
9.5.1. Illuminazione esterna	97
9.5.2. Impiego di lampade a LED per locali di vita, tecnici ed operativi.....	96
9.5.3. Illuminazione area sanitaria.....	98
9.5.4. Fanali portatili ad intervento automatico per luce di riserva.....	98
9.5.5. <i>Low location light</i>	99
9.5.6. Circuiti di alimentazione delle lampade testaletto	100
9.5.7. Fanali di navigazione.....	100
10.Impianti elettrici di propulsione	101
10.1. Scopo	101
10.2. Generalità	101

10.3.	Tipologie di Propulsione <i>Full electric/ ibrida</i>	101
10.4.	Normative applicabili	103
11.	Collaudi	104
11.1.	Scopo	104
11.2.	Collaudi in fabbrica (<i>Factory Acceptance Test-FAT</i>)	104
11.2.1.	FAT dei generatori	104
11.2.2.	FAT dell'impianto di propulsione elettrica	106
11.2.3.	FAT dei trasformatori di potenza	106
11.3.	Collaudi a bordo (<i>Harbour Acceptance Test-HAT</i>)	107
11.3.1.	HAT dei generatori.....	107
11.4.	Collaudi a bordo (<i>Sea Acceptance Test-SAT</i>)	107

1. Premessa

1.1 Scopo ed applicabilità

La presente NAV ha lo scopo di:

- fornire le linee guida per la progettazione, costruzione ed installazione degli impianti destinati alla generazione, conversione/trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica a bordo delle Navi della MM, anche ai fini della propulsione elettrica;
- fornire i criteri per la scelta e l'installazione dei macchinari e delle apparecchiature che compongono i suddetti impianti.

Essa è applicabile, integralmente o in parte, alle Unità Navali di superficie della MMI contrattualizzate dopo la data della sua emissione. Sono, pertanto, escluse le Unità attualmente in linea o le seguenti Unità/Classi attualmente in costruzione:

- FREMM;
- PPA;
- LSS;
- Nave Trieste;
- UNPAV.

Per queste, gli impianti e le apparecchiature elettriche sono stati selezionati/costruiti secondo le pertinenti specifiche tecniche di concerto con la NAV-80-6160-0024-14-00B000 ed. 2006.

Le prescrizioni della presente Norma saranno utilizzate, anche parzialmente, per l'acquisizione di apparecchiature/impianti elettrici in occasione di ammodernamenti, *refitting*, implementazioni su Navi attualmente in linea¹.

La presente Normativa Tecnica **non è applicabili ai Sommergibili, ad ogni altro mezzo subacqueo e alle UU.NN. in regime "non operativo"** (es. ai lavori).

1.2 Altre Norme Applicabili

La presente norma non è in contrasto con alcuna altra norma e standard in materia.

Le Specifiche Tecniche Contrattuali (SS.TT.) delle Unità possono seguire gli standard del RINA e/o RINAMIL (ovvero di altro Ente di Registro appartenente all'IACS), in base a un criterio crescente di severità.

Quali Registri appartenenti all'IACS, all'interno della presente NAV si farà riferimento alle sole Società riconosciute a livello comunitario secondo il Regolamento (CE) n. 391/2009 (Lloyd's, ABS, BV, DNV-GL, RINA...).

Resta inteso che la presente Normativa tecnica rappresenta, comunque, il criterio più elevato di selezione dei sistemi/componenti elettrici, in considerazione dei diversi assetti operativi delle Unità della MMI.

La scelta delle norme applicabili (solo RINA, RINAMIL, ovvero la presente normativa tecnica NAV), per l'intero sistema elettrico o per alcuni suoi componenti, sarà stabilito all'atto della stesura delle specifiche tecniche contrattuali relative all'acquisizione di nuove Unità Navali o impianti da installare/ammodernare su Unità esistenti.

Per tutti e soli gli ambiti, non esplicitamente richiamanti i contenuti della presente Normativa Tecnica, si deve fare riferimento alle norme del C.E.I./I.E.C. applicabili, nella loro versione più aggiornata.

¹ Tale occorrenza potrà, quindi, essere valutata, in occasione di modifiche future, anche per le Unità/Classi di Unità di cui al precedente elenco.

Inoltre, qualora richiesto, in funzione di particolari esigenze relative alla qualità dell'energia fornita alle utenze, si dovrà fare riferimento alla norma NATO STANAG 1008 nell'edizione più aggiornata.

Relativamente all'applicazione delle Norme CEI, giova rammentare che il Comitato Elettrotecnico Italiano ha ricevuto un fondamentale riconoscimento legislativo con la legge 186/68, la quale è costituita dai soli seguenti due articoli:

- Art.1 - Tutti i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere realizzati e costruiti a regola d'arte.
- Art.2 - I materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici realizzati secondo le Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano si considerano costruiti a regola d'arte.

Le norme CEI di ambito navale sono edite dal Comitato Tecnico 18, ma esse non esauriscono l'insieme delle norme CEI applicabili.

1.3 Norme relative alla sicurezza del personale

Tutti i componenti dell'impianto Elettrico e, ove necessario, anche lo stesso impianto elettrico nel suo insieme, devono inoltre rispondere alle normative in vigore in materia di sicurezza delle persone (“*safety*” e “*health*”) applicabili in campo navale militare e civile. Qualora esista un contrasto tra le norme civili e militari, queste ultime hanno la precedenza.

In tutti i casi, le norme saranno dirette alla tutela del personale che, a qualunque titolo, dovesse trovarsi a bordo.

Si rammenta che per quanto riguarda la sicurezza del personale nei luoghi di lavoro, la Marina Militare si conforma al Decreto Legislativo 81/08, nella sua versione più aggiornata, e pertanto è necessario che qualunque installazione elettrica sia progettata, costruita, installata ed esercita in conformità con quanto ivi riportato. Il progetto, pertanto, dovrà rispettare i principi generali di prevenzione in materia di salute e sicurezza sul lavoro al momento delle scelte progettuali e tecniche, garantendo che le attrezzature, i componenti e i dispositivi di protezione rispondano alle disposizioni legislative e ai regolamentari in materia.

Le apparecchiature ed i componenti dell'impianto elettrico dovranno essere provvisti della marcatura CE o, qualora non applicabile, essere corredati da un idoneo Certificato di Conformità alle norme di sicurezza vigenti. In particolare, dovranno essere conformi alle direttive RoHS e alle relative prescrizioni RAEE/WEEE vigenti alla data di acquisizione da parte della F.A.. Tutti i materiali, i macchinari e le apparecchiature, nonché le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere progettati, realizzati e costruiti a regola d'arte².

Qualora, per un qualunque motivo, dovesse risultare problematica l'individuazione delle norme applicabili, dovrà essere presentata a NAVARM una situazione completa del panorama normativo pertinente per l'individuazione della norma da applicare.

Nel successivo § 3.9 saranno indicati ulteriori criteri da applicare in fase di progettazione e realizzazione dell'impianto elettrico.

1.4 Deroghe

Deroghe alle prescrizioni tecniche contenute nella presente pubblicazione, quando essa è esplicitamente richiamata nelle specifiche tecniche contrattuali, potranno essere concesse solo:

² In particolare, per quanto attiene la rispondenza con il D.Lgs. 81/08, i progettisti, i fabbricanti, i fornitori e gli installatori dovranno attenersi a quanto indicato agli artt. 22,23 e 24.

- Senza richiesta circostanziata da parte dell'Esecutore quando altre norme esplicitamente richiamate nelle SSTT prevedano requisiti confrontabili con quanto qui indicato e risultino chiaramente più restrittivi;
- A seguito di parere favorevole di questa Direzione ad una richiesta circostanziata e documentata da parte dell'Esecutore quando altre norme esplicitamente richiamate nelle SSTT prevedano requisiti non confrontabili con quanto qui indicato;
- A seguito di parere favorevole di questa Direzione ad una richiesta circostanziata e documentata da parte dell'Esecutore quando le proposte tecniche dell'Industria Privata garantiscano il rispetto dei requisiti di sicurezza comportando contestualmente un beneficio per l'Amministrazione.

Le richieste di deroga dovranno descrivere chiaramente le norme applicabili, le modifiche proposte, le ragioni ed i vantaggi che deriverebbero da una loro adozione e gli eventuali riflessi sul prezzo contrattuale.

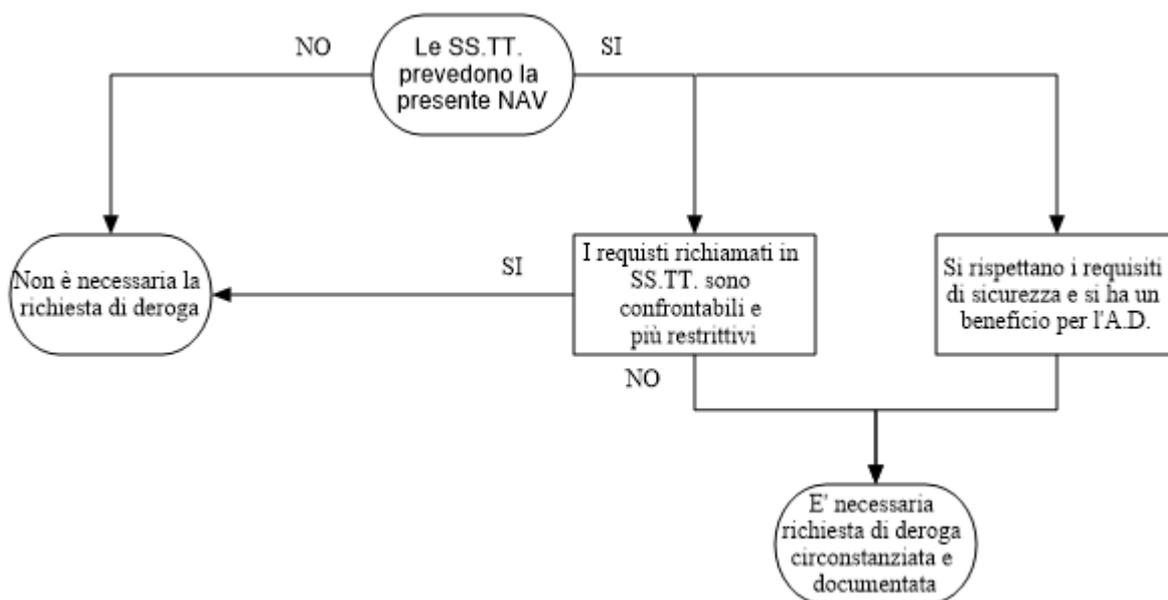


Fig. 1 – Flowchart richiesta di deroga

2. Definizioni generali degli impianti elettrici di bordo

2.1 Scopo

Questo capitolo ha lo scopo di specificare le definizioni, i criteri di progetto ed i requisiti generali applicabili agli impianti elettrici di bordo delle Navi Militari.

2.2 Elenco acronimi e abbreviazioni

AC:	<i>Alternating Current</i> , corrente alternata
AM:	Apparato Motore
BT (LV):	Bassa Tensione (<i>Low Voltage</i>)
CEI:	Comitato Elettrotecnico Italiano
CCV:	Centro di Carico Vitale
CCNV:	Centro di Carico Non Vitale
CCZ:	Centro di Carico di Zona
CMM:	Contro Misure Mine
COP:	Centrale Operativa di Piattaforma
COTS:	<i>Commercial Off The Shelf</i> , prodotti commerciali
CS:	Centrale di Sicurezza
DB:	<i>Distribution Board</i> , quadro di distribuzione
DC:	<i>Direct Current</i> , corrente continua
D/G:	Diesel Generatore
EMC:	<i>Electromagnetic Compatibility</i> , compatibilità elettromagnetica
EMI:	<i>ElectroMagnetic Interference</i> , interferenza elettromagnetica
ESS:	<i>Energy Storage System</i> , sistema di accumulo di energia
ESWBS:	<i>Extended Ship Work Breakdown Structure</i> , struttura a codici gerarchici che rappresenta la costituzione fisico/funzionale delle UU.NN. e dei Sistemi/Apparati (S/A) installati a bordo
IACS:	International Association of Classification Society
IEC:	<i>International Electrotechincal Commission</i>
IMQ:	Istituto italiano del Marchio di Qualità
IPMS:	<i>Integrated Platform Management System</i> , sistema di automazione, comando e controllo centralizzato degli apparati e degli impianti di piattaforma, ove i singoli sottosistemi che lo compongono hanno un elevato grado di mutua integrazione
G/A:	Generatore Asse
MMI:	Marina Militare Italiana
MT (MV):	Media Tensione (<i>Medium Voltage</i>)
OEM:	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
PdT:	Presa da Terra

PMS:	<i>Platform Management System</i> , Sistema di automazione, comando e controllo centralizzato degli apparati e degli impianti di piattaforma
PTI/PTO:	<i>Power Take In/Power Take Off</i> , letteralmente Potenza fornita/Potenza prelevata; si riferisce alla modalità di impiego di un motore elettrico: come PTI riceve energia elettrica dal sistema di bordo e fornisce energia meccanica ad un utilizzatore (p.e. l'asse); come PTO viene messo in rotazione da una fonte esterna da cui preleva energia meccanica (p.e. un motore termico) e fornisce energia elettrica al sistema di bordo
QEP:	Quadro Elettrico Principale
QPdT:	Quadro Presa da Terra
RINa:	Registro Italiano Navale
RINAMIL:	Regolamento applicabile a navi militari
SACIE:	Sistema di Automazione e Controllo Impianto Elettrico
SdC:	Sistema di Combattimento
SIASP:	Sistema Integrato di Automazione e Supervisione della Piattaforma; il sinonimo in lingua italiana di IPMS
SIL:	<i>Safety Integrity Level</i> , Livello di Integrità della Sicurezza; rappresenta una misura quantitativa della riduzione del rischio, ossia una misura che indica il grado di affidabilità che un sistema di sicurezza deve raggiungere per ridurre il rischio di incidente durante il suo utilizzo; rappresenta la quantificazione dell'affidabilità (o grado di affidabilità) raggiunta da un qualunque oggetto che svolge una funzione legata alla sicurezza
SQ:	Sottoquadro
SSB:	<i>Secondary Switchboard</i>
SS.TT.:	Specifiche tecniche contrattuali
TAG:	Turbina a Gas
T/G:	Turbo generatore (motore primo turbina a vapore)
TG/G:	Turbo generatore (motore primo TAG)
TSB:	<i>Tertiary Switchboard</i>
UU.NN.:	Unità Navali
UPS:	<i>Uninterruptible Power Supply</i> , gruppo di continuità

2.3 Definizioni generali

Per gli impianti elettrici di bordo, valgono in generale le definizioni tratte dalle norme CEI e dal RINAMIL, di cui si riporta di seguito un estratto per sola comodità di lettura. È inteso che, qualora si verificassero discrepanze tra quanto riportato nelle presenti definizioni e le citate norme CEI e RINAMIL, vale quanto dettato da queste ultime.

Sono state inoltre introdotte alcune definizioni per tener conto delle particolari esigenze delle Navi militari e degli usi della MMI.

2.3.1. Impianti in bassa tensione (BT)

Impianti in corrente alternata a tensione nominale superiore a 50 V di valore efficace ed inferiore o uguale a 1000 V di valore efficace.

Impianti in corrente continua con valore nominale della tensione in condizioni nominali di funzionamento superiore a 50 V ed inferiore o uguale a 1500 V.

2.3.2. Impianti in media tensione (MT)³

Impianti in corrente alternata a tensione nominale superiore a 1000 V di valore efficace ed inferiore o uguale a 35 kV di valore efficace.

Impianti in corrente continua con valore nominale della tensione in condizioni nominali di funzionamento superiore a 1500 V.

2.3.3. Impianti in alta tensione³

Impianti in corrente alternata a tensione nominale superiore a 35kV di valore efficace.

2.3.4. Utenza monofase

Per utenza monofase si intende un'apparecchiatura/impianto collegata tra una fase e il neutro (p.e. L₁-N).

2.3.5. Utenza bifase

Per utenza bifase si intende un'apparecchiatura/impianto collegata tra due fasi (p.e. L₁-L₂).

2.3.6. Utenza trifase

Per utenza trifase si intende un'apparecchiatura/impianto collegata tra tre fasi (L₁-L₂-L₃).

2.3.7. Isolamento principale

E' l'isolamento che viene applicato alle parti attive di una macchina o di un componente elettrico al fine di garantire una protezione di base contro le folgorazioni elettriche dovute a contatti diretti o indiretti.

2.3.8. Isolamento supplementare

Isolamento indipendente previsto in aggiunta all'isolamento principale per assicurare la protezione contro i contatti elettrici in caso di guasto dell'isolamento principale.

2.3.9. Doppio isolamento

Isolamento comprendente sia l'isolamento principale sia l'isolamento supplementare.

2.3.10. Isolamento rinforzato

Sistema unico di isolamento applicato alle parti attive, in grado di assicurare un grado di protezione contro i contatti elettrici equivalente al doppio isolamento, nelle condizioni specificate nelle relative Norme.

³ Le definizioni qui riportate sono rispondenti alle definizioni di Categoria I e II indicate nella CEI 11-1; seppure tale norma risulti abrogata, in questa NAV si manterrà la distinzione tra alta e media tensione per garantire una maggiore chiarezza interpretativa della norma stessa.

Nota: L'espressione "sistema unico d'isolamento" non implica che l'isolamento debba essere costituito da un pezzo omogeneo. Esso può comprendere più strati che non possono essere provati singolarmente come isolamento principale o supplementare.

2.3.11. Classi di Isolamento dei componenti elettrici

Componenti di Classe 0

Sono le apparecchiature elettriche provviste del solo isolamento principale e non aventi alcun dispositivo per il collegamento degli involucri alla rete di terra; esse quindi non possono essere collegate a terra e, nel caso di guasto all'isolamento, la protezione contro la folgorazione è affidata soltanto alle caratteristiche dell'ambiente in cui si trovano.

Componenti di Classe I

Sono le apparecchiature provviste del solo isolamento principale e aventi un dispositivo per il collegamento dell'involucro ad un collegamento per la messa a massa.

Componenti di Classe II

Sono le apparecchiature provviste di isolamento doppio o rinforzato.

Componenti di Classe III

Sono le apparecchiature aventi un isolamento ridotto in quanto destinate ad essere alimentate soltanto alla tensione di sicurezza ed in cui non si possono generare tensioni di valore superiore a quello del sistema di alimentazione.

2.3.12. Corrente di dispersione

Corrente che, in assenza di guasto, fluisce verso terra o verso le masse tramite l'impedenza di isolamento.

2.3.13. Corrente di guasto

Corrente che si stabilisce a seguito di un cedimento dell'isolamento.

2.3.14. Corrente di guasto a terra

Corrente di guasto che si chiude attraverso l'impianto o la rete di terra.

2.3.15. Massa.

Secondo la terminologia elettrotecnica viene definita come "massa" un piano equipotenziale sul quale non esistono tensioni elettriche tra i diversi punti. Sulle navi con scafo metallico quest'ultimo è considerato come la massa generale della nave.

Secondo una terminologia non regolata da norme, ma entrata oramai nell'uso comune, il termine "massa" in ambito navale viene fatto corrispondere a quella che nei sistemi elettrici terrestri di generazione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica viene chiamata "terra", perché si assume il terreno come piano equipotenziale da prendere come riferimento delle tensioni dei conduttori, per lo studio del funzionamento dei sistemi elettrici stessi. Pertanto sulle navi col termine massa ci si riferisce all'insieme dello scafo metallico, considerato appunto come luogo equipotenziale.

Ciò può generare confusione con quanto stabilito dalla norma CEI 64-8 relativa agli impianti utilizzatori civili, dove per massa si definisce una parte conduttrice di un componente elettrico che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto dell'isolamento

principale. Tutti gli involucri metallici dei componenti elettrici separati dalle parti attive da un solo livello di isolamento sono quindi delle “masse”.

Per quanto sopra, in ambito navale si dovrà prestare particolare attenzione al significato che al termine massa viene attribuito nelle varie norme redatte in italiano. In particolare, si dovrà verificare se il riferimento alla "massa" dovrà intendersi come sinonimo/equivalente di "terra" o quando invece ci si sta riferendo alla definizione sopra citata della norma CEI 64-8.

Considerando la terra di un impianto elettrico, o in ambito navale la massa generale dell'intero impianto di bordo, si distinguono:

1. terra/massa di funzionamento, che ha lo scopo di garantire determinate caratteristiche di funzionamento per un sistema elettrico in generale e, in particolare, per alcune apparecchiature come ad esempio le apparecchiature elettroniche. In quest'ultimo caso si parla di “massa di segnale”;
2. terra/massa di protezione, detta anche massa elettrica o “terra”, realizzata per garantire la protezione delle persone dalle folgorazioni elettriche. La sua realizzazione ha le seguenti finalità:
 - a. assicurare, all'occorrenza di un guasto a massa in un componente elettrico nella situazione in cui una persona si trovi in contatto con la massa stessa, un percorso prestabilito per la corrente di guasto, in modo che i dispositivi di protezione possano rilevarla ed intervenire, interrompendo l'alimentazione del circuito sede del guasto, ed evitando che la persona venga attraversata da una corrente di guasto pericolosa;
 - b. limitare le tensioni di passo e di contatto a valori non pericolosi;
 - c. realizzare l'equipotenzialità di masse e masse estranee.

2.3.16. Massa estranea

Parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico in grado di introdurre un potenziale.

2.3.17. Contatti diretti e indiretti

I contatti del personale con parti in tensione sono convenzionalmente distinti in due tipi: diretti e indiretti. I diretti avvengono quando si entra in contatto con una parte dell'impianto normalmente in tensione, quale ad esempio un conduttore, un morsetto... Il contatto indiretto è, viceversa, il contatto con una parte conduttrice, ad esempio la carcassa di un quadro elettrico, normalmente non in tensione, ma che lo diviene a causa di un guasto all'isolamento.

2.3.18. Bassissima tensione di sicurezza

Tensione che non eccede negli ambienti in condizioni ordinarie i 50 Vca di valore efficace tra i conduttori (120V di valore nominale in corrente continua), o tra qualsiasi conduttore e la massa, in un circuito isolato rispetto all'alimentazione di rete da mezzi quali un trasformatore di isolamento.

In ambienti in condizioni particolari (non ordinarie), i valori di tensione di sicurezza scendono a 25 Vc.a. di valore efficace in corrente alternata e 60V in corrente continua. Per ambienti non ordinari si intendono tutti gli ambienti nei quali esistono condizioni che possano ridurre il valore di resistenza verso terra della persona: in ambito navale militare locali di questo tipo sono le sentine e i locali ad esse direttamente collegati e tutti i locali dove vi possono essere ristagni d'acqua come

nei pressi di bacini allagabili, zone di vestizione/svestizione operatori subacquei, etc...

2.3.19. Luoghi conduttori ristretti

I luoghi conduttori ristretti sono definiti dalla CEI 64-8/7 come quegli ambienti delimitati da superfici metalliche, o comunque conduttrici, in cui una persona può venirci in contatto attraverso un'ampia superficie del corpo o, in ogni caso, realizzando un percorso attraverso il corpo differente dal classico "mano-piede".

In ambito navale militare possono essere considerati luoghi conduttori ristretti tutti quegli ambienti angusti in cui un operatore possa venire a contatto con le strutture metalliche con parti del corpo differenti dalle sole mani e piedi (es. sentine, doppifondi, casse, celle secche, intercapedini...). Si sottolinea che i "luoghi conduttori ristretti" non coincidono necessariamente con i "luoghi confinati", per i quali i criteri di identificazione sono completamente differenti e non contemplano vincoli di natura elettrica.

2.3.20. Impianti di tipo SELV e PELV

Si tratta di sistemi che costruttivamente garantiscono la protezione del personale contro i contatti diretti e indiretti. Costruttivamente tali impianti sono realizzati in conformità con quanto indicato nella seguente tabella (tabella 2 - CEI 64/8-14).

Tipo	Tensione	Sorgente	Installazione	Prese a spina
SELV	$\leq 50CA, \leq 120 CC$	Trasformatore di sicurezza Sistemi equivalenti (batterie, gruppo elettrogeno, ..)	Parti attive separate da altri circuiti SELV o PELV e dalla massa mediante isolamento principale	Non devono avere connessioni di terra e non devono essere intercambiabili con quelle di altri sistemi
PELV	$\leq 50CA, \leq 120 CC$	Trasformatore di sicurezza Sistemi equivalenti (batterie, gruppo elettrogeno, ..)	Parti attive separate da altri circuiti SELV o PELV e dalla massa mediante isolamento principale	Possono avere spinotto/alveolo di terra, ma non devono essere intercambiabili con quelle di altri sistemi

Tabella 1 – SELV e PELV

2.3.21. Impianto elettrico della Nave

È il complesso organico delle installazioni e dei componenti elettrici destinati alla generazione, conversione, distribuzione dell'energia elettrica. Fanno inoltre parte dell'impianto elettrico tutti gli utenti elettrici non alimentati da prese a spina, oppure alimentati da prese a spina destinate esclusivamente alla loro alimentazione.

2.3.22. Condizione di funzionamento normale

La condizione di esercizio nella quale la nave nel suo insieme, i macchinari, i servizi, i mezzi e i supporti che assicurano la propulsione, la capacità di manovra, la sicurezza della navigazione, il funzionamento dei sistemi di combattimento, la sicurezza antincendio e anti-allagamento, le comunicazioni interne ed esterne ed i segnali, i mezzi di fuga così come i sistemi e i componenti predisposti per assicurare

le condizioni previste di comfort e di abitabilità sono in condizioni di funzionamento di progetto.

2.3.23. Condizione di emergenza

Una condizione nella quale gli impianti ed i servizi necessari per garantire il funzionamento normale e le normali condizioni di abitabilità, non possono operare a causa del disservizio della sorgente principale di energia elettrica e/o della loro linea di alimentazione.

2.3.24. Sorgente di energia elettrica principale

Una sorgente di energia che fornisce energia elettrica ad un quadro a partire dal quale è possibile la distribuzione a tutti i servizi/utenti destinati a mantenere la nave in condizioni di funzionamento normale (§ 2.3.22). Può trattarsi di un generatore, di un impianto composto da accumuli di energia o da *fuel cells*.

2.3.25. Sorgente di energia elettrica di emergenza

Una sorgente di energia elettrica utilizzata in caso di indisponibilità della sorgente elettrica principale. All'interno di questa definizione il RINAMIL effettua un'ulteriore suddivisione:

- fonte di generazione di emergenza (*Emergency Source of Electrical Power*) che garantisce l'alimentazione di una serie di utenze in caso di indisponibilità (a qualunque titolo) della fonte di alimentazione principale;
- fonte di alimentazione temporanea (*Transitional Source of Electrical Power*) che previene il blackout di alcune utenze ritenute più importanti nella fase di passaggio tra la sorgente di energia elettrica principale e quella di emergenza.

Il rispetto di particolari accorgimenti costruttivi ed installativi, così come definiti nel RINAMIL (Pt C, Ch2, Sec3, § 2.3.1), fa sì che la funzione di fonte generazione di emergenza possa essere svolta dalla sorgente di energia elettrica principale.

2.3.26. Sistema elettrico di generazione

Il sistema elettrico di generazione rappresenta l'insieme degli impianti/macchinari responsabili della generazione dell'energia elettrica. A titolo di mero esempio può essere costituito da generatori sincroni accoppiati a macchine termiche, celle a combustibile, accumuli di energia.

Ne fanno parte non solo il vero e proprio sistema di generazione dell'energia, ma anche i suoi organi di regolazione, i macchinari ausiliari, le apparecchiature e le reti elettriche e fluidiche concorrenti al funzionamento e la sezione generazione dei Quadri Principali (c.d. *ancillary equipment*).

Sono identificati come facenti parte del sistema elettrico di generazione anche i quadri predisposti per il prelievo di energia elettrica dall'impianto in banchina o per la ricezione/erogazione di energia da/ a altra Unità affiancata, detti Quadri di Presa da Terra.

2.3.27. Sistema elettrico di conversione

È il complesso di macchine elettriche (statiche o rotanti) che consentono di ottenere, a partire da un sistema di alimentazione in ingresso caratterizzato da determinati parametri di tensione e frequenza, numero di conduttori attivi e condizione di messa a terra del neutro e delle masse, uno o più sistemi elettrici in uscita aventi

caratteristiche diverse al sistema in ingresso relativamente ad uno o più parametri, al numero dei conduttori attivi o alla tipologia di sistema.

2.3.28. Centrali elettriche

Sono complessi costituiti da:

1. uno o più sorgenti di energia;
2. uno o più Quadri Elettrici sui quali si attestano i montanti dei sistemi di generazione;
3. gli ausiliari necessari al funzionamento dei sistemi di generazione e dei quadri.

In caso esistano due o più centrali elettriche, si intende:

1. funzionamento a centrali separate quella condizione di esercizio/configurazione di rete in cui gli interruttori di protezione e/o i dispositivi di manovra sui collegamenti tra le centrali elettriche sono in condizione di aperto. In questa configurazione/condizione di esercizio i generatori di una centrale ed i sistemi di distribuzione ad essa relativi risultano essere indipendenti ed autonomi rispetto alle altre centrali e ai relativi impianti;
2. funzionamento a centrali collegate quella condizione di esercizio/configurazione di rete in cui gli interruttori di protezione e/o i dispositivi di manovra sui collegamenti tra le centrali elettriche sono in condizione di chiuso. In questa configurazione/condizione di esercizio l'intero impianto elettrico è esercito in parallelo. Uno o più sistemi di generazione possono essere contemporaneamente collegati in rete in funzione delle esigenze di carico e coi limiti derivanti dal dimensionamento dei componenti l'impianto.

Nel caso in cui il sistema di distribuzione primaria sia esercito in corrente continua, i sistemi di generazione (ed eventuali convertitori ad essi dedicati) possono alimentare un sistema di sbarre (*busbar*), collegate o meno fra loro, cui si attestano i sistemi di conversione per l'esercizio delle utenze. In tal caso la centrale elettrica è costituita dal sistema *busbar* e dai *converter*, anche se fisicamente non si trovano nello stesso locale.

2.3.29. Centrale elettrica principale

Centrale relativa ad una sorgente principale di energia elettrica; i componenti costituenti la centrale sono tutti contenuti delimitati in una porzione di nave (locale o *Main Vertical Zone*).

2.3.30. Impianto elettrico di distribuzione

È l'insieme delle apparecchiature, quadri, componenti opportunamente collegati tra loro per smistare ai carichi l'energia ricevuta dai collegamenti ai quadri elettrici principali e di emergenza a cui si attestano i generatori.

L'impianto elettrico di distribuzione di una Nave è suddiviso in:

1. sistema di distribuzione primaria;
2. sistemi di distribuzione secondaria.

All'interno di ciascuno dei predetti sistemi sono compresi:

1. quadri, sottoquadri e centralini;
2. apparati di trasformazione/conversione;
3. linee elettriche – cavi o blindosbarre (cd. *busbar*);
4. apparecchiature di protezione, manovra e controllo dei circuiti elettrici;

5. avviatori/convertitori dei motori elettrici.

Il sistema di distribuzione primaria risulta collegato direttamente alla sorgente di energia elettrica principale e viene esercito a livello più alto di tensione di bordo;

Da un sistema di distribuzione primaria possono trarre alimentazione uno o più sistemi di distribuzione secondaria, tramite trasformatori, normalmente abbassatori, o convertitori. Il/i sistemi secondari possono quindi essere eserciti a tensioni differenti rispetto al sistema primario.

In caso di impiego della corrente continua, questa potrà essere utilizzata tanto in un sistema di distribuzione principale, quanto secondaria.

2.3.31. Quadro elettrico principale

Un quadro alimentato direttamente da una sorgente elettrica principale (§ 2.3.24) e destinato a fornire l'energia elettrica ai servizi della nave.

Sulle unità a propulsione elettrica dotate, p.e., di sistema di generazione per la propulsione in media tensione e di distribuzione ai servizi nave in bassa tensione, si avranno Quadri Elettrici Principali di Media Tensione e Quadri Elettrici principali di Bassa Tensione. I primi corrispondono esattamente alla precedente definizione di Quadro Elettrico principale essendo connessi ad una sorgente principale di energia. I secondi saranno alimentati tramite trasformatori e/o convertitori dai quadri di M.T. e, eventualmente, potranno essere connessi anche a generatori dedicati. Riferendosi ai Quadri Elettrici principali di Bassa Tensione, si applicheranno tutte le definizioni di senso generale, con l'accortezza di tener conto della peculiarità della sorgente d'energia ad essi connessa.

2.3.32. Quadro elettrico di emergenza

Un quadro che, in caso di avaria dell'impianto di energia elettrica principale, è alimentato direttamente dalla sorgente di emergenza di energia elettrica (§ 2.3.25) o dalla sorgente di emergenza temporanea di energia elettrica ed è destinato a distribuire l'energia ai servizi in condizioni di emergenza (§ 2.3.23).

In determinate condizioni costruttive ed installative previste dal RINAMIL, questa funzione può essere svolta dai quadri elettrici principali.

2.3.33. Sottoquadro

Termine generico che indica un quadro elettrico alimentato da un altro quadro (principale, di emergenza ovvero da un altro sottoquadro) ed è destinato a distribuire l'energia elettrica ad altri sottoquadri, a quadri di distribuzione o contemporaneamente ad altri quadri e ad utenti.

In ambito MMI, negli impianti di tipo radiale, i sottoquadri direttamente connessi ai quadri principali (tramite una sola linea o tramite due linee) vengono anche definiti Centri di Carico. I Centri di Carico si dividono poi in vitali o non vitali a seconda della tipologia di utenti connessi (§2.3.36).

A seguito della progettazione e costruzione di UU.NN. in cooperazione con Marine Straniere, è invalso l'uso di definire i Centri di carico anche come Quadri Secondari (*Secondary SwitchBoard* - SSB), mentre i sottoquadri connessi a questi ultimi vengono definiti Quadri Terziari (*Tertiary SwitchBoard* - TSB).

2.3.34. Quadro di distribuzione

Quadro destinato a distribuire l'energia elettrica solamente a circuiti terminali. In inglese, vengono definiti *Distribution Board* - DB.

2.3.35. Circuito terminale

Parte della rete che si estende oltre l'ultimo dispositivo di protezione richiesto per la protezione contro le sovracorrenti e cortocircuiti.

2.3.36. Servizi essenziali/vitali

Si utilizzano, in genere, due diverse definizioni di servizi essenziali/vitali:

1. Il RINAMIL Pt C, Ch 2 per “*essential services*” intende quei servizi essenziali per la propulsione, il governo, il carico pagante, la sicurezza dell’Unità, il raggiungimento delle minime condizioni di abitabilità e per la protezione dell’ambiente. Tutti gli altri servizi vengono definiti “*non essential services*”. La corrispondenza tra la denominazione inglese ed italiana è la seguente:
 - a. *essential services* = servizi essenziali o vitali;
 - b. *non essential services* = servizi non essenziali, non vitali o normali.
2. Nell’usuale gergo in essere nella MMI, si opera spesso una ulteriore suddivisione, distinguendo tra servizi essenziali, vitali e normali⁴. In questi casi, si intende:
 - a. servizi essenziali: servizi necessari al mantenimento delle funzioni galleggiabilità /mobilità;
 - b. servizi vitali: servizi necessari al mantenimento della funzione “combattere”. La somma degli utenti vitali ed essenziali coincide esattamente con gli utenti “essenziali” della definizione del RINAMIL.
 - c. servizi normali: tutti quelli non compresi nelle categorie di cui sopra. Coincide con la corrispondente categoria della definizione di servizi non essenziali del RINAMIL.

La suddivisione in sole due categorie di utenti è da preferirsi; nell'estensione della presenta Norma si è tenuto conto unicamente di questa definizione.

2.3.37. Linee di collegamento/congiuntori

Sono le linee che collegano fra loro due quadri o due sezioni dello stesso quadro.

L'uso di questo termine è limitato a quei circuiti in cui il trasferimento di energia può avvenire in entrambe le direzioni.

2.3.38. Linee di distribuzione

Sono le linee che servono a connettere gli utilizzatori elettrici ai quadri dai quali ricevono l'alimentazione.

2.3.39. Corrente totale di carico

Con riferimento ad una linea elettrica, la corrente totale di carico è data dalla somma delle correnti di targa di tutti gli utenti connessi alla linea considerata, compresa la eventuale capacità di riserva.

2.3.40. Coefficiente di utilizzazione specifico

Con riferimento ad una linea elettrica, il coefficiente di utilizzazione specifico è dato

⁴ Sulle UU.NN. di vecchia costruzione solo gli utenti essenziali erano dotati di doppia linea di alimentazione, mentre quelli vitali e normali di linea singola.

dal rapporto fra il carico massimo di corrente che circola nella linea, calcolato come valore medio in un periodo di 15 minuti, e la corrente totale di carico della linea stessa determinata come al precedente § 2.3.36.

2.3.41. Corrente effettiva di carico

Con riferimento ad una linea elettrica, la corrente effettiva di carico è il prodotto della corrente totale di carico della linea per il coefficiente di utilizzazione specifico della linea stessa.

2.3.42. Utilizzatori (utenti/utenze) elettrici

Sono considerati utilizzatori elettrici tutti i dispositivi alimentati dai sistemi di distribuzione primari e secondari definiti nella presente norma.

Essi possono essere costituiti da un singolo componente utilizzatore (ad es. un motore elettrico o un fanale) oppure da un insieme di apparecchiature o circuiti che svolgono nel complesso una funzione specifica.

Gli utilizzatori elettrici possono essere suddivisi in utenti vitali/essenziali/normali in base all'appartenenza ai servizi definiti in 2.3.32.

2.3.43. *Integrated Power System* (IPS)

Con i termini *Integrated Power System* (Sistema Elettrico Integrato) si identifica l'impianto elettrico che garantisce l'alimentazione sia degli utenti della propulsione elettrica (full e/o hybrid) sia di quelli dei servizi Nave. Consiste in un'architettura e in un impiego di componenti hardware in grado di assicurare la corretta *Power Quality* e la continuità di servizio, riduce il numero di generatori necessari e applica una suddivisione della nave in zone elettriche (§ 7.3).

2.3.44. *All Electric Ship* (AES)

Una Nave AES è un'Unità in cui tutti i carichi di bordo (propulsione inclusa) sono alimentati da un unico sistema elettrico, il IPS. Su tale tipologia di UUNN si fa un uso diffuso di ESS e azionamenti elettrici in luogo di quelli pneumo/idro/oleodinamici. Una Nave militare AES, inoltre, si contraddistingue per l'utilizzo di un unico sistema di generazione/distribuzione dell'energia elettrica anche per il SdC, dove trovano allocazione sensori e armi elettriche di nuova concezione.

2.3.45. SACIE

Il SACIE può essere un sistema dedicato al controllo e monitoraggio dell'Impianto Elettrico o costituire un sottosistema funzionale del SIASP/IPMS. Quest'ultima soluzione è, sulle navi di ultima costruzione, l'unica adottata. In tutti i casi, dovrà essere realizzato secondo la normativa RINAMIL (Part C, Ch3, "Automation", nella versione più aggiornata).

2.3.46. *Power Quality* (PQ)

Per *Power Quality* si intende la qualità dell'energia elettrica in termini di continuità di servizio, frequenza, ampiezza dell'onda fondamentale (valore efficace), contenuto armonico (forma d'onda) e correlazione di fase tra le varie tensioni del sistema polifase.

3. Criteri di progetto dell'impianto elettrico di bordo

3.1. Scopo

Lo scopo del presente capitolo è quello di indicare i criteri progettuali generali in base ai quali definire l'impianto elettrico della Nave tenendo conto delle misure di tutela e degli obblighi relativi ai principi comuni di gestione della prevenzione nei luoghi di lavoro, già richiamate nel § 1.3 ed esplicitate al Titolo I-Capo III del D. Lgs. 81/08.

In primis il progettista dovrà inoltre analizzare e ridurre i rischi per il personale e per la Nave, sia in condizioni di normale funzionamento sia in condizioni degradate. Si dovrà, inoltre, assicurare la massima continuità del servizio, tenendo conto delle situazioni d'emergenza in cui la Nave si potrà trovare, riducendo al minimo le probabilità d'interruzione dei circuiti di alimentazione delle utenze elettriche. Particolare cura dovrà essere posta nella scelta della topologia del sistema di distribuzione e delle possibilità di riconfigurazione della rete in caso di guasto.

Qualora la nave sia dotata di più sorgenti di energia/centrali elettriche, queste dovranno essere fra loro distanziate il più possibile ed installate in compartimenti stagni differenti per ridurre al minimo la possibilità che, per cause esterne (colpo a bordo) o per cause interne (incendio, allagamento), vengano danneggiate contemporaneamente; i quadri dovranno essere preferibilmente sistemati con la dimensione principale allineata per madiere e non per chiglia e nell'allestimento delle centrali si dovranno garantire le opportune distanze per lo smontaggio delle parti, e per un agevole accesso alle parti interne dei quadri.

3.2. Generalità

Per le navi di dislocamento inferiore alle 1000 t, le caratteristiche del sistema di generazione elettrica, i margini sulla potenza totale di generazione e la configurazione delle centrali andranno specificate di volta in volta sulla base delle caratteristiche della singola unità/classe⁵.

Per le navi di dislocamento superiore alle 1000 t dovranno essere sempre previste almeno due centrali e dovranno valere le prescrizioni di seguito riportate.

Ogni centrale, in configurazione isolata, dovrà essere sempre in grado di:

1. alimentare almeno tutte le utenze vitali ed essenziali (§ 2.3.36) ad essa attestata in tutti gli assetti e nelle peggiori condizioni di carico elettrico (carico massimo);
2. garantire la PQ richiesta per tutte le utenze ad essa attestata nelle condizioni di normale funzionamento (§ 2.3.22) e nei transitori.

Il numero totale di generatori non potrà, comunque, mai essere inferiore a 3 (tre).

Qualora il numero di generatori sia uguale a tre, ciascun generatore preso singolarmente deve essere in grado di alimentare, in tutti i possibili assetti, tutte le utenze necessarie a garantire il normale funzionamento della nave (§ 2.3.22).

Qualsiasi sia il numero dei generatori, la potenza elettrica complessiva dovrà essere almeno pari al 200% di quella corrispondente all'assetto più gravoso da Bilancio a meno delle eventuali utenze dedicate alla propulsione elettrica o ai *thruster*.

Nel caso in cui l'Unità sia dotata di propulsione elettrica (sia *hybrid* sia *full electric*) e/o di *thruster*, la potenza totale di generazione dovrà essere tale da garantirne la funzionalità nelle condizioni relativa all'assetto da Bilancio Elettrico più gravoso, con entrambe le seguenti condizioni soddisfatte:

⁵ Quanto segue per le navi con dislocamento superiore alle 1000 t potrà essere, comunque, adottato quando ritenuto opportuno.

- (n-1) generatori in rete (con il generatore non in rete di taglia più piccola);
- potenza elettrica espressa dal generatore pari al 90% della sua potenza nominale⁶.

3.3. Caratteristiche funzionali dell'impianto elettrico della Nave

Le caratteristiche funzionali essenziali dell'impianto elettrico della Nave, citate in ordine di priorità, dovranno essere le seguenti:

1. **sicurezza di esercizio** da parte del personale di gestione;
2. **esercibilità** con un numero ridotto di operatori;
3. **disponibilità** nell'arco di vita della funzione erogazione di energia;
4. **riparabilità/manutenibilità** - seppure per sostituzione di moduli, sottoassiemi ed assiemi - nei minimi tempi possibili.

3.3.1. Sicurezza di esercizio

Questa caratteristica include due aspetti:

1. relativo alla sicurezza del personale, nei confronti del quale devono essere poste in essere le prescrizioni di cui in 1.3 e 3.11;
2. attinente la corretta esecuzione delle operazioni da parte del personale. Per il suo soddisfacimento, dovrà essere applicato il concetto di “**piena esercibilità**” degli impianti. Tale criterio, assolutamente inderogabile per le modalità di esercizio in automatico ed in telecomando assistito (qualora esista un sistema di automazione, caso da considerarsi normale, come precisato al successivo punto), dovrà essere esteso quanto più possibile anche alla condotta manuale, prevedendo idonei “consensi”, “blocchi” e richieste di “conferma manovre” da parte di logiche elementari distribuite sugli impianti. Tale requisito è richiesto soprattutto per le manovre di riconfigurazione degli impianti, di parallelo dei generatori e di trasferimento del carico dalla rete di bordo ad una rete di terra e viceversa.

3.3.2. Esercibilità e livello di automazione

Gli impianti dovranno poter essere eserciti da parte di personale avente un livello di specializzazione e preparazione professionale in linea con gli attuali standard MMI di reclutamento e formazione degli Ufficiali, Sottufficiali e del personale di truppa elettricista.

Il progetto dell'Impianto Elettrico dovrà prevedere configurazioni installative e, a meno che non espressamente escluso, un impianto di automazione e controllo con accorgimenti tecnici tali da consentire il monitoraggio e la gestione normale dell'impianto stesso da remoto, sia in modo “automatico” sia in “telecomando” (di massima, la condotta locale deve essere attuata solo per esercitazione o in caso di avarie)⁷.

Il livello di automazione sarà raggiunto grazie all'impiego di component elettronici come *Logic Programmable Devices* (DSP, FPGA, etc...), *Programmable Logic Controllers* (PLCs), reti di comunicazione, sistemi basati su computer che dovranno essere progettati e costruiti in modo da garantire le loro funzionalità in

⁶ Per le Navi di seconda linea e/o ausiliarie, le predette due condizioni potranno essere così modificate:

- n generatori in rete;
- potenza elettrica espressa dal generatore pari al 80% della sua potenza nominale.

⁷ Maggiori dettagli sulle funzionalità che dovrà possedere l'impianto di automazione sono riportati nei successivi paragrafi relativi ai vari componenti (p.e. § 6.2, 7.5, ...).

modo affidabile e sicuro attraverso criteri di *Cyber Safety* e *Cyber Security*. Per il soddisfacimento di tali requisiti, tutti i sistemi informatici nel campo IT e OT dovranno rispondere, almeno, alle prescrizioni contenute nelle norme relative alla sicurezza cibernetica e alla *Human Center Design* redatte da NAVARM.

3.3.3. Disponibilità nell'arco di vita

L'architettura d'impianto prescelta, la qualità dei componenti, le ridondanze, le caratteristiche degli impianti principali e degli ausiliari, i sistemi di monitoraggio del loro funzionamento, i cicli di manutenzione preventiva, dovranno essere tali da assicurare una disponibilità operativa (secondo UNI 10147) dell'impianto nel suo complesso dell'ordine del 90÷95 % per il profilo operativo specificato nel requisito operativo dell'unità.

L'architettura dell'intero sistema elettrico, quando progettato e realizzato nella sua interezza, e l'affidabilità intrinseca dei singoli sistemi/apparati che lo compongono dovranno essere tali da assicurare un requisito in termini di *Mean Time Between Critical Failure* (MTBCF) non inferiore a 17.520 ore, supportato dai documenti preliminari di cui al § 3.12.1.

Qualora il requisito operativo non dia specificazioni si devono considerare i seguenti dati:

1. arco di vita di 30 anni;
2. durante il predetto periodo, la nave spende 1/3 della sua vita in mare, 1/3 in porto (anche non quello di assegnazione) disponibile per attività in mare (tempo di approntamento non superiore alle 72 ore) e per il rimanente terzo in porto all'interno di una base MM non disponibile per attività in mare;
3. durata della missione: 30 giorni.

3.3.4. Riparabilità

Le soluzioni tecniche dovranno interpretare il concetto di riparabilità in termini di ripristino di una funzione esplicita, da un impianto o da una sua parte, piuttosto che in termini di ripristino dell'integrità fisica di un componente più o meno complesso. Secondo tale principio si adotteranno soluzioni di impianto quanto più possibile modulari, nelle quali il ripristino della funzionalità possa avvenire in tempi ridotti mediante asportazione e rimpiazzo del modulo in avaria e le operazioni di ricerca dei guasti siano facilitate al massimo.

3.3.5. Manutenibilità

La Manutenibilità è intesa in termini di facilità di individuazione dei guasti, reperibilità nel tempo dei componenti di impianto che richiedano sostituzione periodica o occasionale⁸, di minimizzazione dei tempi necessari alla loro sostituzione, della fattibilità delle operazioni da parte del personale di bordo.

Il progetto dell'impianto dovrà tener conto di tale requisito in stretta connessione con quello di Riparabilità, nell'accezione di cui al precedente punto.

3.4. Caratteristiche tecniche dell'impianto elettrico della Nave.

Le caratteristiche tecniche essenziali, da conferire all'impianto elettrico della Nave, sono le seguenti, citate in ordine di priorità:

⁸ Saranno, infatti, preferiti componenti che garantiscano una supportabilità prolungata, in particolare per quanto riguarda problematiche di obsolescenza.

1. **bassa sollecitazione delle macchine e dei circuiti**, quale metodo per allungare la vita degli impianti;
2. **ridondanza a livello di intero complesso** (tipicamente a livello di gruppo di generazione completo, di ESS o Unità UPS completa, ecc...) anziché di singolo apparecchio o circuito di alimentazione per facilitare la ripresa del servizio dopo un primo guasto per una rapida eliminazione dell'avaria mediante sostituzione di un intero complesso, senza la necessità di smontaggi parziali per la ricerca e l'accesso alle parti guaste;
3. **estesa unificazione dei tipi e delle taglie** dei generatori, degli apparecchi e dei motori elettrici, per limitare al minimo il numero dei ricambi di tipo diverso necessari a bordo ed a terra.

3.5. Caratteristiche della tensione e della frequenza

3.5.1. Impianti in Corrente Alternata

Ci si dovrà uniformare ai seguenti valori unificati di tensione e frequenza.

3.5.1.1. Impianti in Bassa Tensione:

1. se la frequenza è 60 Hz: 440V, 400V, 230V trifase; 230V, 115V, 48V, 24V monofase/bifase. Ammessa anche 690V trifase in casi particolari. In generale, la scelta della 60Hz va posta in stretta relazione con l'applicazione dello STANAG 1008;
2. se la frequenza è 50 Hz: 690V, 400V, 230V trifase; 230V, 48V, 24V monofase/bifase;
3. se la frequenza è 400 Hz, fare riferimento allo STANAG 1008 (tenendo presenti le prescrizioni speciali per gli aeromobili).

Altri valori possono essere introdotti per esigenze particolari ma il loro impiego deve essere limitato ai casi di effettiva necessità.

La qualità dell'energia fornita agli utenti sarà conforme ad una o più delle seguenti norme:

1. RINa/RINAMIL, quale requisito minimo irrinunciabile per energia a 50/60Hz;
2. STANAG 1008 (nell'edizione più aggiornata) per la 60Hz qualora sussistano esigenze più stringenti rispetto al requisito minimo irrinunciabile di cui sopra;
3. STANAG 1008 (nell'edizione più aggiornata) per la 400Hz, con l'avvertenza che per i sistemi di alimentazione per gli aeromobili occorre riferirsi alla normativa specifica del settore.
4. STANAG 1008 (nell'edizione più aggiornata) per la 50Hz, facendo riferimento agli scostamenti percentuali, al contenuto armonico ed ai valori di picco degli *spike* di tensione e non ai valori standard di tensione/frequenza, qualora sussistano esigenze più stringenti rispetto al requisito minimo irrinunciabile di cui sopra.

Quali punti, in cui rilevare il rispetto dei suddetti parametri, andranno presi quelli posti subito a monte dell'interruttore che alimenta le varie utenze.

3.5.1.2. Impianti in Media Tensione

1. se la frequenza è 60 Hz, 11000V, 12000V, 6600V trifase;
2. se la frequenza è 50 Hz, 11000V, 12000V, 6000V trifase.

Altri valori possono essere introdotti per esigenze particolari, ma il loro impiego deve essere limitato ai casi di effettiva necessità.

Non esistono standard relativi alla qualità dell'energia da fornire alle utenze in

media tensione. Sarà compito del progettista dell'impianto stabilirne le caratteristiche in funzione delle esigenze specifiche.

La generazione avverrà sempre a 50 o a 60 Hz, in generale a un unico valore di tensione trifase. Nel caso di unità a propulsione elettrica, sono ammessi due differenti valori di tensione di generazione. I rimanenti valori di tensione/frequenza verranno ricavati per trasformazione/conversione.

3.5.2. Impianti in Corrente Continua

Ci si dovrà uniformare ai seguenti valori unificati di tensione:

12Vc.c., 24Vc.c., 28Vc.c., 48Vc.c..

Per i livelli di tensione superiori, non esistono valori consolidati. I seguenti valori devono pertanto intendersi come raccomandati:

6000 Vc.c.; 3000 Vc.c.; 1100 Vc.c.; 1000Vc.c.;750Vc.c.; 700Vc.c..

Nel caso di utilizzo di bus in corrente continua per la distribuzione primaria, la generazione sarà comunque in A.C. (50 o 60 Hz) e il raddrizzamento dell'energia sarà eseguito tramite *converter*, ognuno associato ad un singolo generatore.

3.6. Stato del neutro

Il sistema di generazione sarà (e, di conseguenza, anche il sistema di distribuzione primaria):

1. in bassa tensione: trifase a tre conduttori, a neutro isolato senza collegamento a terra (sistema IT), realizzato in maniera tale da consentire l'esercizio del sistema⁹ anche in presenza di un guasto franco di una fase a terra;
2. in media tensione: trifase a tre conduttori, a neutro isolato senza collegamento a terra oppure con neutro collegato a terra tramite impedenza ma realizzato in maniera tale da consentire l'esercizio del sistema anche in presenza di un guasto a terra.

Il sistema di distribuzione in bassa tensione sarà:

1. a neutro isolato, a tre o due fili (rispettivamente per sistemi trifase o bi/monofase) per le utenze considerate vitali (sistema tipo IT);
2. con neutro connesso a terra (cioè allo scafo) direttamente o tramite idonea impedenza (sistema TT) per le utenze non vitali di hotel. Si vedano le prescrizioni di dettaglio contenute in 7.4.1.

In media tensione, il sistema di distribuzione sarà unicamente della stessa tipologia di quello di generazione.

3.7. Prescrizioni aggiuntive per impianti in Media Tensione

Per applicazioni particolari, quali ad esempio la propulsione elettrica, è possibile la realizzazione di impianti di generazione e di distribuzione primaria funzionanti a tensioni superiori ad 1 kV.

Per i suddetti impianti, se in corrente alternata, si applicano, ove possibile, le regole stabilite nelle apposite norme del RINAMIL (Part C, Ch2, Sec13, nella versione più aggiornata).

Per gli impianti di produzione e distribuzione in corrente continua, valgono le specifiche tecniche contrattuali di volta in volta elaborate.

⁹ Il sistema deve essere in grado di sostenere il guasto indefinitamente sino all'eliminazione dello stesso ovvero sino al secondo guasto.

3.8. Suscettibilità ed emissività elettromagnetica

Tutte le apparecchiature elettriche devono essere idonee al funzionamento contemporaneo con gli apparati elettro/elettronici di bordo, senza provocare fenomeni di interferenza.

Il requisito minimo di suscettibilità elettromagnetica per gli impianti elettrici di bordo, previsto dal RINAMIL (Pt C, Ch2, Sec2), fa riferimento alla normativa IEC 60533 “*Electromagnetic Compatibility of Electrical and Electronic Installations in Ships and of Mobile and Fixed Offshore Units*”.

Inoltre, per le apparecchiature installate all'interno dei locali del SdC il riferimento di norma è la MIL-STD-461 nella edizione più aggiornata.

Prescrizioni aggiuntive possono essere introdotte ogni qual volta se ne ravvisi la necessità.

Il filtraggio EMI dovrà essere ridotto al minimo ed impiegato solo in casi di effettiva necessità; presenterà la configurazione linea-linea.

Ove tale configurazione di filtraggio non risulti efficace, è ammessa la configurazione linea-terra purché vengano rispettate le seguenti prescrizioni:

- impiego unicamente di filtri capacitivi con valori massimi pari a:
 - o 0.12 μ F per apparecchiature a 50Hz;
 - o 0.1 μ F per apparecchiature a 60Hz;
 - o 0.02 μ F per apparecchiature a 400Hz;
- massima corrente di dispersione della singola apparecchiatura, in ogni condizione, non superiore ai 5mA, indipendentemente dal valore nominale della tensione di alimentazione (come riportato nella MIL-HDBK-2036).

La corrente di dispersione dell'intero impianto elettrico dovuta alla presenza dei filtri (in tutte le possibili configurazioni di impiego delle utenze) non deve essere superiore al 30mA (come riportato nella MIL-STD-1399).

I filtri/sistemi di filtraggio non devono in nessun caso interferire coi sistemi di protezione elettrica della rete di distribuzione, in particolare non devono alterare in modo significativo il sistema di rilievo isolamento o influenzare gli interruttori differenziali.

Qualora il sistema di filtraggio non rispetti le suddette prescrizioni, la porzione di rete interessata deve essere galvanicamente isolata dal sistema di generazione/distribuzione.

Il successivo paragrafo 3.11.2 riporta indicazioni più specifiche relative alle ripercussioni sulla sicurezza del personale esposto a campi elettromagnetici.

3.9. Requisiti ambientali

I requisiti ambientali minimi per gli impianti ed i loro componenti sono quelli contenuti nel RINAMIL. Valgono inoltre le prescrizioni aggiuntive/precisazioni contenute nei singoli capitoli e paragrafi.

3.9.1. Temperatura ambiente

Il requisito minimo della temperatura dell'aria ambiente a cui si deve fare riferimento per il dimensionamento delle apparecchiature e delle macchine elettriche è quello prescritto dal RINAMIL (Pt C, Ch2, Sec2), con la precisazione aggiuntiva che non sono ammessi valori inferiori ai 45°C anche in presenza di locali condizionati.

In ogni caso, anche in assenza di prescrizioni specifiche, e a prescindere dal requisito minimo sopra riportato, nella scelta di tutte le apparecchiature elettriche e di tutta la componentistica, si dovrà tener conto della massima temperatura effettivamente raggiungibile nei locali di bordo nell'assetto più gravoso (ad esempio in assetto NBC per i locali privi di condizionamento).

3.10. Protezione contro il pericolo di esplosione

Le installazioni elettriche nei luoghi con pericolo di esplosione debbono rispettare i requisiti espressi dalla normativa NAV-70-6160-0006-14-00B000, nella versione più aggiornata¹⁰. Per le installazioni nei depositi munizioni, e locali ad essi equiparati, invece andrà seguita la NAV-70-1096-0001-13-00B000¹¹.

3.11. Protezione del personale

Oltre all'applicazione delle norme relative alla sicurezza del personale cui si è fatto riferimento in 1.3, dovranno essere adottati i seguenti criteri:

1. dovranno essere previsti attorno alle parti in movimento adeguate distanze di sicurezza e protezioni;
2. dovranno essere previsti attorno alle parti che possono raggiungere temperature pericolose per l'integrità del personale adeguate distanze di sicurezza e protezioni;
3. dovranno essere evitati bordi aguzzi o taglienti coi quali il personale possa entrare in contatto durante il normale funzionamento degli apparati/impianti;
4. dovranno essere considerati i potenziali pericoli derivanti dalla presenza di sostanze tossiche, corrosive o infiammabili, ponendo in essere adeguati provvedimenti tesi a scongiurarli;
5. dovranno essere considerati i potenziali pericoli derivanti dalla presenza di sostanze in pressione, ponendo in essere adeguati provvedimenti tesi a scongiurarli;
6. dovranno comunque essere considerati, a prescindere dall'applicazione della normativa CEI/IEC, i rischi potenziali per il personale, anche non specialista, derivanti dalla presenza di una elevata concentrazione di apparecchiature elettriche sotto tensione in un ambiente non ampio. Inoltre, si dovrà tenere in considerazione la concomitante presenza di altre potenziali sorgenti di pericolo. Ad esempio, si dovranno adeguatamente dimensionare gli involucri delle apparecchiature e componenti elettrici installati in aree all'interno delle quali può avvenire la movimentazione di oggetti pesanti.

3.11.1. Protezione dalla folgorazione

Il contatto di una persona con parti in tensione può determinare il passaggio di una corrente attraverso il corpo umano, con conseguenze anche mortali. Dall'entità degli effetti fisiopatologici prodotti dalla corrente elettrica sul corpo umano dipendono i limiti di sicurezza. I fenomeni principali che contribuiscono a definire i limiti di pericolosità, sono fondamentalmente quattro: tetanizzazione, arresto della respirazione, fibrillazione ventricolare e ustioni.

Gli effetti principali prodotti dalla corrente elettrica alternata sono espressi attraverso curve che legano la sua intensità al tempo per cui questa fluisce attraverso il corpo umano. La sicurezza può essere quindi conseguita per mezzo di diversi sistemi di protezione, attivi o passivi, per mezzo dei quali si cerca di limitare la corrente, o di ridurre il tempo per cui questa attraversa il corpo umano.

Per determinare tali valori si deve obbligatoriamente definire la resistenza equivalente offerta dal corpo umano che pur dipendendo da numerosi parametri, si può considerare legata al percorso seguito. Senza addentrarci ulteriormente nell'argomento, non oggetto della presente norma, basti ricordare che definita R_B la resistenza del corpo umano (tabellata in funzione del percentile della popolazione e

¹⁰ Ovvero norma edita da questa D.T. che sostituisce/abroga tale NAV e tratta la medesima tematica.

¹¹ Ovvero norma edita da questa D.T. che sostituisce/abroga tale NAV e tratta la medesima tematica.

del percorso¹²) e R_{EB} la resistenza della persona verso terra (funzione della presenza di calzature e del materiale del “terreno”) si può passare dai valori limite della corrente non pericolosa a quelli di tensione di contatto limite per non causare traumi all'uomo.

La distinzione tra contatti diretti e indiretti facilita l'individuazione delle caratteristiche del sistema di protezione; in entrambi i casi la terra (§ 2.3.15) costituisce spesso uno dei poli del circuito di guasto o del circuito nel quale si trova inserita la persona.

Le soluzioni progettuali di riferimento per il conseguimento della protezione dai contatti diretti ed indiretti sono indicate nella norma CEI 64-8, e nella RINAMIL Pt C, Ch 2, Sec 12.

L'adozione della bassissima tensione di sicurezza (§ 2.2.18) garantisce un'efficace protezione contro i contatti diretti e indiretti, ma nella pratica realizzativa è impiegabile solo quando particolari condizioni richiedano misure maggiormente cautelative (es. luoghi conduttori ristretti).

3.11.2. Protezione contro i contatti diretti

Il grado di protezione IP rappresenta la metodologia implicita di protezione dai contatti diretti. In ambito navale militare, però, questo parametro viene principalmente legato al mantenimento di continuità di servizio del sistema quando questo viene esposto a polveri e liquidi. Quanto riportato nei successivi § 4.2 e 5.4 relativamente al grado IP ha infatti come scopo principale proprio la continuità di servizio.

In relazione a quanto espresso e alla concreta possibilità di intervento di personale di bordo anche non specialista su apparecchiature elettriche, il solo grado IP non si può considerare però sufficiente quale metodo di protezione dai contatti diretti.

La norma EN 60204 approfondisce l'analisi dei metodi atti a garantire la sicurezza durante gli interventi di manutenzione e pertanto dovranno essere previsti dispositivi di sezionamento bloccabili in posizione di aperto, o fusibili estraibili per garantire la disalimentazione delle parti.

È inoltre richiesto che tutti gli apparati elettrici debbano essere progettati e costruiti in modo da garantire la segregazione e la separazione fisica, non permettendo l'accesso involontario a parti normalmente in tensione. Non dovrà pertanto essere possibile aprire le portelle dei quadri avviatori a tensione superiore ai 50V senza prima aver disalimentato attraverso opportuno sezionatore i circuiti interni.

In base a tale principio le portelle di accesso ai quadri, sottoquadri, avviatori e a tutte le apparecchiature elettriche a tensione superiore ai 50V dovranno essere chiuse tramite viti antisfilamento a testa triangolare o quadrata. Tali particolari viti saranno in numero minimo per evitare l'apertura non deliberata delle portelle, le altre viti antisfilamento saranno con testa a godrone.

Tale indicazione di allestimento delle portelle non si applica, comunque, ai quadri/apparati in MT, in quanto essi seguono l'allestimento secondo la IEC 62271-200.

3.11.3. Protezione contro i contatti indiretti

Il metodo che dovrà essere impiegato a bordo quale protezione dai contatti indiretti è

¹² Si considera quale valore convenzionale quello rappresentato dal percorso “mano-piede” pari a $1k\Omega$.

l'impiego di dispositivi di interruzione di tipo differenziale per le porzioni di impianto esercite con sistema TT (§7.4.1). Tali dispositivi risultano anche una misura addizionale nei confronti dei contatti diretti. Per garantire il corretto funzionamento di tali dispositivi sarà necessario garantire i previsti collegamenti a massa degli involucri (§ 5.8, 5.9).

Nelle parti di impianto esercite con sistema IT, il corretto collegamento delle masse già citato e il sistema di rilievo di isolamento (§ 7.8) garantiscono la protezione del personale nei confronti dei contatti indiretti.

3.11.4. Protezione dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici

I campi elettromagnetici devono essere opportunamente analizzati in fase progettuale dell'impianto elettrico in quanto possono rappresentare un fattore di rischio per il personale di bordo.

Lo spettro elettromagnetico può essere suddiviso a seconda della frequenza nel modo riassunto dalla seguente figura:

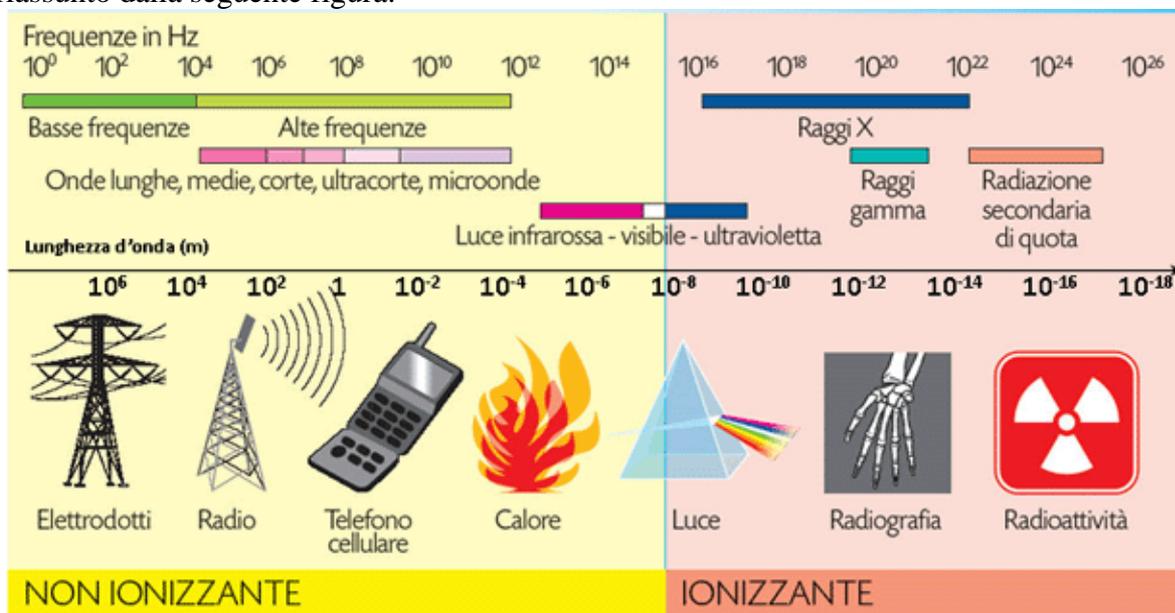


Fig. 2 – Spettro delle frequenze

Un'ulteriore suddivisione che si evince è quella in radiazione non ionizzante (cioè NON capace di provocare la ionizzazione della materia) o ionizzante; entrambe possono essere di varia natura.

Nella presente norma si farà riferimento unicamente ai rischi connessi all'agente fisico costituito dai campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse e nella fattispecie per valori di inferiori o uguali a 400 Hz. Tale scelta è motivata dalle seguenti argomentazioni:

- La norma NAV-70-0000-0004-10-00B000¹³ costituisce il disciplinare tecnico per la fornitura di sistemi, integrati o meno, nei sistemi di bordo con frequenza superiori;
- I campi elettromagnetici, prodotti dai sistemi prima enunciati e caratterizzati da frequenze superiori a 1KHz (cioè da radiofrequenze in su), sono già oggetto *de facto* della norma NAV-70-0000-0004-10-00B000⁷;

¹³ Ovvero norma edita da questa D.T. che sostituisce/abroga tale NAV e tratta la medesima tematica.

- I sistemi elettrici che trasportano l'energia elettrica a bordo (oggetto della presente norma) sono essenzialmente caratterizzate da corrente continua o alternata a 50-60 Hz e 400 Hz.

Ai fini del rispetto degli artt. 22, 28 e 29 del D.Lgs. 81/08, in fase di progettazione e realizzazione di nuove UU.NN. o modifiche/ammodernamenti dei sistemi di bordo di quelle già in linea si dovrà:

- progettare/realizzare i nuovi sistemi in maniera tale da eliminare del tutto il rischio dovuto ad agenti fisici del tipo Campi Elettromagnetici;
- nel caso in cui per ragioni esclusivamente operative ciò non possa essere osservato, fornire tutti i dati necessari all'A.D. affinché il datore di lavoro possa redigere la R.T.V.R. e attuare le azioni necessari per la mitigazione del rischio.

In ogni caso i valori di riferimento per i sistemi elettrici caratterizzati da basse frequenze sono quelli prescritti nell'All. XXXVI del D.Lgs. 81/08 (2016) e in particolare nella tabella 2.

È opportuno far notare che i *converter* utilizzati per la trasmissione/conversione dell'energia elettrica possono risultare sorgenti di campi elettromagnetici a frequenze più elevate. I rischi indotti da tali apparecchiature, e la conseguente necessità di proteggere il personale, sono comunque da escludere, poiché si tratta di prodotti commercializzati e realizzati in base a norme nazionali, o internazionali, sottese al rispetto della linea guida 7/99 dell'*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP), che rappresenta la base su cui sono stati stabiliti i valori prescritti nell'All. XXXVI del D.Lgs. 81/08. Qualora, i prodotti selezionati siano stati progettati e/o realizzati al di fuori di tali norme è obbligo del Cantiere/azienda fornitrice del sistema informare l'A.D. di tale mancato rispetto.

3.12. Documentazione di progetto

3.12.1. Progetto dell'impianto elettrico

Il Cantiere dovrà presentare a NAVARM, per analisi ed eventuale approvazione, secondo modalità e tempistiche descritte nei singoli contratti di acquisizione delle UU.NN., il progetto dell'impianto elettrico nel suo complesso, comprendente almeno i seguenti elementi:

1. architettura dell'impianto con descrizione delle configurazioni e dei modi di funzionamento possibili;
2. caratteristiche generali dell'impianto come la disponibilità del servizio, le condizioni di sicurezza, manutenibilità e flessibilità;
3. descrizione del sistema di gestione, controllo e monitoraggio dell'impianto, con la descrizione del funzionamento per i diversi assetti, in condizioni operative normali e di emergenza;
4. elenco delle utenze elettriche principali;
5. dimensionamento dei seguenti sistemi, per i quali si dovranno riportare i dati caratteristici quali tensione, frequenza, stato del neutro ma anche ingombri e pesi:
 - a. generazione;
 - b. distribuzione primaria;
 - c. distribuzione secondaria;
 - d. alimentazione del Sistema di Combattimento, se non riconducibile ai precedenti punti 2. e 3.;
6. disegni di sistemazione delle apparecchiature e componenti costituenti l'impianto;

7. il bilancio elettrico della nave per i diversi assetti;
8. calcoli delle correnti di cortocircuito;
9. criteri per il coordinamento delle protezioni selettive e relativa applicazione per l'impianto in esame;
10. descrizione delle misure di protezione contro le sovratensioni per impianti in MT;
11. l'analisi del *load flow*;
12. l'analisi della PQ con particolare riferimento all'inquinamento armonico;
13. norme di riferimento;
14. studio preliminare della propulsione (comprensivo di dimensionamento preliminare), nel caso in cui questa sia di tipo elettrico;
15. dimensionamento preliminare dei sistemi di *transitional source of energy*;
16. eventuale studio preliminare dell'efficientamento energetico dell'Unità.

In fase preliminare, dovranno essere forniti i seguenti documenti relativi al supporto logistico utili per supportare le caratteristiche enunciate nel §3.3:

1. Banca dati logistica (*Logistic Support Database*)
2. Albero di configurazione (*Product Brackdown Structure*)
3. Piano di massima delle Manutenzioni preventive e correttive
4. Piano di gestione della configurazione ed obsolescenze.

Gli elaborati grafici da produrre nella versione esecutiva del progetto dovranno essere almeno i seguenti:

1. schema a blocchi generale dell'architettura dell'impianto. Lo schema a blocchi deve rappresentare i collegamenti previsti tra le varie parti dell'impianto, dando l'indicazione immediata dei flussi di potenza generazione-distribuzione e rappresentando le interconnessioni che vengono stabilite per garantire lo scambio di segnali e informazioni per la gestione e il controllo del sistema;
2. schema unifilare generale dell'impianto finalizzato a fornire in modo chiaro i collegamenti elettrici tra i principali componenti quali generatori, quadri elettrici principali, convertitori e trasformatori di potenza media/alta, quadri di distribuzione primaria e secondaria. Per motivi di chiarezza la rappresentazione potrà evitare di scendere al livello di dettaglio e di rappresentazione dei circuiti prossimi agli utilizzatori di media e bassa potenza, rimandando allo scopo ad altri schemi;
3. schemi unifilari dei singoli quadri, sia di distribuzione primaria, sia di distribuzione secondaria, e dei sottoquadri, per tutti i livelli di tensione previsti, con l'indicazione delle utenze che vi sono connesse e dei collegamenti verso gli altri quadri. Sui circuiti relativi alle utenze, e sul cavo in arrivo al quadro dovranno essere indicati i dispositivi di sezionamento e di interruzione con le relative protezioni dai guasti e dalle sovratensioni, nonché i dispositivi previsti per la misura, il monitoraggio e il controllo delle grandezze di funzionamento del circuito;
4. tabelle con le indicazioni di dimensionamento dei cavi e delle apparecchiature che vi sono installate. Le tabelle potranno essere riportate nei disegni relativi agli schemi unifilari e dovranno riportare:
 - a. caratteristiche tecniche delle condutture utilizzate: formazione, tipo di posa e lunghezza del cavo;
 - b. dati tecnici sui dispositivi di sezionamento e di interruzione; o dati tecnici sulle protezioni utilizzate;
 - c. valori della corrente e della potenza assorbite dal carico in condizioni di funzionamento nominali, tensione e frequenza nominali;

5. planimetrie generali dei ponti della nave;
6. schemi di installazione e planimetrie dei locali, anche suddivisi per zone;
7. tabelle e diagrammi di coordinamento delle protezioni;
8. particolari costruttivi e dettagli di installazione.

In detti disegni devono essere comprese tutte le parti dell'impianto e dovranno essere specificati i tipi di tutti i materiali impiegati. Per i materiali e le apparecchiature non omologati a norma MMI dovranno essere forniti i relativi certificati di conformità e di *type approval* alle norme RINa/RINAMIL o di altro organo dell'IACS.

L'Esecutore, inoltre, dovrà produrre un documento, identificabile come "*Main Design Criteria* della rete elettrica", allo scopo di descrivere le scelte progettuali intraprese e guidare la lettura dello schema elettrico, al fine di evidenziare le possibili configurazioni della rete e ponendo l'attenzione sulla flessibilità dell'architettura proposta.

3.12.2. Bilancio elettrico

Il bilancio elettrico deve essere valutato includendo le condizioni di funzionamento dell'impianto a tale scopo ritenute più significative. In particolare, dovranno essere sempre valutate almeno le condizioni di Porto, Manovra con e senza propulsione elettrica, Navigazione Operativa e Combattimento. Dovranno inoltre essere incluse anche le andature più significative ai fini operativi in assetto di Navigazione e Combattimento, se ritenute influenti ai fini della determinazione del bilancio elettrico. Ciò implica la necessità di includere sempre un concreto numero di andature qualora sia presente la propulsione elettrica. Per Unità Navali con specifiche caratteristiche di impiego (p.e. cacciamine, di ricerca, di supporto,...) andranno presi in considerazione anche tutti gli assetti di impiego peculiare della Nave.

Il bilancio elettrico dovrà essere compilato in successive approssimazioni man mano che si sviluppa il progetto e la costruzione della Nave e deve essere aggiornato ogni volta che si verificano varianti significative a questo fine (a puro titolo di esempio: numero e/o potenza delle utenze; varianti all'utilizzo delle utenze nei diversi assetti dell'impianto; variazioni nella potenza assorbita dalla propulsione elettrica, ecc...).

Il bilancio elettrico dei servizi nave deve contenere almeno:

1. l'elenco di tutti gli utenti elettrici e delle rispettive potenze. Gli utenti vengono generalmente raggruppati per ESWBS;
2. l'attribuzione del rendimento e del fattore di carico;
3. l'individuazione degli assetti più significativi ai fini del bilancio energetico;
4. l'individuazione degli utenti in funzione nei vari assetti;
5. l'individuazione dei coefficienti di contemporaneità da attribuire agli utenti nei vari assetti.

La propulsione elettrica darà luogo a considerazioni a parte, le quali andranno però combinate con i risultati dell'analisi relativa all'assorbimento dei servizi nave nei vari assetti.

3.12.3. Documentazione tecnica relativa alle sub-forniture

Qualora ritenuto opportuno, i singoli contratti di acquisizione delle UU.NN potranno contenere la preventiva valutazione da parte di NAVARM e/o dell'Ufficio Tecnico Territoriale competente per la gestione del contratto Nave, delle specifiche tecniche relative agli ordini delle sub-forniture di impianti ed apparecchiature elettriche di

rilevante importanza. In questi casi, sarà valutata l'idoneità della fornitura a soddisfare il requisito alla base della sub-fornitura.

3.12.4. Certificazioni

Ad impianto ultimato, e quale condizione propedeutica all'accettazione da parte di MMI, dovranno essere fornite le certificazioni relative alla rispondenza alle norme applicabili sia relativamente all'impianto nel suo complesso, sia ai singoli componenti.

A puro titolo di esempio, si cita la certificazione sostitutiva della marcatura CE, le eventuali certificazioni RINA, l'attestato di conformità alla regola d'arte redatto a similitudine di quanto riportato nei modelli presenti nel DM del MISE del 19/05/2010 o successive modifiche/integrazioni.

3.13. Assicurazione della Qualità

Per tutte le attività di competenza del Cantiere afferenti all'impianto elettrico ed il suo sistema di comando e controllo (SACIE), dovrà essere operante presso il Cantiere stesso un Sistema di Assicurazione della Qualità Aziendale rispondente ai requisiti espressi dalla pubblicazione NATO AQAP-2100 *series* o dalla normativa ISO 9001:2015.

Negli ordini per le sub-forniture afferenti all'impianto elettrico ed il suo sistema di comando e controllo (SACIE) dovrà essere compresa apposita clausola che richieda al sub-fornitore l'applicazione di un Sistema di Assicurazione della Qualità Aziendale rispondente ai requisiti espressi dalle norme NATO o ISO pertinenti alla tipologia dei processi lavorativi applicati.

Ci si dovrà regolare allo stesso modo anche nel caso di modifiche o potenziamenti di impianti esistenti, qualora gli studi, il progetto o le lavorazioni vengano affidate a ditte esterne all'Amministrazione Difesa.

4. Requisiti generali delle apparecchiature e dei materiali

4.1. Scopo

Scopo del presente capitolo è quello di illustrare i requisiti generali che le apparecchiature e gli impianti elettrici da installare a bordo delle UUNN devono possedere.

4.2. Generalità

Tutti i macchinari, le apparecchiature ed i materiali costituenti l'impianto elettrico di bordo devono essere realizzati e costruiti a regola d'arte. Dovranno essere contrassegnati con il marchio CE e, se applicabile, IMQ; possono possedere la certificazione *type approval* del RINA o di altro organismo IACS o ancora essere omologati in base alle norme MMI.

La scelta di quale certificazione minima dovranno possedere i vari *items* verrà dettagliata nella singola SSTT.

Ogni singola apparecchiatura deve essere idonea per il funzionamento nelle varie condizioni ambientali (temperatura, vibrazione, urto ed inclinazione) che possono verificarsi a bordo delle Navi, con la minima manutenzione durante tutto il periodo in cui essa è installata a bordo. Essa deve mantenere un elevato livello di affidabilità anche dopo prolungati periodi di inattività.

Le principali caratteristiche delle apparecchiature elettriche ed accessori, che concorrono al soddisfacimento dei requisiti espressi al precedente § 3, sono:

1. massima sicurezza nel funzionamento;
2. minimo peso e spazio richiesto;
3. massima resistenza alle corrosioni, inclusa l'umidità salina;
4. massima semplicità e quindi il minor numero possibile di parti componenti;
5. massima affidabilità;
6. minimo costo di esercizio, di manutenzione ed approvvigionamento;
7. massima intercambiabilità delle parti componenti;
8. massima accessibilità per l'ispezione, manutenzione e riparazione;
9. facilità di riparazione da parte del personale di bordo, con il minimo impiego di utensili speciali;
10. facilità di identificazione delle parti per rendere semplice ed immediata la loro sostituzione e riparazione;
11. semplicità e facilità di condotta.

4.3. Grado di protezione degli involucri

I gradi minimi di protezione richiesti sono quelli previsti dal RINAMIL (Pt C, Ch 2, Sec 3). Il grado di protezione sarà inoltre scelto non solo in base alla protezione del personale dai contatti diretti (§ 3.12.2), ma anche in base alla necessità di continuità di servizio delle utenze di volta in volta esaminate e alle condizioni ambientali del luogo di installazione.

Valgono, pertanto, le seguenti prescrizioni aggiuntive:

1. gli involucri degli avviatori per utenze di potenza superiore ad 1 kW dovranno essere di materiale metallico resistente alla corrosione, o trattato in modo da renderlo adeguatamente resistente alla corrosione;
2. tutti gli involucri devono essere protetti contro l'intrusione di topi ed altri animali o insetti nocivi; le eventuali aperture devono essere dotate di una protezione con rete metallica con maglia di lato non superiore a 6mm;
3. gli involucri di macchine ed apparecchiature installate in luoghi ove possano liberarsi polveri, gas, vapori o liquidi nebulizzati suscettibili di bruciare o esplodere dovranno

- essere realizzati secondo quanto indicato nel § 3.10;
4. il grado di protezione minimo accettabile è IP23 (IP23 solo sulla parte superiore per i quadri elettrici principali);
 5. i quadri elettrici e tutte le altre apparecchiature con grado di protezione inferiore ad IP44, devono essere installate in locali dedicati esclusivamente ad apparecchiature elettriche o, ad apparecchiature che non necessitino di liquidi per il loro funzionamento, privi di attraversamenti di tubolature contenenti liquidi (di ogni tipo), a qualunque pressione, o gas infiammabili e/o elettroconduttivi;
 6. nei locali ove sono installati impianti antincendio ad acqua nebulizzata, impianti tipo *water mist* o *high fog* potrà essere valutata la necessità di installare componenti elettrici con gradi di protezione differenti da quelli prescritti dal registro RINAMIL, in funzione delle modalità di utilizzo degli impianti antincendio e delle caratteristiche dell'acqua erogata dagli stessi;
 7. il grado di protezione minimo sarà, comunque, IP56 per le utenze essenziali (come da definizione del § 2.3.36), installate nei locali AM, ausiliari, sui ponti scoperti ed in tutti i locali in cui è possibile una accidentale proiezione di liquidi.

Qualora non siano reperibili apparecchiature rispondenti ai requisiti richiesti o non sia costo/efficace impiegarle, possono essere accettati gradi di protezione più bassi, purché siano poste in opera sistemazioni atte a proteggere le apparecchiature elettriche dall'eventuale proiezione di liquidi. L'applicazione di tale deroga deve essere preventivamente sottoposta all'approvazione di NAVARM.

Gradi di protezione più elevati saranno adottati in presenza di particolari rischi da valutare volta per volta.

4.4. Resistenza all' urto ed alle vibrazioni ambientali

Le norme RINAMIL relative agli impianti elettrici forniscono i requisiti minimi esigibili per quanto riguarda la resistenza alle vibrazioni ambientali, da considerare in relazione alle apparecchiature.

Per quanto riguarda eventuali requisiti antiurto ovvero requisiti di resistenza alle vibrazioni ambientali più severi rispetto al RINAMIL, essi andranno di volta in volta inseriti nelle specifiche tecniche contrattuali, riportando le normative applicabili e, ove necessario, i limiti antiurto/antivibrazione richiesti ed il metodo di prova.

Si riporta di seguito un elenco di norme applicabili, nella versione più aggiornata, secondo necessità:

1. resistenza alle sollecitazioni d'urto: NAV-30-A001 "Norme per l'esecuzione delle prove d'urto su macchinari ed apparecchiature di bordo";
2. resistenza alle sollecitazioni d'urto: CEI EN 60068-2-27 "Prove ambientali fondamentali - Parte 2: Prova Ea e guida: Urti";
3. resistenza alle sollecitazioni d'urto: CEI EN 62262 "Gradi di protezione degli involucri per apparecchiature elettriche contro impatti meccanici esterni (Codice IK)";
4. vibrazioni ambientali: NAV-30-A002 "Norma per l'esecuzione di prove di vibrazioni meccaniche ambientali su macchinari ed apparecchiature di bordo";
5. vibrazioni ambientali: CEI EN 60068-2-6 "Prove ambientali - Parte 2: Prove - Prova Fc Vibrazioni (sinusoidali)".

4.5. Rumorosità in aria - Rumorosità strutturale

Se non diversamente specificato, il livello di pressione sonora delle apparecchiature non deve eccedere i limiti prescritti dalla norma MIL-STD-1474 grado B, nella versione più aggiornata.

Se non diversamente specificato il livello di rumore strutturale delle apparecchiature non deve eccedere i limiti prescritti dalla norma MIL-STD-740-2 tipo 3, nella versione più aggiornata.

4.6. Vibrazioni autoindotte

In merito alle vibrazioni autoindotte dei macchinari rotanti, le norme di riferimento sono la IEC 60034-14 e la MM60612.

In particolare, in funzione della potenza e del numero di giri dei motori, la seguente tabella identifica quale pubblicazione vada presa in considerazione.

Potenza nominale	<120rpm di velocità nominale	>120rpm di velocità nominale
< 500kW	MM 60612	IEC 60034-14
> 500kW	IEC 60034-14	IEC 60034-14

Tabella 2 – Norme per le vibrazioni autoindotte

Se non diversamente esplicitato nella SSTT, il grado vibratorio da prendere in considerazione sarà quello “A”.

Per i motori monofase dovrà essere rispettato quanto imposto dalla MM60612. Tale norma dovrà essere utilizzata anche per la verifica periodica del regime vibratorio autoindotto dei macchinari installati a bordo, indipendentemente dal loro n. di giri e dalla loro potenza.

Per i generatori accoppiati a motori endotermici alternativi, si dovrà fare riferimento per l’analisi delle vibrazioni alla ISO 8528-9, nella sua versione più aggiornata. Quale parametro di riferimento, se non diversamente indicato, dovrà essere preso il “value 1”; per sola facilità di utilizzo, si riporta sotto una tabella riassuntiva di quella contenuta nella norma (che rimane quella di riferimento).

Velocità motore primo [rpm]	kVA	Spostamento [mm]		Velocità [mm/s]		Accelerazione [m/s ²]	
		Value 1	Value 2	Value 1	Value 2	Value 1	Value 2
1300≤x<2000	> 250	0.32	0.45	20	28	13	18
720<x<1300	250≤x<1250	0.32	0.39	20	24	13	15
	> 1250	0.29	0.35	18	22	11	14

Tabella 3 – Limiti vibrazionali per i D/G

4.7. Definizione di materiale amagnetico

Quando nella costruzione di apparecchiature elettriche è richiesto l’impiego di materiali amagnetici (ad es., apparecchiature per Unità di C.M.M.), la permeabilità magnetica relativa (riferita a 50.000 nano tesla) deve essere non superiore a 1,2.

4.8. Schemi elettrici delle apparecchiature

I quadri elettrici, sottoquadri, auto e telecommutatori, avviatori, apparecchiature ausiliarie, ecc., devono essere dotati di schema elettrico redatto secondo le regole di simbologia della norma CEI EN 60617, sistemato all’interno del quadro in un’idonea tasca “portaschemi”. Sullo schema devono essere riportate le connessioni elettriche ed i componenti impiegati. Inoltre, i morsetti delle morsettiere devono essere identificati in modo chiaro e permanente utilizzando materiali resistenti all’abrasione.

4.9. Targhettatura delle apparecchiature elettriche

Le apparecchiature elettriche di bordo dovranno essere dotate di:

1. Targhetta del costruttore: targhetta fornita ed applicata dal fabbricante dell'apparecchiatura in conformità alla normativa CEI 61439-1;
2. Targhetta del Cantiere: applicato dal Cantiere di allestimento, riportante i dati di riconoscimento dell'apparecchiatura, secondo le prescrizioni indicate dalla NAV50-6145-0003-14-00B000, nella versione più aggiornata;
3. Marcatore di filo: Striscia o fascia di materiale adatto che porta l'identificazione del filo al quale è applicata, in tutti i casi prescritti dalla NAV50-6145-0003-14-00B000.

4.10. Colorazione degli indicatori luminosi e dei pulsanti

Per garantire uniformità nella realizzazione e facilità/sicurezza nell'impiego degli impianti da parte degli operatori, si riportano di seguito le indicazioni sulla colorazione degli indicatori luminosi e dei pulsanti installati sui quadri/avviatori.

L'impiego di luce intermittente dovrà essere limitato e con il solo scopo di attirare meglio l'attenzione degli operatori nei seguenti casi:

- richiedere un'azione immediata
- indicare una discordanza tra stato comandato e stato effettivo dell'apparecchiatura;
- indicare un cambiamento in corso (intermittenze durante il periodo di transizione).

Colore	Significato	Spiegazione	Utilizzi tipici
Rosso	Pericolo o allarme	Avvertimento di un pericolo potenziale o di una situazione che necessita un'azione immediata	- Temperature che oltrepassano i limiti di sicurezza specificati - Apparecchiatura di primaria importanza bloccata da un dispositivo di protezione
Giallo	Attenzione	Cambiamento o imminente cambiamento di condizioni	Valore diverso da un livello normale
Verde	Sicurezza	Indicazione di una condizione sicura o autorizzazione a procedere	- Controllo automatico in servizio - Macchina pronta per la messa in marcia
Blu	Significato specifico	Significato specifico non coperto dai tre colori sopra menzionati	- Presenza tensione - Indicazione di comando a distanza
Bianco	Neutro	Nessun significato specifico	

Tabella 4 – Colori degli indicatori luminosi

Colore	Significato	Utilizzi tipici
Rosso	- Azione in caso di emergenza - Arresto o disinserzione	- Arresto d'emergenza - Apertura di un interruttore - Attivazione di un dispositivo antincendio
Giallo	Intervento	Interventi per ripristinare condizioni anomale
Verde	Avviamento o inserzione	- Avviamento - Chiusura di un interruttore
Blu o Nero	Significato specifico	

Tabella 5 – Colori dei pulsanti

5. Requisiti di installazione

5.1. Scopo

Scopo del presente capitolo è quello di riportare i requisiti ed i vincoli installativi che dovranno essere rispettati in fase di allestimento dell'impianto elettrico dell'UUNN.

5.2. Generalità

Per l'installazione di tutti i componenti dell'impianto elettrico, il Cantiere deve eseguire un'analisi accurata allo scopo di adottare tutti gli accorgimenti possibili per conseguire i seguenti obiettivi:

1. massimo livello di sicurezza per il personale, tenendo conto, ove necessario, anche di quello non specialista che nei vari assetti operativi abbia necessità di azionare gli apparati;
2. corretta analisi dei rischi presenti nei singoli ambienti interessati all'installazione dell'impianto o di apparati elettrici, allo scopo di adottare le soluzioni tecniche più idonee per minimizzarli;
3. razionale utilizzo degli spazi disponibili nei vari locali di bordo, tenendo conto anche dello spazio necessario all'esecuzione di smontaggi per manutenzioni ordinarie e straordinarie;
4. minimizzazione di pesi e volumi;
5. assenza di interferenze con lo smontaggio di altri macchinari (ad esempio, lontano dalle porzioni di ponte/paratia destinati ad essere rimossi per l'installazione e lo smontaggio degli stessi);
6. ergonomia dei sistemi di manovra;
7. corretta analisi d'integrazione dei componenti elettrici sia all'interno dell'impianto elettrico, sia all'interno dell'ambiente di bordo.

5.3. Impianti ed apparecchiature nei depositi e locali maneggio munizioni

Andranno rispettate le prescrizioni già enunciate nel § 3.10 con l'aggiunta delle seguenti indicazioni:

1. all'interno di questi locali deve essere evitata la sistemazione di apparecchiature elettriche diverse da quelle necessarie per l'illuminazione, le comunicazioni interne ed i sensori o i dispositivi di segnalazione del sistema di sicurezza;
2. si deve evitare la sistemazione di prese;
3. la stesura dei cavi elettrici dovrà essere limitata a quelli di alimentazione/controllo delle utenze site nel medesimo locale; eventuali transiti di cavi saranno limitati a cablaggi non installabili alternativamente e comunque adeguatamente protetti.

Dovranno inoltre essere applicate le norme contenute nella NAV-70-1096-0001-13-00B000¹⁴ relativa all'allestimento dei depositi munizioni, nella edizione più aggiornata.

5.4. Sistemazioni in vicinanza di bussole magnetiche

L'installazione di apparecchiature elettriche nelle vicinanze delle bussole magnetiche deve essere di massima evitata.

Qualora il passaggio di corrente in apparecchiature elettriche dovesse influenzare le bussole, determinando una deviazione superiore ad $\frac{1}{4}$ di grado, si dovrà compensare il campo perturbatore mediante un circuito elettrico di compensazione incorporato nell'apparecchiatura.

¹⁴ Ovvero norma edita da questa D.T. che sostituisce/abroga tale NAV e tratta la medesima tematica.

I cavi in corrente continua devono essere sistemati in modo che i campi generati dalle due polarità si compensino senza influenzare la bussola.

5.5. Sistemazioni in vicinanza di tubolature e pompe

I macchinari e le apparecchiature elettriche devono possedere il corretto grado di IP (vds §4.3) che garantisca il loro corretto funzionamento anche nell'eventualità di venire esposti a getti e spruzzi provocati dal normale funzionamento o da guasti alle pompe, alle tubolature, alle valvole o ai raccordi/flange. Qualora non siano reperibili apparecchiature rispondenti a tali requisiti o non sia costo/efficace impiegarle, possono essere poste in opera sistemazioni atte a proteggere le apparecchiature elettriche dall'eventuale proiezione di liquidi. L'applicazione della deroga deve essere preventivamente sottoposta all'approvazione di NAVARM.

5.6. Sistemazioni in vicinanza di portelli o condotte di estrazione/ventilazione

Le apparecchiature elettriche ed i macchinari devono essere sistemati in modo tale da non essere interessati da spruzzi che possono entrare dai portelli, o da gocciolamenti d'acqua accumulata nelle condotte di estrazione/ventilazione. Qualora non sia possibile una diversa installazione, valgono le prescrizioni espresse nel precedente paragrafo (§5.5).

Gli impianti/apparecchiature elettriche dovranno essere posizionate lontano dagli scarichi degli estrattori. Qualora ciò non sia tecnicamente fattibile, comunque dovrà essere posta attenzione per il posizionamento in prossimità degli scarichi degli estrattori antideflagranti/antiscintillio o che asservono locali a rischio di esplosione. In questo particolare caso, infatti, anche se posti agli esterni, le apparecchiature elettriche dovranno rispondere ai dettami della NAV-70-6160-0006-14-01B000 ed. giugno 2004 e s.m.i.¹⁵, nella versione più aggiornata.

Per i medesimi motivi, la stessa norma deve essere applicata nella realizzazione degli impianti elettrici e nella scelta della componentistica da installare all'interno dei condotti degli E/estrattori (ad esempio, motori intubati).

5.7. Accorgimenti per ridurre la possibilità di danni meccanici o da allagamenti

Per ridurre al minimo la possibilità di guasti alle apparecchiature ed ai macchinari elettrici si dovranno seguire i seguenti accorgimenti:

1. gli avviatori dei motori elettrici ed i sottoquadri devono essere sistemati ad un'altezza adeguata sul ponte del locale. I loro morsetti e le parti attive non devono trovarsi ad un livello inferiore a quello dei morsetti o delle parti attive dei motori a cui sono associati;
2. i componenti degli impianti elettrici e le relative apparecchiature devono essere sistemati, per quanto possibile, con i morsetti e con le parti attive, ad un livello non inferiore alla soglia delle porte stagne di accesso ai locali in cui sono montati;
3. i componenti elettrici sistemati nei ponti più bassi della Nave, nei locali A.M., ecc. devono essere installati in posizione più elevata possibile rispetto al livello della sentina.

5.8. Collegamenti a massa su Navi con scafo metallico

Il collegamento a massa delle apparecchiature di bordo viene definito spesso come "messa a massa" ed è eseguito per:

1. realizzare la messa a terra di protezione e di funzionamento dei componenti di impianto;
2. garantire il soddisfacimento del requisito EMC di impianti e apparecchiature nel particolare ambiente elettromagnetico della Nave;

¹⁵ Ovvero norma edita da questa D.T. che sostituisce/abroga tale NAV e tratta la medesima tematica.

3. permettere il drenaggio delle cariche elettrostatiche.

Se nell'impianto elettrico sono presenti apparecchiature elettroniche occorrerà adottare prescrizioni aggiuntive nella realizzazione dei collegamenti a terra rispetto a quelle che, negli impianti privi di tali apparecchiature, permettono di ottenere un impianto conforme alla normativa.

I collegamenti a terra ai fini della sicurezza, infatti, potrebbero introdurre disturbi di natura condotta e radiata tali da compromettere il corretto funzionamento delle apparecchiature elettroniche. Il funzionamento di un'apparecchiatura elettronica/elettrica introduce correnti di dispersione nell'impianto che, in caso di interruzione del conduttore di messa a terra di protezione, potrebbero fluire attraverso il corpo della persona che accidentalmente si trovi in contatto con la massa dell'involucro.

Per quanto sopra, andranno rispettate le prescrizioni già indicate nel § 3.8 in merito alle tipologie di filtri e alla corrente di dispersione che inducono.

Inoltre, per le apparecchiature elettroniche, occorrerà predisporre un morsetto di terra privo di disturbi al quale andrà collegata la terra funzionale dell'apparecchiatura, ovvero il telaio e/o lo zero logico dell'apparato stesso. Il morsetto di terra privo di disturbi deve essere indipendente da quello di protezione, e deve essere collegato alla massa generale dello scafo con un collegamento indipendente. Nella predisposizione dei collegamenti per la messa a terra di protezione si deve adottare una delle seguenti soluzioni, in alternativa tra loro:

1. connessione di terra ad alta affidabilità;
2. sorveglianza del conduttore di protezione;
3. utilizzo di trasformatori (ad esclusione degli autotrasformatori).

Se l'apparecchiatura è di classe II, potrebbe essere comunque necessario, contrariamente a quanto indicato per gli altri tipi di apparecchiature, realizzare il collegamento a massa dell'involucro.

Uno degli scopi della realizzazione della rete di "massa", e dell'esecuzione delle relative connessioni, è l'implementazione della protezione dai contatti indiretti da parte del personale, ovvero nei confronti dei contatti con le masse degli apparecchi elettrici ed elettronici così come definite nel § 2.3.12, che vengono a trovarsi in tensione per danni all'isolamento principale delle apparecchiature.

Dal punto di vista della sicurezza, per gli impianti elettrici di bordo, i metodi principali da adottare per la realizzazione della connessione a massa di parti metalliche di componenti elettrici fissi e portatili e degli oggetti metallici con i quali le persone possono venire a contatto, sono indicati nel RINAMIL Pt C, Ch 2, Sec 12, ed in parte coincidono con le prescrizioni della CEI 64-8.

In linea generale le superfici metalliche più esterne di tutte le apparecchiature connesse ad un potenziale elettrico maggiore di 50 V (in alternata), dovranno essere messe a massa. In condizioni non ordinarie (vds. § 2.3.18) e per i locali ritenuti "luoghi conduttori ristretti" (vds § 2.3.19), le apparecchiature connesse ad un potenziale elettrico maggiore di 25 Vc.a. dovranno essere messe a massa¹⁶.

Per gli apparati di tipo SELV/PELV, la connessione a massa NON deve essere effettuata, così come indicato nella CEI 64-8 § 413.5 e già richiamato nella tabella del § 2.3.17.

Il collegamento a massa degli apparati e dei componenti dovrà avvenire a mezzo bandella di

¹⁶ È opportuno notare che, nel caso si renda necessario alimentare le apparecchiature in tali luoghi con tensione ≥ 25 V (per ragioni legati alla potenza richiesta dall'apparecchio), una soluzione adeguata è l'utilizzo di un trasformatore di isolamento (posto al di fuori del luogo conduttore ristretto) che alimenta un solo apparecchio di classe II.

massa. In casi particolari, per navi con scafo metallico, può essere adottata un collegamento realizzato attraverso lo stesso cavo di alimentazione dell'apparato (conduttore con sezione pari o maggiore di quello di alimentazione apparato, anche separato dal cavo con i conduttori di alimentazione e, in quest'ultimo caso, identificato con guaina giallo/verde).

La messa a terra delle apparecchiature elettriche ed elettroniche potrà realizzare/assolvere contemporaneamente le funzioni sia di massa elettrica o di protezione, sia di massa di funzionamento o di segnale, a patto che sia garantito il soddisfacimento del requisito EMC e venga rispettato quanto indicato nel § 3.6.

Dal punto di vista dei requisiti EMC i metodi di messa a massa si possono distinguere in tre classi:

Classe A: una connessione che viene stabilita unendo due superfici metalliche attraverso un processo di saldatura o brasatura;

Classe B: una connessione di 1 ohm (resistenza in corrente continua) o meno che viene stabilita fra la carcassa, il telaio o il rack dell'apparecchiatura ed il potenziale di massa come risultato dell'installazione di quell'apparecchiatura;

Classe C: una connessione che viene stabilita collegando due superfici metalliche con una bandella di massa.

Le bandelle adoperate per la messa a massa di segnale devono essere realizzate con un cavo flessibile di rame di lunghezza non superiore a 40 cm e con una sezione non inferiore a 6 mm².

I *rack* degli apparati, le strutture, le consolle ed altri grossi oggetti metallici che sono saldati a scafo sono da considerarsi estensioni dello scafo stesso e perciò risultano al potenziale di massa e pertanto, solo in questo caso, non andranno installate le bandelle di massa.

Lo schermo dei cavi, qualora presente, e l'eventuale condotto metallico in cui il cavo è posato, saranno messi a massa nei punti di attraversamento della conduttura tra area esterna ed area interna.

I componenti non facenti parte dell'impianto elettrico come maniglie, ringhiere e altri oggetti metallici dislocati sul ponte e su aree esterne devono essere collegati elettricamente con lo scafo o con le sovrastrutture metalliche della nave.

Gli eventuali involucri e supporti metallici di condutture con isolamento in Classe II, possono essere collegati a massa, anche se questa misura non è ritenuta necessaria ai fini della sicurezza del personale. Tale collegamento NON può essere eseguito se le apparecchiature di Classe II si trovano all'interno di un'area medica (§ 8.6.1)

Per l'esecuzione pratica dei collegamenti a massa, si devono seguire le seguenti indicazioni:

1. intorno ai fori dei perni di montaggio si deve togliere accuratamente la pittura ed il sudiciume per assicurare un effettivo contatto elettrico con la struttura metallica della Nave;
2. dopo che si sono stretti i perni di montaggio, le superfici di contatto a massa devono essere sigillate per evitare la penetrazione di umidità atmosferica;
3. tutte le connessioni di massa alla struttura dello scafo devono essere assicurate mediante viti o bulloni di ottone o altro materiale resistente alla corrosione di diametro non inferiore a 6 mm². Tali connessioni devono essere disposte in una posizione accessibile per le ispezioni (ad eccezione delle giunzioni di tipo miscelato o incapsulato);
4. le connessioni di massa devono essere realizzate in rame o con altro materiale con caratteristiche equivalenti relativamente alla conducibilità e alla resistenza alla corrosione, e devono essere installate e protette contro i danni meccanici e gli effetti della corrosione;

5. l'armatura e lo schermo metallico dei cavi elettrici devono essere collegati alla massa secondo la normativa RINAMIL (CED);
6. per le sezioni minime delle connessioni a massa si applicano i valori più cautelativi (cioè di sezione maggiore) tra quelli indicati nella norma CEI 64-8 parte 5a e quelli indicati nel RINAMIL Pt C Ch2 Sec 12.
7. sui conduttori di protezione non devono essere inseriti apparecchi di interruzione, ma possono esserlo dispositivi apribili mediante attrezzo ai fini delle prove;
8. se si usano dispositivi di controllo della continuità della messa a terra, i loro avvolgimenti non devono venire inseriti nei conduttori di protezione;
9. le masse dei componenti non devono costituire tratti del conduttore di protezione di altri componenti.

La scelta e l'installazione dei componenti dell'impianto di terra devono essere valutati in modo tale che:

1. il valore della resistenza di terra complessiva sia in accordo con le esigenze di protezione e di funzionamento dell'impianto elettrico;
2. l'efficienza dell'impianto di terra si mantenga inalterata nel tempo;
3. le correnti di guasto e di dispersione a terra possano essere sopportate senza danni, in particolare dal punto di vista delle sollecitazioni di natura termica, termomeccanica ed elettromeccanica;
4. i materiali abbiano adeguata solidità o adeguata protezione meccanica, tenuto conto delle influenze esterne.

Devono essere inoltre prese precauzioni per ridurre i danni che, per effetto elettrolitico, la configurazione dell'impianto di terra possa arrecare ad altre parti metalliche prossime al collegamento di equipotenzialità.

5.9. Reti di massa su Navi con scafo in vetroresina o in legno

La rete di massa generale di sicurezza deve essere progettata per assicurare un comune riferimento di potenziale, o di massa generale di sicurezza, alle apparecchiature ed agli impianti elettrici, elettromeccanici ed elettronici installati a bordo della Nave in quanto non è possibile impiegare per tale scopo lo scafo a causa del materiale impiegato nella sua costruzione (vetroresina o legno) che risulta isolante. A tale rete dovranno essere connesse tutte le strutture, infrastrutture, macchinari ed apparati appartenenti agli impianti di bordo e costruiti in materiale elettroconduttivo.

La rete di massa dovrà pertanto avere una struttura stellare a partire da almeno due piastre a scafo. Tali piastre dovranno essere interconnesse tra di loro ed installate sulla superficie esterna dello scafo, una per ogni lato della Nave, al di sotto della linea di galleggiamento. Le due piastre a scafo dovranno essere direttamente collegate al nodo delle masse da cui hanno origine i rami di massa. Ogni ramo è dedicato ad una zona elettrica della Nave e ad esso possono essere collegati altri rami di massa ancora secondo una struttura di tipo stellare.

La rete di massa può quindi essere ramificata secondo necessità, conservando però sempre una struttura di tipo stellare, fino al collegamento terminale agli apparati di bordo. I centri stella, da cui hanno origine i rami di massa sono fisicamente realizzati da unità dell'impianto chiamate nodi (nodi principali, nodi di raccolta, nodi secondari, nodi terminali).

La dimensione delle piastre e la sezione minima dei conduttori per le connessioni a massa devono essere conformi alla normativa CEI e RINAMIL.

5.10. Protezione dalle scariche atmosferiche.

Un dispositivo di protezione dalle scariche atmosferiche (parafulmine) deve essere previsto nei casi in cui è prescritto dalla norma IEC 60092-507 (navi con alberatura e/o scafo in materiale non elettroconduttore), che ne definiscono anche le caratteristiche.

6. Sistemi elettrici di generazione e conversione

6.1. Scopo

Scopo del presente capitolo è quello di indicare i requisiti minimi che devono possedere gli apparati di generazione e conversione da installare sulle UUNN.

6.2. Gruppi Generatori

In questo paragrafo verranno trattati i generatori di energia elettrica costituiti da una macchina sincrona (a magneti permanenti o con avvolgimenti rotorici) accoppiata ad un *prime mover*.

6.2.1. Requisiti generali

I gruppi generatori devono provvedere alla produzione dell'energia elettrica con le caratteristiche ed in quantità tali da soddisfare le esigenze del massimo carico Nave in tutti gli assetti previsti (vds §3.12.2).

I valori di tensione di generazione devono essere scelti tra quelli prescritti nel § 3.5.

I requisiti minimi esigibili per i gruppi generatori in AC e relativi ausiliari sono quelli indicati dalla normativa RINAMIL (Pt C, Ch 2, Sec 4). I generatori accoppiati a motori diesel devono inoltre essere conformi anche alle prescrizioni della norma CEI EN 60034-22.

I gruppi generatori saranno sottoposti alle prove secondo quanto riportato al §11 e seguenti.

I gruppi generatori possono essere tutti di uguale potenza o di potenze diverse. In generale sono gruppi concepiti per impiego generale; solo in casi particolari sono da considerarsi dedicati a particolari assetti o esigenze, quali il servizio in Porto o la Propulsione (nel caso di propulsione elettrica) o l'emergenza.

Il numero, il tipo e le caratteristiche dei generatori da installare a bordo di un'Unità Navale Militare devono essere scelti in modo da soddisfare i requisiti elencati nel precedente § 3.

I gruppi generatori devono essere opportunamente sistemati in modo da essere facilmente accessibili per le normali operazioni di ispezione, manutenzione e riparazione.

6.2.2. Tipologie di generatori

Secondo la natura del motore primo di azionamento, si hanno:

Diesel Generatori (D/G)	Generatore elettrico azionato da motore Diesel
Turbogas generatori (TG/G)	Generatore elettrico azionato da turbina a gas
Generatori Asse (G/A)	Generatore elettrico azionato dalla linea d'assi (tramite presa di moto sul riduttore o direttamente dall'asse). Le macchine utilizzate in questa modalità costituiscono anche il cd. <i>Power Take Off</i> (PTO)

Tabella 6 – Tipologie di generatori (classificazione *prime mover*)

Secondo la natura elettrica del generatore, si hanno:

Alternatori	Macchine elettriche atte a generare corrente alternata a frequenza fissa, normalmente in maniera conforme a quanto prescritto in 3.5. Sono quasi sempre costituite da macchine sincrone rotanti a giri fissi, ma possono essere anche composte da macchine sincrone, asincrone o a magneti permanenti accoppiate ad un convertitore di frequenza.
Generatori di corrente continua	Possono essere costituite da una macchina sincrona ovvero da una macchina a magneti permanenti, rotanti a velocità fissa o variabile. In ambedue i casi, la macchina rotante è accoppiata ad un convertitore AC/DC che funge o da semplice raddrizzatore o da raddrizzatore e regolatore di tensione. Il complesso macchina rotante + convertitore consente di erogare corrente continua regolata
Dinamo	Si tratta della tradizionale macchina elettrica idonea alla produzione di corrente continua regolata e dotata di spazzole e collettore

Tabella 7 – Tipologia del generatore (classificazione elettrica)

6.2.3. Funzionamento in parallelo

È richiesto il funzionamento in parallelo transitorio (limitato nel tempo) fra tutti i generatori di bordo, sia fra quelli facenti capo alla stessa centrale, sia fra quelli facenti capo a centrali diverse, durante le operazioni di cambio-macchina, a prescindere dal fatto che siano installati nello stesso locale. Il numero massimo di generatori che possono operare in parallelo stabile sarà limitato dal dimensionamento dei componenti della rete elettrica in relazione alle correnti di guasto massime sopportabili.

Tutti i generatori di bordo facenti parte della sorgente di energia principale (§ 2.3.24), indipendentemente dalla loro taglia, devono poter essere inseriti in rete in parallelo tramite il sistema di automazione (SACIE). È inoltre richiesto che tutti i suddetti generatori che si trovano nella condizione di parallelo stabile, laddove il sistema di automazione (SACIE) si renda indisponibile, siano in grado di permanere in tale configurazione.

I generatori comunque in parallelo dovranno operare, con un fattore di carico fra il 20% e il 100%, in regime stazionario, mantenendo una ripartizione del carico attivo e di quello reattivo proporzionale alle potenze nominali delle macchine e comunque una tolleranza massima pari al 10% della potenza nominale della macchina più piccola.

In aggiunta, l'inserzione in rete del parallelo di generatori dovrà essere possibile anche in manuale per le macchine attestata alla stessa centrale.

I generatori che svolgono la sola funzione di sorgente di energia di emergenza (§ 2.3.25) devono, invece, poter essere inseriti in rete in parallelo per il solo transitorio

di passaggio di carico senza blackout; NON è pertanto previsto il funzionamento continuativo di tali generatori in parallelo con le sorgenti di energia principale.

6.2.4. Tipo di costruzione

I generatori dovranno essere protetti da involucri con grado di protezione IP56, se non diversamente dettagliato in SSTT.

In deroga alla prescrizione di cui sopra, potranno essere ammessi involucri con grado di protezione IP56 fino al limite inferiore della tenuta dell'albero ed IP-44 per la parte rimanente.

I generatori dovranno essere almeno isolati in classe F con sovratemperature ammissibili della classe B.

I generatori dovranno essere adatti al funzionamento continuativo alla potenza nominale, nelle previste condizioni di installazione a bordo. In nessun caso potranno essere prese in considerazione condizioni meno severe di:

1. 45° C di temperatura ambiente;
2. 70% di umidità relativa.

I generatori dovranno essere dotati di scaldiglie che si dovranno inserire a macchina ferma e diseccitata, e non all'apertura dell'interruttore di macchina.

Il tipo di refrigerazione della macchina dovrà seguire il formalismo riportato nella IEC 60034-6 e dovrà essere del tipo IC81W:

- scambiatore di calore montato sulla macchina utilizzando un mezzo remoto;
- aria quale fluido primario di raffreddamento;
- autocircolazione del fluido primario dipende dalla velocità di rotazione della macchina principale;
- acqua quale fluido secondario.

Differenti tipo di raffreddamento dovranno essere sottoposti all'approvazione di questa Direzione.

Tutti i tipi di generatori dovranno essere *Marine Type*. Gli alternatori sincroni dovranno, inoltre, avere un'eccitazione di tipo *brushless*.

6.2.5. Organi di regolazione (Regolatori di giri e regolatori di tensione)

1. I regolatori di giri dei motori primi determinano la frequenza dell'energia erogata dagli alternatori e concorrono con i regolatori di tensione a mantenere costante la tensione dell'energia erogata dagli alternatori.

I Generatori asse erogano energia a frequenza variabile, in funzione dei giri della linea d'asse. La frequenza viene regolata dal *converter* cui il generatore asse è associato. Per essi, ovviamente, non ha significato parlare di regolazione dei giri del motore primo.

Come per i generatori asse, anche per i generatori di corrente continua, all'interno del campo di funzionamento ammesso, la regolazione dei giri è in genere ininfluenza sulle caratteristiche dell'energia in uscita.

2. I regolatori di tensione dei generatori hanno la funzione di mantenere la tensione ai morsetti del generatore costante e pari al valore nominale di rete (all'interno delle tolleranze ammesse), eventualmente aumentato per tener conto delle cadute di tensione.

Nei Generatori di corrente continua la regolazione di tensione può essere demandata alla macchina rotante se essa è sincrona, ovvero essere svolta dal convertitore AC/DC (§6.4.4), ovvero essere il risultato dell'azione combinata dei due.

Nei Generatori asse la regolazione della tensione dipende dalla tipologia del generatore stesso e del *converter* ad esso associato.

6.3. Sorgenti di energia di sicurezza e di supporto

6.3.1. Generalità

Le sorgenti di energia di sicurezza sono apparecchiature in grado di erogare energia elettrica anche in caso di fuori servizio di tutti i gruppi generatori principali.

Il loro servizio può essere:

- *Transitorio* (ms-sec), per gli scopi della *Power Quality of Energy*, ed in particolare per “proteggere” le apparecchiature con particolari standard di qualità dell’energia di alimentazione (cd. funzionalità *no-break*);
- *Limitato* nel tempo (pochi minuti-qualche ora) al fine di mantenere la continuità di servizio di alcune apparecchiature dedicate alla sicurezza nave quali ad esempio illuminazione, radio, servizio esaurimento, servizi medicali etc. (cd. *transitional source of energy* - vds. §2.3.25);
- *Puntuale* per “recuperare” la funzionalità di apparati particolari, quali lo starter dei *prime movers* dei generatori di energia elettrica (cd. “*recovery energy for start up*”)

L’utilizzo delle sorgenti di sicurezza ha lo scopo di garantire la continuità di servizio in condizioni NON normali di funzionamento, unitamente a quello di assicurare la *survivability* a bordo delle Unità della M.M..

Le sorgenti di energia di sicurezza tradizionali sono composte da batterie di accumuli elettrochimici e apparati di conversione e gestione dell’energia, cd. gruppi di continuità (UPS). Generalmente, tali sistemi sono preferibili in configurazione “centralizzata” in grado di asservire più utenze e posizionati in locali dedicati; la configurazione “distribuita” che prevede più piccoli UPS disposti in prossimità della singola utenza da alimentare è da evitare.

Le sorgenti di energia di supporto, invece, sono apparecchiature in grado di supportare la fornitura di energia dei generatori principali, e in alcuni particolari casi di sostituirsi ad essi per limitati periodi di tempo. Il caso più ricorrente è quello dell’efficientamento energetico dei generatori che si realizza attraverso un’opera di *peak shaving*, ovvero il surplus di energia richiesto dalle utenze (sia esso di breve o lunga durata) non viene erogato solo dai generatori, ma anche da altre forme di accumulo. Questa tipologia di sorgenti di energia è di taglia superiore a quella delle sorgenti di sicurezza.

Le sorgenti di energia di supporto sono costituite da *Energy Storage System* (ESS) composti da un *converter* (AC/DC o DC/DC) con un insieme di accumulo di varia tipologia (elettrochimico o non - *capacitors*, supercondensatori, *flywheel*).

Nel caso in cui si debba far ricorso a sorgenti di sicurezza di elevata potenza, l’impiego di ESS è da preferire a quello dei tradizionali UPS. Va però rimarcato come la loro configurazione costruttiva (sia dei *converter* che dei sistemi di

accumulo) è strettamente collegata con il compito da svolgere, ne deriva che gli ESS impiegati per funzioni di *peak shaving* non siano efficienti nell'utilizzo come *transitional source of energy*, e viceversa. Nel prosieguo di questo capitolo, quindi, si differenzieranno le configurazioni per energia di sicurezza e di supporto.

6.3.2. Batterie di accumuli elettrochimici

L'energia in corrente continua erogata dalle batterie può essere impiegata direttamente o convertita, tramite convertitori statici dedicati.

Le tecnologie attualmente utilizzate sono basate su celle:

- Al Piombo;
- Alcaline
- Al Litio (ioni di litio e altre tipologie)

Le batterie al Piombo vengono principalmente suddivise in base allo stato fisico dell'elettrolita:

- a. Ad acido libero o *flooded*: acido in forma liquida. In questo caso le batterie sono di tipo *standard* con tappi di rabbocco oppure di tipo "*maintenance free/senza manutenzione*";
- b. Al gel: acido sotto forma di sostanza gelatinosa. In questo caso le batterie sono di tipo sigillate oppure *Valve Regulated* dove una piccola valvola mantiene una leggera pressione positiva;
- c. *Absorbed Glass Mat* (AGM): l'acido è assorbito da fibra di vetro e il liquido in eccesso è trascurabile. In questo caso le batterie sono di tipo *Valve Regulated Lead-Acid* (VRLA).

Le batterie basate su celle con elettrolito alcalino o altro elettrolito non acido sono generalmente quelle al Nichel-cadmio e quelle al Nichel-idruri metallici. L'utilizzo delle batterie alcaline (Nichel-Cadmio) è tuttora limitato per i velivoli che ne richiedono l'utilizzo. Non è ammesso l'utilizzo di sorgenti di energia per le utenze di bordo basate sulla tecnologia al Nichel Cadmio.

Le batterie basate su celle al Litio sono suddivise in funzione della chimica del catodo. Quelle generalmente in commercio sono del tipo "agli ioni di Litio" (anodo LiC_6), al Cobalto Alluminio dette NCA (LiNiCoAlO_2), al Cobalto Manganese dette NCM ($\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$) e al Ferro Fosfato dette LFP (LiFePO_4).

Le batterie basate su celle al Litio di tipo NCM o LFP sono le uniche consentite per gli scopi di sorgenti di energia di sicurezza e/o di supporto. Dovrà comunque essere dimostrato che:

- le celle e la batteria siano state progettate e costruite in conformità alle IEC 62619 e alla 62620 (o successive modifiche);
- il relativo *Battery Monitoring System* (BMS) risponda alla IEC 60092-504 e alla IEC 61508 con una qualifica SIL almeno pari a 2;
- il cantiere di costruzione dell'Unità abbia eseguito e documentato un *risk assessment*, teso a valutare i rischi di esplosione, fuoco e sviluppo di gas nei locali che ospitano le batterie al Litio.

Tutte le tipologie di batterie sopramenzionate, inoltre, dovranno essere *type approval* dal RINA o altro organo facente parte dell'IACS.

Le batterie al Litio che impiegano una chimica differente dalla NCM e LFP dovranno essere sottoposte all'approvazione di questa D.T..

6.3.3. Sorgenti di energia di sicurezza (Gruppi di continuità)

La funzione di sorgente di energia di sicurezza è assicurata dai cosiddetti Gruppi di Continuità, ovvero apparecchiature elettriche statiche¹⁷ che hanno come funzione principale quella di costituire una sorgente di energia alternativa alla rete normale per determinati gruppi di utenti, nel caso in cui questa, per un qualunque motivo, venga meno.

Tale funzione può essere svolta da UPS o da ESS all'uopo progettati e realizzati, pertanto nel prosieguo del paragrafo i due termini saranno equivalenti.

Gli UPS sono dotati di batterie, la cui autonomia viene definita di volta in volta, in funzione delle specifiche esigenze. È possibile anche connettere carichi aventi esigenze di autonomia diverse allo stesso UPS. In questo caso, però, gli interruttori a monte delle linee dirette agli utenti devono essere corredati di dispositivi di temporizzazione convenientemente tarati. Deve essere sempre possibile bypassare, in condizioni di emergenza o di particolare utilizzo¹⁸, tali temporizzatori per garantire l'alimentazione di determinate utenze per un tempo superiore a quello stabilito in fase progettuale. Tale funzione di bypass deve poter essere eseguita da parte di un operatore in modo rapido e in sicurezza. In tale condizione sarà ammesso il decadimento prestazionale delle altre utenze.

Gli UPS, inoltre, hanno anche la funzione (per il tramite del doppio stadio di conversione AC/DC-DC/AC) di alimentare alcune utenze con particolare livelli di *Power Quality*¹⁹.

Le caratteristiche dell'energia in ingresso ed in uscita possono essere uguali o diverse (stessi valori di tensione e frequenza o valori differenti).

Un gruppo di continuità è essenzialmente costituito dalle seguenti sezioni:

1. una sezione che, ricevendo alimentazione dalla rete di bordo, funge da caricabatterie. Questa sezione può, a seconda dei casi, essere costituita da un caricabatterie AC/DC o DC/DC;
2. una o più sezioni di uscita, in serie alla prima sezione. Qualora l'energia in uscita sia in corrente alternata, si tratterà di inverter DC/AC (sezione inverter);
3. una batteria di accumulatori, in parallelo all'ingresso della sezione di uscita. A seconda della configurazione dell'UPS, può essere presente anche un commutatore, normalmente statico, ad intervento automatico tra l'UPS e la rete per l'alimentazione delle utenze.

Le sezioni di uscita possono essere più di una quando è necessario avere un UPS in grado di erogare su più linee energia con caratteristiche diverse. La configurazione delle sezioni può essere, in funzione delle diverse esigenze, semplice o ridondata.

A meno che non diversamente specificato, l'UPS deve essere galvanicamente isolato dalla rete a monte e da quella a valle.

Il quadro elettrico da cui sono alimentati gli utenti serviti dall'UPS può essere integrato nell'UPS stesso.

Le modalità di funzionamento possono essere essenzialmente due, a seconda delle specifiche esigenze degli utenti:

1. gli utenti sono normalmente alimentati dalla rete di bordo e l'UPS interviene

¹⁷ Sebbene esistano apparecchiature elettriche rotanti per accumulare energia, i loro utilizzo come sorgente di sicurezza non è consigliabile.

¹⁸ È questo il caso, ad esempio, di nave che sta compiendo le operazioni di messa in bacino

¹⁹ Ne è un esempio l'alimentazione dei relè elettronici degli interruttori.

automaticamente, mediante il commutatore di cui sopra, unicamente nel caso in cui si verifichi un *blackout* sulla rete stessa;

2. gli utenti sono sempre alimentati tramite UPS.

La modalità 1. è, ovviamente, riservata ai casi in cui ci sia compatibilità tra le caratteristiche dell'energia erogata dalla rete di bordo e le esigenze degli utenti. E' indispensabile garantire inoltre la compatibilità tra i tempi di commutazione e le esigenze degli utenti. Questa modalità, non gravando la rete delle perdite connesse al funzionamento dell'UPS, è da preferire tutte le volte in cui risulti applicabile.

La modalità 2. è, in linea di massima, riservata ai seguenti due sotto-casi:

- 2.1. le caratteristiche dell'energia erogata dalla rete di bordo sono incompatibili con quelle degli utenti. Questa situazione può verificarsi allorché tensione e frequenza siano differenti²⁰, oppure, pur essendo nominalmente identiche presentano vincoli di *Power Quality* differenti;
- 2.2. le esigenze dei carichi sono tali da non consentire la presenza di un commutatore (i.e.: non deve esserci alcuna commutazione, ma l'energia deve fluire verso i carichi senza soluzione di continuità, anche in caso di *blackout*).

A titolo di esempio per meglio illustrare il caso 2.1, si può citare l'eventualità in cui la rete nave garantisca l'erogazione di energia conforme alle norme RINAMIL, ma gli utenti esigano la rispondenza allo STANAG 1008.

In tutti i casi in cui è previsto il funzionamento secondo le modalità 2.2, dovrà essere presa in considerazione l'opportunità di ridondare adeguatamente l'intero UPS o parti di questo.

La modalità 2 di impiego è quella classica delle sorgenti di energia di supporto.

Se non diversamente specificato, i gruppi di continuità dovranno essere omologati dal RINA.

Le caratteristiche generali dei gruppi di continuità sono le seguenti:

1. La potenza del gruppo viene definita di volta in volta in funzione delle esigenze. Se non diversamente specificato per soddisfare requisiti particolari, su una singola classe di navi i gruppi saranno tutti identici tra loro, per facilità di gestione. Nel calcolo della potenza dovrà essere computato un adeguato margine di crescita, comunque non inferiore al 10% della potenza dei carichi connessi alla prima installazione.
2. Il gruppo prenderà alimentazione dalla rete nave (sistema IT), alla tensione e frequenza corrispondente. L'uscita avrà le stesse caratteristiche in termini di tipologia di sistema (IT). Le linee in uscita, alimentando carichi considerati vitali per definizione, saranno prive di interruttori differenziali.
3. Il gruppo deve prevedere una ridondanza interna che garantisca la sua funzionalità in caso di avaria di un componente principale (p.e. sarà composto almeno da 2 caricabatterie e 2 inverter). Una singola unità caricabatteria + inverter dovrà avere la potenza necessaria ad alimentare tutti i carichi connessi al gruppo stesso. Questa potenza è definita come la potenza del gruppo di cui al precedente punto 1.
4. Il gruppo batteria può essere singolo. L'autonomia alla massima potenza sarà definita in base alle specifiche esigenze, ma non sarà mai inferiore a:
 - 3 ore per utenze mediche/ospedaliere;

²⁰ In questo caso, l'UPS svolgerà la funzione aggiuntiva di dispositivo di conversione.

- 4 ore per sistemi automatici (rilievo incendio, sensori etc..) afferenti la *safety*;
 - 30 minuti per le altre utenze.
5. Il gruppo sarà galvanicamente isolato dalle reti a monte ed a valle tramite trasformatori (due in ingresso e due in uscita), di potenza tale da consentire ad un singolo trasformatore di garantire l'alimentazione di tutti i carichi connessi.
 6. Se necessario, l'UPS potrà essere dotato anche di raddrizzatori in uscita. Anch'essi dovranno essere ridondati e di potenza tale da consentire ad un singolo raddrizzatore di garantire l'alimentazione di tutti i carichi connessi, con un adeguato margine di sicurezza e di crescita (minimo 10%).
 7. Nella configurazione in cui le utenze saranno alimentate direttamente dalla rete nave, senza passare attraverso il sistema costituito dal gruppo di continuità (caricabatterie + inverter), in caso di *blackout*, la commutazione dalla linea normale a quella proveniente dagli inverter avverrà automaticamente, tramite un commutatore statico capace di compiere l'operazione in un tempo tale da non arrecare disturbo ai carichi alimentati.
 8. Le due unità che costituiscono il gruppo di continuità vero e proprio, possono lavorare in parallelo ovvero una alla volta con la seconda in stand-by, purché:
 - sia sempre evidente agli operatori, anche tramite SIASP, lo stato di funzionamento delle unità stesse, comprese quella/quelle in stand-by;
 - in caso di *blackout* e guasto all'unità in funzione, il passaggio a quella in *stand-by* avvenga in modo pressoché istantaneo, senza arrecare alcun disturbo ai carichi alimentati.
 9. Il gruppo sarà dotato di un *by-pass* manuale (eventualmente anche controllato da SIASP) per consentire di alimentare le utenze in caso di perdita di entrambi gli inverter e/o caricabatterie o di perdita del commutatore statico. Il *by-pass* manuale, subordinato alla compatibilità delle caratteristiche dell'energia in ingresso/uscita, consentirà inoltre di eseguire le operazioni di manutenzione del gruppo stesso senza privare di alimentazione gli utenti. Le due linee che alimentano la sbarra utenze del gruppo rispettivamente mediante il *by-pass* manuale e il commutatore statico saranno dotate di due interruttori indipendenti interbloccati in chiusura (chiusura contemporanea impedita). Questo allo scopo di eliminare qualunque “collo di bottiglia” nella catena di distribuzione dell'energia dalla rete Nave alle utenze.

6.3.4. Sorgenti di energia di supporto

Come già riportato nella parte introduttiva di questo capitolo, le sorgenti di energia di supporto non hanno la funzione di garantire l'alimentazione di determinate utenze in caso di avaria del sistema di generazione principale, ma anzi si interfacciano con questo per efficientarlo, coadiuvarlo o addirittura sostituirlo in determinate condizioni.

Per esplicitare tali funzioni sono utilizzati ESS che devono essere di volta in volta progettati e costruiti in base ai requisiti richiesti dalla Nave. L'impiego di tali sistemi, infatti, deve scaturire da uno studio di efficientamento che deve essere sottoposto al vaglio di NAVARM per la sua validazione.

A carattere generale si riportano alcune caratteristiche minime che tali sistemi dovranno garantire:

- Saranno differenti dagli ESS eventualmente impiegati quali sorgenti di energia di sicurezza poiché le due finalità sono differenti;
- Dovranno essere in grado di effettuare un *peak shaving*, a livello di distribuzione

principale, per quel che riguarda i carichi derivanti dalla propulsione elettrica e dei *main item* della Nave;

- In caso di distribuzione principale in CC, dovranno prevedere un DC/DC *converter* di interfaccia con la rete;
- Dovranno possedere un certificato di omologazione del RINA o di analogo Ente di Classifica.

6.3.5. Celle a combustibile

Per l'utilizzo delle celle a combustibile a bordo delle UU.NN. di superficie, ci si dovrà riferire alle prescrizioni del costruttore che dovranno essere preventivamente approvate da NAVARM.

6.4. Dispositivi di conversione diversi dagli UPS

6.4.1. Generalità

Per dispositivo di conversione si intende una qualunque macchine elettrica (statica o rotante) che consenta di variare la tensione e/o la frequenza tra ingresso ed uscita.

Le caratteristiche dell'energia in ingresso dovranno essere compatibili con la rete di bordo da cui traggono alimentazione. Le caratteristiche dell'energia in uscita saranno conformi alle prescrizioni relative alle apparecchiature alimentate. Pertanto, le caratteristiche dell'energia in ingresso/uscita potranno differire sia in termini nominali (tensione/ frequenza) sia sotto l'aspetto qualitativo.

Nel caso in cui le caratteristiche della qualità dell'energia in uscita siano più restrittive di quelle in ingresso, il dispositivo prende il nome di:

1. convertitore-stabilizzatore qualora siano diverse anche le caratteristiche nominali dell'energia;
2. stabilizzatore qualora siano le medesime e cambi unicamente la qualità.

A tutti i dispositivi di conversione si applicano le prescrizioni minime contenute nelle norme RINAMIL, con in più le precisazioni di volta in volta segnalate.

6.4.2. Trasformatori

In generale, i trasformatori dovranno essere a raffreddamento naturale in aria, isolati in classe F, con avvolgimenti protetti con speciali vernici contro l'umidità, i vapori d'olio ed il salino. Qualora per ragioni di potenza non sia sufficiente la refrigerazione naturale ad aria, si potranno utilizzare trasformatori a flusso d'aria forzato, a sua volta refrigerato ad acqua o trasformatori isolati in olio.

Fatta eccezione per i piccoli trasformatori di alimentazione delle reti ausiliarie a 24 V e 48 V AC e per i piccoli trasformatori che alimentano i circuiti ausiliari all'interno delle apparecchiature elettriche complesse (Quadri Principali, avviatori dei motori, ecc.), tutti i trasformatori di potenza impiegati a bordo dovranno essere trifase.

Immediatamente a valle di ciascun trasformatore dovrà essere previsto un quadro dal quale si irradierà la rete di distribuzione. Tranne i casi in cui tutta la rete nave sia alimentata tramite trasformatori, come in presenza di talune tipologie di impianti integrati di generazione per propulsione e servizi nave, la rete di distribuzione a valle del trasformatore avrà uno sviluppo fisico limitato (tipicamente all'interno di una singola zona elettrica), possibilmente relativo ad una tipologia di utenti ben definita o ad un ambiente fisico ben definito, e sarà del tipo radiale semplice (§ 7.3.1).

Qualora la rete di distribuzione sia di tipo complesso, come nel citato caso di propulsione elettrica, la sua topologia andrà valutata di volta in volta.

I cavi elettrici a monte e valle dovranno essere commisurati al massimo carico connettibile.

La potenza nominale in kVA dei trasformatori deve essere pari al carico totale connettibile, eventualmente corretto mediante opportuni fattori di utilizzo e di contemporaneità. Il computo del carico totale connettibile deve includere anche gli eventuali interruttori disponibili ed i margini di crescita (in assenza di prescrizioni particolari, assumere un margine di crescita del 10%). Particolare attenzione andrà posta nel dimensionare il trasformatore anche per l'alimentazione delle utenze essenziali; essendo prevista per loro la doppia alimentazione (§ 7.3.2) è necessario considerare il caso in cui queste vengono alimentate attraverso la linea di riserva. Le protezioni elettriche a monte ed a valle del trasformatore dovranno essere tarate sul carico effettivamente connesso, corretto mediante i fattori di utilizzo e di contemporaneità. Ciò significa che un aumento dei carichi connessi (ovviamente sempre all'interno del massimo carico connettibile) comporterà un adeguamento delle tarature.

I trasformatori che alimentano utenze vitali devono essere ridondati, a meno che non esista una ridondanza a livello di sistema adeguata (§7.3.2). Nel caso di trasformatori trifase su sistema IT, è possibile non ricorrere alla ridondanza fisica purché siano costituiti da tre trasformatori monofase connessi in banco trifase triangolo/triangolo. In caso di guasto sull'avvolgimento costituente una fase, dovrà essere garantito il funzionamento a triangolo aperto con l'esclusione della fase guasta. L'operazione di modifica delle connessioni tra fasi atta a garantire questo tipo di funzionamento potrà essere eseguita manualmente ma il trasformatore, per quanto tecnicamente praticabile, dovrà essere realizzato in maniera tale da consentirgli nel modo più semplice. La potenza dovrà essere tale da alimentare le utenze vitali/essenziali anche in questa modalità degradata.

Tutti i trasformatori di bordo operanti a frequenza inferiore a 100Hz, a prescindere dalla loro potenza nominale e dal loro impiego, dovranno essere a massima efficienza.

I trasformatori aventi un avvolgimento in MT, operanti a 50Hz o 60Hz, dovranno presentare perdite (a carico e a vuoto) non superiori a quanto riportato nel Regolamento Europeo n. 548/2014 del 21 maggio 2014 (e successive varianti)²¹. Quali valori di tolleranza per le misurazioni, se non definite espressamente nella SS.TT., andranno prese in considerazione quelle riportate nella tabella 1 del § 10 della IEC 60076-1 (nella sua versione più recente). La CEI EN 50588-1, nel § 6.2.2, riporta anche i limiti di potenza sonora che dovranno essere rispettati da questi trasformatori (da prendere in considerazione quelli relativi a AA₀) qualora più restrittivi di quanto riportato nel § 4.5 della presente NAV o se non diversamente richiesto nelle SS.TT..

In merito ai trasformatori aventi entrambi gli avvolgimenti in BT (monofase e trifase), non risultando invece presenti nel suddetto Regolamento indicazioni puntuali sul valore massimo di perdite²², pertanto dovranno garantire ad ogni modo un rendimento superiore al 96%. In merito alla potenza sonora, si rappresenta che per

²¹ Si evidenzia come i valori indicati nel Regolamento Europeo (cd. Regolamento di "Ecodesign") sono in linea con quanto riportato nella CEI EN 50588-1.

²² Come indicato all'articolo 7 dello stesso Regolamento, tale attività sarà oggetto del suo riesame.

questi trasformatori dovranno essere prese a riferimento le indicazioni di calcolo/verifica riportati nella IEC 60076-10 in modo da soddisfare i limiti imposti nel § 4.5 della presente NAV o quanto richiesto nelle SS.TT..

Tutti i trasformatori con potenza superiore a 25kVA dovranno essere equipaggiati con una targa riportante almeno i dati richiesti dal § 8.2 della IEC 60076-1 (nella sua versione più recente).

Le suddette prescrizioni costruttive dovranno essere applicate anche per tutti i filtri attivi e passivi.

6.4.3. Convertitori rotanti

I convertitori rotanti, noti anche come moto-generatori o roto-generatori, sono apparati composti da un motore primo elettrico e da un generatore impiegati per due scopi:

1. generare energia con caratteristiche in frequenza diverse da quelle della rete di bordo;
2. generare energia per utenti ad assorbimento impulsivo (tipicamente i radar ed i sonar), in modo da introdurre una separazione galvanica di tali utenti dalla rete, evitandole disturbi elettrici quali: cadute di tensione impulsive, distorsioni armoniche delle correnti di linea e, grazie alla loro inerzia, variazioni di frequenza transitorie.

Qualora ritenuto necessario, in funzione delle caratteristiche dell'energia in uscita rispetto a quella in ingresso, il motore del generatore può essere alimentato non direttamente dalla rete, ma tramite un *converter*.

I convertitori che alimentano utenze vitali/essenziali devono essere ridondati, a meno che non esista una ridondanza a livello di sistema, relativamente alle apparecchiature vitali/essenziali alimentate.

I motori elettrici dei gruppi dovranno rispondere alle prescrizioni di cui al successivo § 8.3.1.

I generatori dovranno essere isolati in classe F con sovratemperature ammissibili della classe B.

Dovrà essere prevista l'accessibilità in morsettiera di entrambe le estremità delle fasi dei generatori.

Dovrà essere possibile il funzionamento in sovraccarico, a cosfi 0,8, pari al 110%.

La scelta del loro utilizzo a bordo rispetto a quella dei convertitori statici è da limitare nel caso sia necessaria una separazione galvanica. Anche in questo caso, comunque, dovrà essere preferito l'uso di *Static Solide Transformer* (§ 6.4.5) per potenze superiori a 100 kVA.

6.4.4. Convertitori statici

Se non diversamente specificato, tutti i convertitori statici dovranno essere *type approved* RINa o di altro organismo IACS.

6.4.4.1. Raddrizzatori

Sono macchine statiche in grado di erogare energia in corrente continua a partire da una alimentazione a tensione alternata costante della rete di distribuzione.

Secondo le applicazioni, l'energia DC può essere erogata a “tensione costante” ovvero a “corrente costante” (ad esempio per la carica di batterie).

Un esempio particolare è l'utilizzo di raddrizzatori (*AC/DC converter*) per utilizzo di generatori sincroni a giri variabili che alimentano un bus in DC. In questo caso il rendimento del complesso macchina sincrona + raddrizzatore non dovrà essere inferiore al 0,94. Inoltre, stabilita la tensione nominale del DC bus (V_{dcn}) il valore di tensione in uscita del raddrizzatore dovrà essere contenuta nella banda $\pm 4\% V_{dcn}$. Infine, il *AC/DC converter* dovrà essere dimensionato in maniera tale da sostenere in caso di corto circuito, la corrente di corto circuito per un tempo tale da soddisfare la selettività del sistema elettrico.

Un altro esempio peculiare dell'impiego di *AC/DC converter* è quello dell'alimentazione di motori in CC. In questo caso, a parità di potenza, i raddrizzatori risultano più compatti/leggeri rispetto ad analoghi AC/AC drive. Il loro impiego, in ogni caso, va valutato in modo olistico, prendendo in considerazione anche il valore del rendimento, che spesso risulta essere inferiore.

6.4.4.2. DC/DC *converter* (convertitori di tensione in cc)

Sono apparecchiature statiche in grado di operare la trasformazione della tensione in corrente continua: a partire da un determinato valore di tensione continua in ingresso, il *DC/DC converter* è in grado di fornire un diverso valore di tensione continua in uscita.

I *DC/DC converter* differiscono per la tecnologia costruttiva e per le caratteristiche di funzionamento. Non è qui d'interesse trattare le diverse differenze tecnologiche, mentre dal punto di vista funzionale, ai nostri fini, si possono distinguere due tipologie:

1. convertitori a rapporto di trasformazione (conversione) costante;
2. convertitori a tensione d'uscita costante.

Nel primo caso la tensione in uscita rimane sempre proporzionale, secondo un rapporto prestabilito e fisso, a quella in ingresso; nel secondo caso, la tensione in uscita viene mantenuta costante a prescindere da quella in ingresso, cui è consentito oscillare all'interno di una banda di valori. In questo caso, ovviamente, il rapporto di conversione (trasformazione) varia.

Ambedue le tipologie possono essere unidirezionali o bidirezionali a seconda che il flusso d'energia sia consentito in un'unica direzione o in ambedue le direzioni.

I *DC/DC converter* sono attualmente impiegati per servizi particolari, quali l'interfaccia di sistemi di accumulo o per la regolazione di macchine elettriche in corrente continua. Per tale motivo non esistono valori unificati delle tensioni nominali in ingresso ed uscita, né *standard* che definiscano le tolleranze ammesse rispetto ai valori nominali ed i limiti estremi di funzionamento. I valori dell'intervallo di regolazione della tensione saranno determinati dal progettista/sistemista dell'impianto in funzione dello specifico utilizzo.

6.4.4.3. *Inverter*

Sono macchine statiche in grado di erogare corrente alternata a tensione e

frequenza costante o variabile, a partire da una sorgente di tensione a frequenza/tensione che può essere anche diversa da quella in uscita.

Un tipico utilizzo di inverter si trova all'interno degli UPS/ESS, per generare la tensione alternata in uscita a partire dalla batteria.

I Convertitori a frequenza/tensione di uscita variabile sono impiegati per il controllo della velocità di motori elettrici, nelle fasi di avviamento e a regime. L'utilizzo di questa tipologia di convertitori è pertanto esteso nel settore della propulsione elettrica.

6.4.5. Solid State Transformer (SST)

Il SST svolge la funzione di trasformare un livello di tensione DC in un altro livello di tensione DC interponendo un isolamento galvanico tra le due reti. Si compone di un convertitore DC/AC che ricava una tensione alternata a frequenza elevata da una tensione continua, un trasformatore ad alta frequenza ed in cascata ad esso un convertitore AC/DC che ricava nuovamente una tensione continua. Un SST funziona a frequenze dell'ordine da qualche kHz fino al centinaio di kHz, dipendentemente dalla potenza.

L'SST quale "trasformatore DC/DC" ha quali vantaggi:

- Isolamento galvanico tra reti che lo richiedono;
- Capacità di regolare e stabilizzare la tensione DC a valle contro variazioni di carico e variazioni di tensione d'ingresso;
- Integrazione con sistemi di Energy Storage;
- Riduzione pesi ed ingombri;
- Nessuna extra corrente di inserzione;
- Sostituto dell'equivalente "Rotoconverter".

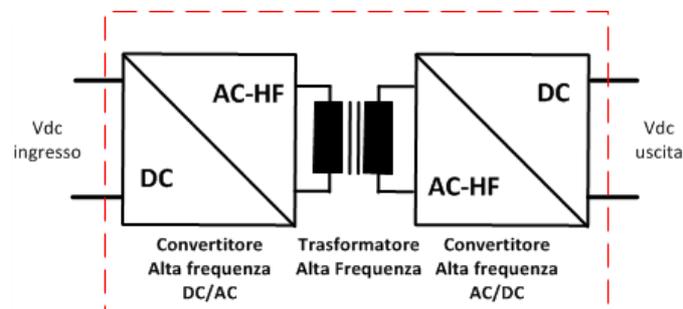


Fig. 3 – Configurazione DC/DC

Il SST può in generale esser utilizzato per alimentare utenze/porzioni di rete elettriche in AC o DC.

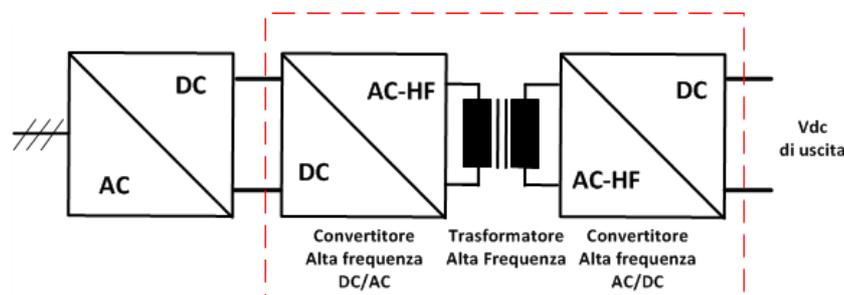


Fig. 4 – Configurazione AC/DC

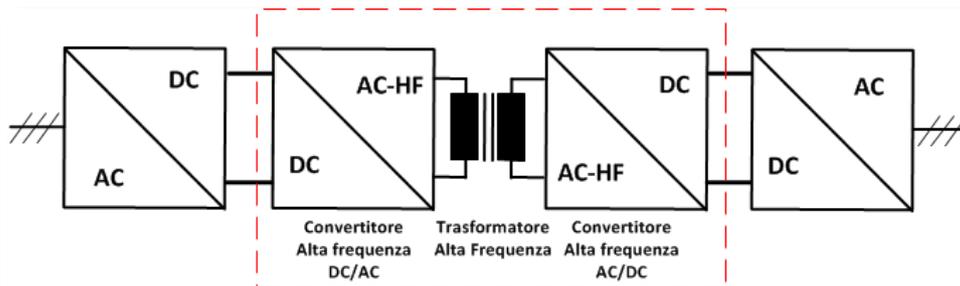


Fig. 5 - Configurazione AC/AC

Il loro utilizzo è da favorire in caso di reti cd. ibride, ossia composte da generazione e distribuzione primaria in AC e distribuzione secondaria in DC e AC. È, altresì, consigliato l'utilizzo di SST per:

- Interfaccia con *Energy Storage System* (ESS);
- Separazione galvanica per zone in DC;
- Interfaccia della rete della Piattaforma con quella del Sistema di Combattimento;
- Scopi di *Shore Connection*.

7. Sistema di distribuzione

7.1. Scopo

Scopo del presente capitolo è quello di indicare i sistemi di distribuzione utilizzabili a bordo UUNN descrivendone le peculiarità ed i limiti e indicando alle caratteristiche minime che i componenti di tale sistema devono possedere.

7.2. Generalità

I sistemi di distribuzione di una Unità vengono generalmente suddivisi in base alla tensione nominale di esercizio e alle utenze/sorgenti di energia ad esso collegate. Valgono quindi le definizioni riportate nel § 2.3.27, anche se questa è la tassonomia elettrica di una rete di bordo di tipo classico.

Recentemente sono utilizzate altre classificazioni (del tutto complementari), le quali sfruttano gli ultimi sviluppi tecnologici per catalogare i sistemi di distribuzione. Pertanto, possono essere utilizzati anche termini quali:

- IPS (§ 2.3.43) per riferire che la generazione elettrica si attesta sulla stessa rete di distribuzione dedicata per la propulsione della Unità e per il Sistema di Combattimento oltre che per i servizi nave;
- ad isole: per significare che la rete viene suddivisa in varie “isole” elettriche, più o meno indipendenti fra loro, in AC o DC;
- zonale: allorché la rete elettrica è suddivisa in più zone, collegate fra di loro con uno o più bus, ognuna con una propria fonte di energia e propri carichi.

Nei paragrafi che seguono verranno descritti unicamente i “classici” tipi di sistemi di distribuzione primaria e secondaria. Per quel che riguarda i sistemi di distribuzione più innovativi sarà descritto solo lo schema di distribuzione zonale.

7.3. Sistema di distribuzione primaria

Si definisce sistema di distribuzione primaria quel sistema che ha collegamenti diretti con la sorgente di energia elettrica principale.

I sistemi di distribuzione primaria in corrente alternata presentano la configurazione già indicata nel § 3.6.

In bassa tensione può essere utilizzato un sistema in corrente continua. Tale sistema sarà Bipolare con o senza resistenza a terra o con punto medio stabilmente a terra. Non è ammesso un sistema in c.c. unipolare con lo scafo utilizzato come ritorno.

Appartengono all'impianto di distribuzione primaria i quadri di distribuzione principali, i sottoquadri direttamente connessi e le relative linee elettriche ed accessori.

Il sistema di distribuzione primaria può essere configurato come segue:

1. a schema radiale semplice;
2. a schema radiale doppio;
3. ad anello (esercizio aperto o chiuso)
4. a “minicentrali” (isole elettriche) interconnesse.
5. a schema zonale

Si riporta che per garantire la continuità di alimentazione alle utenze vitali si debbano preferire schemi di distribuzione primaria radiali doppi o ad anello

7.3.1. Schema radiale semplice

L'impianto di distribuzione radiale semplice collega l'utilizzatore finale al quadro di distribuzione principale direttamente o tramite sottoquadri in cascata, mediante una singola linea elettrica.

Tale tipo d'impianto è adottato allorché le utenze elettriche non necessitano di una doppia linea di alimentazione (normale e di riserva), ovvero quando si ritiene sufficiente conferire la doppia alimentazione a livello di quadro principale (come nel caso della distribuzione all'interno di un'isola elettrica).

7.3.2. Schema radiale doppio

L'impianto di distribuzione radiale doppio è dato dalla combinazione di due schemi radiali semplici: gli utenti possono ricevere, tramite un commutatore (automatico), alimentazione da due diversi quadri principali. Le due linee a monte del commutatore vengono definite l'una "normale" e l'altra "riserva"; normalmente la linea normale è quella proveniente dal quadro più vicino. Tuttavia, le due linee devono essere perfettamente equivalenti dal punto di vista del dimensionamento elettrico, per cui l'utente finale può ricevere per un tempo indefinito e senza alcuna limitazione alimentazione indifferentemente da una qualunque delle due. Inoltre, le due linee devono giacere su percorsi quanto più possibile lontani tra loro, confluendo unicamente in corrispondenza del dispositivo di commutazione.

Per quanto esposto, va da sé che uno schema radiale doppio può essere realizzato solo disponendo di almeno due quadri elettrici principali, ciascuno in grado di alimentare da solo la totalità delle utenze confluenti (linee normali più linee di riserva) per un tempo indefinito, senza limitazioni di sorta.

Se il quadro elettrico principale è parte di una centrale elettrica, deve essere dotato di almeno un collegamento diretto verso un'altra centrale.

Gli utenti possono essere alimentati direttamente o tramite sottoquadri. Questa seconda configurazione è da preferirsi sempre, a meno dell'esistenza di esigenze specifiche (es. propulsione elettrica, utenze di elevata potenza). La configurazione tipica di una rete radiale doppia per un'unità MMI è caratterizzata da:

1. assenza di utenze alimentate direttamente dai quadri elettrici principali;
2. tutte le utenze alimentate tramite sottoquadri (denominati Centri di Carico o SSB);
3. ogni sottoquadro che alimenta utenze vitali/essenziali è dotato, tramite commutatore, di doppia linea di alimentazione direttamente da due quadri elettrici principali. L'alimentazione può essere fornita da una sola linea alla volta;
4. ogni centro di carico alimenta, direttamente o tramite ulteriori sottoquadri, gli utenti.

Normalmente la rete radiale doppia viene associata alla distribuzione elettrica a zone (vedi definizione nel successivo paragrafo 7.3.5), per cui le utenze comprese in una determinata zona sono alimentate unicamente tramite uno o più Centri di Carico dedicati, che devono essere posizionati in maniera baricentrica rispetto alle utenze stesse.

In tutti i casi (distribuzione a zone o per servizi), è bene tener presente che a partire dal Centro di Carico dotato di commutatore, la linea in uscita diretta all'utente finale è singola. Considerazioni di vulnerabilità in relazione alle diverse ipotesi di danno (incendio/allagamento, sia dovuto a cause interne che esterne quali un colpo a bordo) andranno fatte tenendo presente questo fatto, cercando il miglior punto di equilibrio tra due esigenze contrapposte.

Spostando i Centri di Carico verso le utenze si riduce la lunghezza della linea singola tra le utenze stesse ed il centro di carico, aumentando quindi la probabilità di garantire le alimentazioni a parità di estensione del danno. D'altra parte, spostare i Centri di Carico verso le utenze significa implicitamente aumentare il numero dei Centri di Carico e, quindi, delle zone elettriche, riducendone l'estensione. Anche questo contribuisce in maniera significativa a migliorare la capacità del sistema di distribuzione di garantire alimentazione alle utenze in caso di danno, ma lo spostamento dei Centri di Carico verso le utenze, l'aumento del numero dei centri di carico e l'aumento delle lunghezze delle doppie linee di alimentazione comporta un aumento della complessità dell'impianto, dei suoi pesi e volumi e, in ultima analisi, dei costi di acquisizione e gestione.

In relazione alla probabilità di guasto, invece, la lunghezza della linea singola ha minore importanza, mentre assume rilievo la complessità dell'impianto, che la influenza negativamente. Anche analizzando la configurazione del sistema sotto questo profilo, pertanto, sarà necessario valutare pro e contro, cercando un punto di equilibrio. In linea di massima, la semplicità dovrebbe essere premiante.

7.3.3. Schema ad anello (esercito aperto o chiuso)

Allorquando una Unità richieda esigenze di continuità di servizio e di compattezza di un impianto, lo schema ad anello (esercito normalmente aperto o chiuso) è una soluzione che fornisce indiscussi vantaggi. In esso i generatori sono connessi alla rete di distribuzione primaria, ognuno per una propria sezione di centrale, e le centrali possono essere collegate fra loro:

- Tramite un solo congiuntore di sbarre di centrale normalmente chiuso;
- Tramite due congiuntori di sbarre di centrale normalmente chiuso.

In questa configurazione la rete elettrica presenta i seguenti vantaggi:

- Il dimensionamento (*rating*) in potenza delle macchine elettriche porta a poter scegliere generatori di minore taglia (risparmio costi e ingombri);
- A parità di dimensionamento dei generatori (rispetto ad una configurazione su centrali separate) il numero di ore di funzionamento dei genset diminuisce, in quanto viene meno l'esigenza di esercire diversi generatori con bassi carichi di funzionamento;
- La rete elettrica secondaria viene "alleggerita" di numerose linee di riserva;
- Viene assicurata una elevata affidabilità e *dependability* del sistema elettrico senza ricorrere alla ridondanza degli apparati.

Inoltre, la configurazione ad anello offre il vantaggio di attestare alla rete di distribuzione principale numerose utenze che per potenza/continuità di servizio sono rilevanti per il funzionamento delle Unità. Il riferimento, in particolare, è relativo ai Motori Elettrici di propulsione e relativi sistemi, Thruster e relativi sistemi, Gru, elevatori e utenze per il carico e relativi sistemi, nonché le utenze del Sistema di Combattimento.

Le configurazioni di anello esercito aperto o chiuso differiranno, oltre per dimensionamento dei congiuntori di centrali e relative linee, anche per la tecnica utilizzata per la selettività (amperometrica-cronometrica e/o direzionale). La capacità di rilevare con precisione la porzione di impianto in cui si è verificato il guasto, infatti, è fondamentale per garantire la corretta operatività della distribuzione ad anello.

La soluzione ad anello può adattarsi sia a sistemi primari AC che DC.

7.3.4. Schemi per minicentrali interconnesse

Il sistema di generazione è basato su “minicentrali”. La minicentrale è costituita da un unico generatore attestato ad un unico quadro. Ogni minicentrale alimenta, direttamente o tramite sottoquadri, utenti confinati in una porzione fisica di nave ben precisa (zona elettrica) mediante un sistema radiale semplice.

L'insieme costituito dalla minicentrale e dalla zona elettrica alimentata prende il nome di “isola elettrica”.

Le minicentrali devono essere collegate tra loro. Questo collegamento viene realizzato mediante quadri di appoggio, i quali possono svolgere unicamente funzione di collegamento tra centrali o anche di distribuzione ad altre zone elettriche.

La configurazione del collegamento tra le minicentrali può essere varia, ma le soluzioni tipiche sono: collegamento dei quadri di appoggio e ad anello.

Il/i quadri di appoggio costituiscono nodi dai quale si dipartono i collegamenti verso le altre centrali. In questo caso, il quadro di appoggio viene utilizzato anche per la distribuzione alle utenze di una zona elettrica.

Le zone elettriche, oltre che tramite le minicentrali ed i quadri di appoggio, possono essere alimentate da quadri di distribuzione connessi ai quadri di appoggio.

Di seguito, a titolo di esempio, uno schema di distribuzione principale con minicentrali connesse ad un quadro di appoggio (QDN).

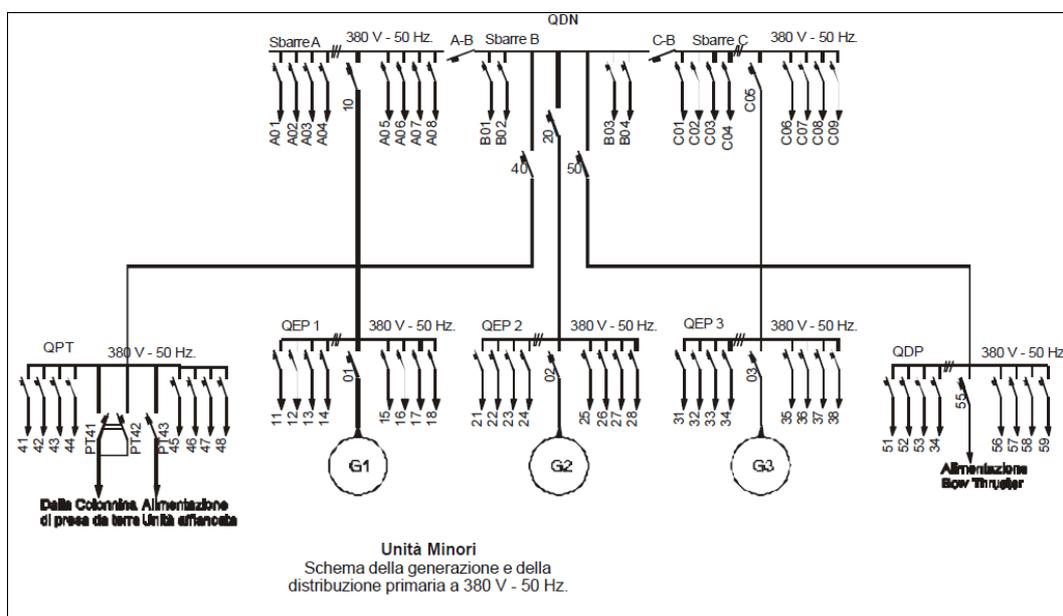


Fig. 6 - Distribuzione a minicentrali collegate a quadro di appoggio

In tutti i casi (zone alimentate dalle minicentrali, dai quadri di appoggio o da quadri connessi a quelli di appoggio), la distribuzione all'interno della zona elettrica è del tipo radiale semplice. La doppia alimentazione è conferita a livello di quadro di centrale (sempre) o di quadro di distribuzione (opzionale).

L'utilizzo di questo schema di distribuzione trova utile impiego nei seguenti casi:

1. quando si vuole parcellizzare al massimo la generazione;
2. quando è accettabile la realizzazione di zone elettriche estese;
3. quando è prevista l'installazione di un numero dispari di generatori;

La distribuzione secondaria avviene sempre secondo uno schema radiale, semplice o doppio, per i quali valgono le prescrizioni riportate sopra relativamente ai sistemi di distribuzione primaria.

L'alimentazione degli utenti vitali mantiene una configurazione IT come il sistema di distribuzione primario con le prescrizioni già riportate nel § 3.6

7.4.1. Alimentazione di utenti non vitali a 400/230/115V a 50/60Hz.

Le presenti prescrizioni devono essere adottate per i sistemi di distribuzione dell'energia elettrica a 400 Volt 50Hz trifase, 230 Volt 50Hz trifase, 230 Volt 50Hz monofase/bifase e 115 Volt 60Hz monofase/bifase necessari per l'alimentazione delle utenze non vitali.

Il sistema di distribuzione dovrà essere del tipo TT con le precisazioni riportate di seguito. Inoltre, per ogni locale Nave (compresi camerini, bagni ...), sarà separato da quello utilizzato per l'illuminazione (riportato nel Capitolo 9).

Le utenze interessate sono in generale tutte quelle non vitali installate nei locali elencati di seguito:

1. locali di vita (camerini, locali igienici, quadrati, mense);
2. segreterie;
3. cucine, locali preparazione viveri, distributori, forni;
4. officine;
5. lavanderie e stirerie;
6. locali medici, ove non diversamente prescritto da norme specifiche;
7. in generale, tutte le prese a 400/230/115V installate in qualunque locale nave (inclusi quelli operativi) per l'alimentazione di utenze non vitali di tipo commerciale (utensili, pulitrici, computer e relativi accessori, dispositivi audio/video, ecc...).

L'elenco di cui sopra deve intendersi come esemplificativo e non esaustivo delle possibili applicazioni. Si rimarca la necessità che le presenti prescrizioni vadano applicate ad utenze non vitali. Si riportano di seguito le prescrizioni di dettaglio²³:

1. Le alimentazioni a 400 V trifase e 230/115 V monofase/bifase dovranno essere ottenute, per ogni zona elettrica della Nave ed all'interno della stessa, a mezzo di trasformatori trifasi:
 - 1.1. $xV^{24}/400V$ trifase, collegati a triangolo (primario)/stella (secondario) con centro stella vincolato alla massa dello scafo. La distribuzione a partire dal secondario potrà essere a 4 conduttori (3f + n) o a tre conduttori (3f) in relazione alle specifiche esigenze delle apparecchiature da alimentare;
 - 1.2. $xV^{24}/230V$ o $xV^{24}/115V$ trifase collegati a triangolo (primario)/stella (secondario) con centro stella vincolato alla massa dello scafo. La distribuzione a partire dal secondario potrà essere a 4 conduttori (3f + n) o a tre conduttori (3f) in relazione alle specifiche esigenze delle apparecchiature da alimentare;
2. nel caso 1.1. le uscite delle tre fasi e del neutro dal secondario dei trasformatori dovranno attestarsi a quadri di distribuzione da cui potranno essere derivati direttamente gli utenti forza trifasi a 400V, gli utenti monofase a 230V (fase + neutro) e le alimentazioni trifasi (eventualmente + neutro) per i sottoquadri forza

²³ Ove di seguito appare l'indicazione "massa dello scafo", è da intendersi per le Navi a scafo non metallico quanto riportato al § 5.9

²⁴ Dove per "x" deve intendersi la tensione trifase disponibile per alimentare il trasformatore. Per ogni classe di UU.NN. si dovrà scegliere quale delle due possibili soluzioni adottare.

- in cascata. Gli utenti forza trifase e gli utenti monofase saranno alimentati tramite linee protette da adeguati interruttori automatici magnetotermici e differenziali;
3. nel caso 1.2. le uscite delle tre fasi dal secondario dei trasformatori dovranno attestarsi a quadri di distribuzione da cui potranno essere derivati direttamente gli utenti bifase a 230V ovvero le alimentazioni trifasi per i sottoquadri in cascata. Gli utenti saranno alimentati tramite linee protette da adeguati interruttori automatici magnetotermici e differenziali;
 4. sia nel caso 1.1. che nel caso 1.2., l'uscita del trasformatore ($3f + N$ ovvero $3f$) dovrà attestarsi ad un centralino tramite un interruttore automatico magnetotermico (tetrapolare o tripolare) con taratura idonea a proteggere il trasformatore da sovraccarico in tutte le possibili condizioni di funzionamento. Dovrà essere inoltre previsto un elemento differenziale di sensibilità idonea a realizzare la selettività coi dispositivi differenziali posti a protezione dei singoli utenti di cui al punto 6.;
 5. la sensibilità dei dispositivi differenziali posti sulle linee dirette agli utenti finali dovrà essere, in tutti i casi in cui sarà tecnicamente possibile, massimo di 30 mA²⁵. È ammessa una taratura superiore a tale valore solo per gli interruttori differenziali che alimentano sottoquadri in modo da garantire la selettività di intervento;
 6. gli utenti monofasi/bifase saranno derivati dai centralini piccola forza in modo da bilanciare i carichi sui secondari dei trasformatori;
 7. le utenze possono essere derivate tramite prese o essere alimentate direttamente in morsettiera, a seconda dei casi;
 8. le utenze a 230/115V monofase/bifase ubicate all'interno di un locale, incluse le prese, debbono essere sempre prelevate dalla stessa fase o, nel caso bifase, dalla stessa coppia di fasi;
 9. quando all'interno di un locale debbano essere installate utenze a 230/115V alimentate da fasi/coppie di fasi differenti, queste debbono essere poste ad una distanza superiore ai due metri;
 10. le prese di corrente a 230/115V e le eventuali prese a 400V debbono essere di tipo commerciale unificato conforme alla IEC 60309 e di forma/tipologia tale da non poter generare confusione/errata connessione a tensioni e/o frequenze differenti da quelle previste; il grado di protezione dovrà essere adeguato al luogo in cui vengono installate, fatti salvi i valori minimi prescritti dalle norme RINAMIL;
 11. in generale i materiali ed i componenti impiegati per la realizzazione dei sistemi in parola, esclusi i cavi elettrici per i quali valgono le prescrizioni dettate nel § 7.6, saranno di tipo commerciale e non dovranno rispondere ad alcuna norma antiurto. Dovranno però obbligatoriamente rispondere alle norme CEI/RINA applicabili ed essere contrassegnati coi marchi CE ed IMQ. Ove richiesto, dovranno essere omologati RINA. I materiali, per quanto tecnicamente perseguibile, dovranno essere del tipo non propagante la fiamma ed a bassa emissione di fumi tossici.

Nel caso in cui si prediliga per l'alimentazione di utenti non vitali a 400/230/115V a 50/60Hz, in luogo del sistema TT prima esposto, il sistema TN, questo dovrà essere del tipo TN-S e non TN-C. Inoltre, nel caso si utilizzi un conduttore identificato con

²⁵ Si ritiene utile sottolineare in questa sede che il valore di intervento dei sistemi differenziali è previsto dalla norma CEI 64-8 per impianti "terrestri". La configurazione delle UU.NN., in cui il riferimento equipotenziale (la c.d. terra) è costituito dallo scafo in ferro (o dalla rete di massa per le Navi con scafo in materiale composito) e tutti gli involucri metallici sono ad esso connessi attraverso le connessioni di massa, garantisce valori di resistenza di terra inferiori ai valori medi rilevabili negli impianti terrestri. Ne deriva che una corrente inferiore ai 30mA comporta tensioni di contatto inferiori al valore di sicurezza.

guaina giallo/verde dello stesso cavo di alimentazione dell'apparato per la connessione a massa degli involucri (§ 5.8), devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- la sezione del conduttore di massa dovrà essere pari o maggiore di quello di alimentazione dell'apparato;
- al conduttore dovranno essere connessi gli involucri dei soli apparati alimentati dallo stesso interruttore differenziale;
- non potrà essere utilizzato lo stesso conduttore per collegare apparati alimentati da differenti interruttori differenziali;
- il conduttore non dovrà essere collegato a scafo, ma direttamente collegato al centro stella del trasformatore/sorgente di energia che alimenta le utenze²⁶;
- in nessun caso dovrà essere utilizzato un sistema "misto" TN e TT, ovvero non si potrà utilizzare in modo alternativo il conduttore PE o lo scafo della nave come conduttore di protezione.

Quanto sopra con la finalità di garantire l'efficacia delle protezioni da contatti indiretti permettendo di identificare in modo chiaro e univoco il circuito elettrico che si instaura in caso di guasto.

7.4.2. Alimentazione in luoghi in condizioni non ordinarie

Come già riportato nel § 2.3.15, si identificano quali luoghi in condizioni non ordinarie tutti quelli in cui esistono condizioni che possano ridurre il valore di resistenza verso terra della persona e specificatamente dove vi possono essere ristagni d'acqua. Ne sono un esempio non esaustivo²⁷: i locali igienici (e docce), i locali nei pressi bacini allagabili, i locali di vestizione/svestizione degli operatori subacquei e le zone di ricovero imbarcazioni. Come già detto i valori di tensione di sicurezza in questi locali scendono a 25 Vc.a. valore efficace in corrente alternata e 60V in corrente continua. Pertanto, devono valere le seguenti prescrizioni:

- tutti gli involucri di apparecchiature alimentate a tensioni superiori a quella di sicurezza (25Vc.a., 60Vc.c.) devono essere collegati a massa;
- il grado di IP degli involucri, oltre a rispettare quanto riportato nel § 4.3, dovrà essere adeguato anche prendendo in considerazione le condizioni più critiche/gravose (spruzzi, getti d'acqua accidentali anche violenti, vapore/elevata umidità dell'aria);
- il numero di prese a spina dovrà essere limitato al minimo e queste dovranno essere di tipo SELV/PELV o comunque alimentate attraverso dedicati trasformatori di sicurezza o di isolamento (con secondario a tensione massima di 230Vc.a.) privi di messa a massa del secondario;
- le suddette prese dovranno avere, in funzione del livello di tensione, una configurazione fisica e cromatica in conformità alla CEI 60309, così da impedire connessione fra apparecchiature e prese a livelli di tensioni differenti;
- le apparecchiature mobili²⁸ da utilizzare in tali spazi dovranno essere

²⁶ Per effettuare tale collegamento è possibile utilizzare un idoneo morsetto posto all'interno del trasformatore/sorgente di energia o del quadro posto subito a valle. In quest'ultima configurazione, tale punto di collegamento deve trovarsi nelle immediate vicinanze del trasformatore/sorgente di energia.

²⁷ Sarà cura del Cantiere effettuata la valutazione del rischio nei vari locali di bordo, identificarne altri non inclusi nell'elenco.

²⁸ Un dispositivo è definito mobile quando può essere facilmente spostato (peso <18 kg) dall'utente per il suo funzionamento mentre è collegato al circuito di alimentazione.

obbligatoriamente alimentate dalle prese a spina di cui al punto precedente ed essere di Classe II (§ 2.3.9).

7.4.3. Alimentazione delle prese nei locali AM ed ausiliari.

Per quanto definito nel § 2.3.15, la parte più bassa dei locali AM e dei locali ausiliari dovrà essere considerata come ambiente in condizioni particolari (non ordinarie), in quanto a diretto contatto con le sentine.

Per questo motivo valgono le seguenti prescrizioni:

- Tutti gli involucri di apparecchiature alimentate a tensioni superiori a quella di sicurezza (25Vc.a., 60Vc.c.) posti fino ad 1.5m al di sopra del piano del pagliolato devono essere collegati a massa;
- Il numero di prese a spina poste fino ad 1.5m al di sopra del piano del pagliolato dovrà essere limitato al minimo e queste dovranno essere di tipo SELV/PELV o comunque alimentate attraverso dedicati trasformatori di sicurezza privi di messa a massa del secondario;
- le suddette prese dovranno avere, in funzione del livello di tensione, una configurazione fisica e cromatica in conformità alla CEI 60309, così da impedire connessione fra apparecchiature e prese a livelli di tensioni differenti;
- Le apparecchiature mobili da utilizzare in tali spazi dovranno essere obbligatoriamente alimentate dalle prese a spina di cui al punto precedente ed essere di Classe II (§ 2.3.9).

Tal scelta installativa è indispensabile per garantire la sicurezza nel corso di attività lavorative condotte con l'ausilio di attrezzi elettrici in ambienti umidi, ristretti ed elettroconduttivi quali possono essere le sentine. Per quanto sopra, l'installazione di prese a tensione superiore a 25Vc.a./60Vc.c. è consentita solo lontano dalla sentina e comunque oltre un'altezza minima di 1.5m dal piano del pagliolato. Tali prese poste lontano dalle sentine, in ogni caso, dovranno essere alimentate attraverso dedicati trasformatori di isolamento (con secondario a tensione massima di 230Vc.a.) privi di messa a massa del secondario.

7.5. Quadri e sottoquadri

I quadri (e sottoquadri) sono insiemi fisici (generalmente di struttura metallica) nei quali trovano allocazione i seguenti strumenti/apparecchiature elettriche:

- Strumenti di misura;
- Sezionatori;
- Interruttori;
- Sbarre;
- Cavi elettrici di collegamento.

A bordo delle Unità, i quadri elettrici e i loro insiemi individuano la configurazione dell'impianto elettrico. Solitamente una centrale elettrica è individuata da almeno un generatore e da un solo quadro (di centrale o principale QEP), mentre a livello secondario le zone elettriche possono avere più quadri elettrici secondari (SSB) e terziari (TSB).

Tutti i Quadri Elettrici, fino almeno al livello degli TSB, saranno equipaggiati con un sistema di comunicazione, a livello di interruttori, componenti di automazione e periferiche, del tipo integrato e quanto più comune a tutti i componenti. Questo sistema di comunicazione si baserà su protocolli standard di ampia diffusione e largamente compatibili

con apparati di diversi produttori e interfacciabile con le specifiche tecniche del sistema automazione nave; permetterà lo scambio di informazioni tra i vari *device* con funzionalità di protezione, coordinamento e riconfigurazione. Renderà inoltre disponibili sia localmente, che al sistema di automazione nave, almeno le seguenti informazioni:

- Tensione;
- Corrente;
- Fattore di potenza;
- Potenza attiva;
- Potenza reattiva;
- Allarmi, con relativo storico degli interventi;
- Stato delle protezioni.

Di seguito sono descritti i requisiti minimi dei QEP e dei SSB/TSB.

7.5.1. Quadri Elettrici Principali (QEP) – *Main Switchboard* (MSB)

I cubicoli avranno chiusure laterali e superiori, portelle frontali e posteriori; queste ultime di tipo asportabile; la parte inferiore sarà protetta.

I Quadri dovranno garantire la corrispondenza ai requisiti generali cui al capitolo 4.

I Quadri dovranno seguire le prescrizioni riportate nelle IEC 61439-1 part 1 and part 2 e IEC 60092-302 nelle loro edizioni più aggiornate. Nel caso in cui siano in MT, la IEC 62271-200 nella sua edizione più aggiornata.

Qualora necessario per esigenze installative, i Quadri Elettrici Principali potranno essere di tipo accessibile solo dal fronte quadro, per installazione a paratia.

Le portelle di accesso frontali dovranno essere incernierate, in lamiera d'acciaio (spessore minimo 2 mm) con apertura dotata di serratura apribile mediante chiavi intercambiabili e dotata di fermo in posizione aperta, (angolo di apertura minimo 90°).

Il grado di protezione è quello previsto al § 4.3. In generale, la ventilazione sarà di tipo naturale tramite adeguate feritoie munite di griglie antipolo.

Il basamento sarà di robusto profilato, la struttura portante dei cubicoli sarà in lamiera di acciaio ribordata e saldata. Le portelle e le strutture portanti in lamiera avranno spessore minimo di 2 mm; in generale la costruzione sarà adeguata alle condizioni di impiego a bordo ed adeguatamente trattata e protetta contro la corrosione.

Saranno previsti diaframmi divisorii in lamiera per la separazione delle celle sia in senso verticale che orizzontale.

Ciascun QEP sarà provvisto di sistema di sbarre adeguatamente dimensionato per il carico continuativo più oneroso e opportunamente ancorato per resistere alle sollecitazioni elettrodinamiche generate da corto circuito nelle condizioni di parallelo col numero massimo di generatori previsti simultaneamente in azione.

La parte frontale ed il retro dei quadri saranno provvisti di corrimano in materiale isolante.

I cavi di collegamento entreranno dal basso o dalla parte superiore tramite passaggi stagni multipli, anche di tipo modulare, purché sia consentito lo sfilamento e sostituzione di ogni singolo cavo ed il ripristino del sistema di imboccolamento senza la necessità di disconnettere anche gli altri cavi.

I quadri saranno dotati di illuminazione interna per ogni cubicolo ed esterna fronte quadro. L'alimentazione di tale illuminazione dovrà essere indipendente dall'alimentazione principale del quadro.

In prossimità di ciascun quadro sarà sistemato uno schema foto inciso con l'indicazione dei circuiti principali.

Tutte le morsettiere saranno di tipo modulare posizionate in modo facilmente accessibile per i cavi di controllo, misura e segnalazione. Tutte le morsettiere di uscita relative all'impianto di automazione dovranno essere del tipo estraibile.

I circuiti ausiliari avranno una tensione massima di 230 V c.a., ad eccezione dei dispositivi di allarme che dovranno avere una tensione di 24V c.c..

I fusibili di protezione, i relè ausiliari e gli eventuali altri accessori saranno installati all'interno degli sportelli anteriori degli strumenti, in posizioni accessibili e riconoscibili attraverso etichette.

Saranno installati diaframmi protettivi in materiale isolante e opportunamente disposti, ove necessario, nella parte posteriore a prevenzioni di contatti accidentali.

Qualora su un QEP insista più di un generatore, dovrà essere previsto un sistema di sbarre indipendente per ogni generatore, connesse tramite sezionatore predisposto per l'esecuzione del parallelo tra le sbarre.

A fronte quadro saranno installati strumenti di misura in grado di fornire, per ogni sezione, almeno il valore di tensione, corrente, fattore di potenza e potenza erogata/assorbita. Tali strumenti potranno essere di tipo analogico con derivazione del dato da specifici apparati di conversione (es TV, TA), o presentare i dati provenienti dal già citato sistema di comunicazione integrato dei componenti.

Gli strumenti a fronte quadro, siano essi analogici o digitali, saranno comunque del tipo ad incasso, di massima con quadrante 96x96 mm e con chiara indicazione visiva del valore nominale e dei limiti funzionali dei parametri presentati.

Sui QEP in bassa tensione saranno montati esclusivamente interruttori automatici di tipo aperto e interruttori automatici di tipo scatolato.

Tutti gli interruttori installati sui QEP saranno in esecuzione removibile; in esecuzione estraibile con corrente nominale superiore ai 300A.

Tutti gli interruttori avranno un potere di interruzione commisurato alle correnti di corto circuito che possono verificarsi nel caso peggiore (massimo numero di generatori in parallelo).

Tutti gli interruttori di macchina, i sezionatori sbarre e gli interruttori di interconnessione con gli altri QEP saranno dotati di sganciatori elettronici a microprocessore interfacciati tra loro e col SIASP/SACIE, tramite il quale dovrà essere possibile: inviare ordini di apertura/chiusura, rilevare lo stato dell'interruttore (aperto/chiuso/estratto) rilevare tutte le grandezze disponibili sul microprocessore e, ove tecnicamente possibile, verificare la taratura delle soglie di protezione e, in caso di intervento delle sicurezze, rilevare la causa che ha determinato l'intervento.

Quando dallo studio delle protezioni elettriche dovesse emergere la necessità/opportunità di adottare un sistema di tarature variabile in funzione della configurazione/assetto dell'impianto elettrico, gli interruttori dovranno essere dotati di sganciatori in grado di supportare questa funzionalità.

Gli interruttori di macchina, i sezionatori sbarre e gli interruttori di interconnessione

con gli altri QEP saranno dotati, sul quadro, di comando elettrico, oltre a quello manuale. Gli interruttori sulle linee dirette agli utenti saranno, di massima dotati del solo comando manuale. Comandi elettrici saranno previsti in caso di necessità.

Gli interruttori di macchina saranno almeno dotati di protezioni di massima corrente, con ritardo a tempo lungo, breve ed istantaneo, di ritorno di energia e di minima tensione, oltre alle altre eventualmente previste dal RINA e dalle norme CEI.

L'inserimento delle scaldiglie del generatore dovrà avvenire, non all'apertura del relativo interruttore di macchina, ma all'arresto della macchina.

Gli interruttori di macchina saranno interbloccati elettricamente con quelli delle prese da terra. L'interblocco sarà escludibile quando la generazione elettrica è gestita dal SIASP per consentire il trasferimento automatico dell'alimentazione da terra a bordo, e viceversa, senza interruzione dell'energia elettrica (c.d. "passaggio di carico"); non sarà consentito il funzionamento continuativo di una configurazione di parallelo tra l'alimentazione di terra e quella di bordo.

Le linee in partenza dai quadri per l'alimentazione delle utenze saranno protette con interruttori corredati come minimo di protezioni di corto circuito e di sovraccarico, oltre alle altre eventualmente previste dal RINA e dalle norme CEI.

Su ciascun QEP saranno sistemati come minimo due interruttori disponibili per ogni sistema di sbarre.

I quadri principali comprenderanno di massima:

1. un pannello per ciascun generatore;
2. un pannello per ciascun sezionatore sbarre;
3. un pannello per ciascun collegamento con gli altri QEP;
4. un pannello per il parallelo;
5. un gruppo di pannelli per le utenze.

Sui vari pannelli saranno montati di massima i seguenti apparecchi:

Pannello generatore

1. interruttore automatico tripolare;
2. pulsanti luminosi per il comando elettrico di apertura e chiusura dell'interruttore del generatore;
3. indicatore di corrente per ogni fase (eventualmente tramite commutatore);
4. indicatore di tensione per ogni fase (eventualmente tramite commutatore);
5. indicatore di potenza attiva;
6. indicatore di corrente per l'eccitazione;
7. indicatore di fattore di potenza;
8. indicatore di frequenza;
9. segnalazione scaldiglie inserite;
10. interruttore esclusione delle scaldiglie.

Pannello sezionatore sbarre

1. sezionatore tripolare;
2. pulsanti luminosi per il comando elettrico di apertura e chiusura dell'interruttore di collegamento con il quadro di anello.

Pannello per il collegamento con gli altri QEP

1. interruttore automatico tripolare;
2. pulsanti luminosi per il comando elettrico di apertura e chiusura dell'interruttore di

collegamento con il quadro di anello.

Pannello per il parallelo

1. doppio indicatore di tensione;
2. doppio indicatore di frequenza;
3. sincronoscopio a indice con lampade o sincronoscopio digitale;
4. commutatore per le operazioni di parallelo;
5. comando variagiri generatore.
6. comando varia tensione generatore (se variazione possibile).

Pannello servizi vari

1. uno o più selettori per passaggio comandi locale/automazione;
2. pannello con presentazione dei dati acquisiti dal sistema integrato di comunicazione dei vari *device*;
3. selettore illuminazione esterno e interno quadro.

Pannelli per le utenze

1. interruttori automatici tripolari per il collegamento di tutti i circuiti richiesti.

7.5.2. Sottoquadri e quadri di distribuzione (SSB/TSB)

In generale i sottoquadri/quadri di distribuzione devono essere installati per alimentare gruppi di carichi ubicati molto vicini fra loro e devono essere sistemati in posizione centrale rispetto agli utenti alimentati.

Il grado di protezione è quello previsto in 4.3. In generale, la ventilazione sarà di tipo naturale tramite adeguate feritoie eventualmente munite di griglie antitopo.

Le strutture portanti e le portelle saranno in lamiera di acciaio ribordata e saldata, dallo spessore minimo di 2 mm; in generale la costruzione sarà adeguata alle condizioni di impiego a bordo ed adeguatamente trattata e protetta contro la corrosione. Ove necessario, saranno previste strutture portanti e basamenti di robusto profilato.

I sottoquadri ed i quadri di distribuzione, in relazione alla taglia ed alla tipologia degli interruttori installati, saranno suddivisi in più sezioni e cubicoli (ad esempio, sezioni dedicate agli interruttori d'interconnessione con i QEP o altri sottoquadri e sezioni destinate alle linee verso gli utenti).

A seconda della tipologia del sottoquadro e della sua collocazione a bordo, gli interruttori potranno essere immediatamente accessibili a fronte quadro o protetti da portelle incernierate. La prima soluzione è consentita unicamente per quadri installati in locali dedicati, ai quali l'accesso sia consentito esclusivamente a personale tecnico. In tutti gli altri casi, e in particolar modo per i quadri installati nelle aree comuni (es. corridoi), dovrà essere prevista la portella a protezione degli interruttori, dotata di idoneo sistema di chiusura; le parti attive dovranno essere protette da schermo in maniera tale da impedirne il contatto a portella aperta.

In ingresso a ciascun sottoquadro/quadro dovrà essere installato un interruttore generale. L'interruttore generale può essere omesso qualora il sottoquadro/quadro sia associato ad un commutatore tra più linee di alimentazione in grado di poterle escludere tutte simultaneamente ed il commutatore stesso sia installato nelle immediate vicinanze del sottoquadro/quadro.

Altre cause di deroga dalla precedente prescrizione possono essere previste in presenza di situazioni particolari, da valutare caso per caso, dietro approvazione di NAVARM.

Ciascun sottoquadro/quadro dovrà essere provvisto di sistemi di sbarre adeguatamente dimensionati per il carico continuativo più oneroso e opportunamente ancorati per resistere alle sollecitazioni elettrodinamiche dovute al corto circuito nelle peggiori condizioni previste.

Ciascun sottoquadro/quadro sarà dotato di un indicatore di corrente per ogni fase (eventualmente tramite commutatore) e di indicatore di tensione per ogni fase (eventuale tramite commutatore) e, eventualmente, di commutatore per il trasferimento comandi degli interruttori al SIASP. I quadri saranno equipaggiati di un sistema di comunicazione a livello dei componenti principali che renderà disponibili all'automazione le informazioni riportate nel § 7.5.

La necessità di dotare il sottoquadro di interruttori telecomandabili a distanza dal SIASP deve essere esplicitata nelle specifiche tecniche relative alle singole UU.NN. caso per caso, in relazione all'importanza degli apparati alimentati ed al requisito operativo.

Su ciascun sottoquadro/quadro saranno sistemati un congruo numero di interruttori disponibili, comunque mai meno di due.

I sottoquadri/quadri sistemati in locali rivestiti saranno incassati nell'intercapedine e dotati di cornice di finitura; la parte frontale sarà allo stesso livello dei pannelli di rivestimento.

L'entrata dei cavi nei quadri/sottoquadri elettrici potrà essere realizzata con passaggi stagni multipli, anche di tipo modulare, purché sia consentito lo sfilamento e sostituzione di ogni singolo cavo ed il ripristino del sistema di imboccolamento senza la necessità di disconnettere anche gli altri. Pertanto, in nessun caso potranno essere impiegati sistemi di imboccolamento che prevedano l'ingresso di tutti i cavi in un unico fascio e la realizzazione della tenuta tramite un singolo manicotto termorestringente, o similari.

7.5.3. Interruttori in B.T.

Tutti gli interruttori aperti, installati in qualsivoglia quadro, dovranno essere in esecuzione estraibile.

Gli interruttori scatolati installati nei QEP dovranno essere in esecuzione estraibile. Parimenti, dovranno essere in esecuzione estraibile tutti gli interruttori scatolati di taglia superiore a 400 Ampere installati in qualsivoglia sottoquadro/quadro.

Tutti i rimanenti interruttori scatolati, in qualsivoglia sottoquadro/quadro, dovranno essere in esecuzione rimovibile; il sottoquadro/quadro di distribuzione deve essere realizzato in maniera tale da consentire la rimozione di un interruttore mantenendo in tensione il sottoquadro stesso. Non è mai consentito l'impiego di interruttori scatolati in esecuzione fissa in quanto ciò creerebbe problemi per l'esecuzione delle manutenzioni.

Gli interruttori, installati almeno fino al livello di TSB, dovranno essere dotati di un sistema di comunicazione di tipo integrato e quanto più comune a tutti i componenti che permetta lo scambio di informazioni tra i vari *device* con funzionalità di protezione, coordinamento e riconfigurazione. Questo sistema di comunicazione si baserà su protocolli standard di ampia diffusione e largamente compatibili con

apparati di diversi produttori e interfacciabile con le specifiche tecniche del sistema automazione nave a cui renderà disponibili i dati acquisiti, oltre che localmente.

7.5.4. Quadro Presa da Terra - Collegamento a terra.

Devono essere sistemati appositi quadri, dimensionati in base al bilancio elettrico della Nave in assetto di porto, per consentire l'alimentazione da terra dell'impianto di bordo.

Nel caso in cui la potenza richiesta da PdT sia superiore ai 1000kVA, dovrà essere prevista almeno una presa da terra in MT con idoneo apparato di conversione a bordo per l'adattamento ai valori di frequenza/tensione dell'Unità; potranno, eventualmente essere previste anche PdT in BT.

L'intero impianto di alimentazione da terra dell'Unità, quando in MT, dovrà essere conforme alla IEC 80005-1²⁹.

Anche il quadro elettrico della PdT sarà dotato, a similitudine dei QEP, di un sistema di comunicazione di tipo integrato quanto più comune a tutti i componenti che permetta lo scambio di informazioni tra i vari *device* con funzionalità di protezione, coordinamento e riconfigurazione. Questo sistema di comunicazione si baserà su protocolli standard di ampia diffusione e largamente compatibili con apparati di diversi produttori e interfacciabile con le specifiche tecniche del sistema automazione nave a cui renderà disponibili i dati acquisiti, oltre che localmente.

Se non diversamente specificato, ciascun quadro P.T. dovrà avere:

1. un interruttore automatico tripolare per il sezionamento della linea da terra;
2. due interruttori/sezionatori tripolari privi di dispositivi automatici di sgancio, opportunamente interbloccati e adatti a realizzare lo scambio fasi della linea proveniente da terra;
3. indicatore di corrente per ogni fase (eventualmente tramite commutatore);
4. indicatore di tensione per ogni fase (eventualmente tramite commutatore);
5. indicatore di potenza attiva;
6. un indicatore sequenza fasi;
7. un gruppo sbarre e terminali per il collegamento dei cavi da terra attraverso idonei sistemi di connessione rapida;
8. un sistema di rilievo della temperatura dei terminali di collegamento dei cavi da terra, con possibilità di lettura dei dati in locale e, ove richiesto, in grado di trasmettere il dato anche al SIASP;
9. un sistema, corredato di morsettiera, per il collegamento a terra dello scafo della nave;
10. un commutatore per il passaggio comandi degli interruttori al SIASP;
11. per le prese da terra in media tensione: interruttore di protezione in grado di garantire l'apertura del collegamento almeno in caso di sovracorrente (compreso il cortocircuito), sovratensione/sotto-tensione, ritorno di energia, guasto alla terra; sistema di interblocco che consenta l'energizzazione dei cavi solo a collegamento stabilito tra nave e terra; connettori in grado di trasferire segnali tra sorgente ed utilizzatore (*es.* presenza di allarmi, attivazione della protezione degli interruttori, permessi di azionamento degli interruttori, sistema di protezione dalle sovratensioni).

Nel caso in cui la potenza richiesta da PdT sia superiore ai 400kVA, tutti gli interruttori dovranno essere dotati di comando elettrico e manuale di riserva.

²⁹ Per ciò che concerne i valori di tensione, andranno rispettati i valori indicati nel § 3.5.1.2 della presente NAV.

Ogniquale volta tecnicamente realizzabile e compatibile con le sistemazioni di bordo, dovranno essere previste a bordo sistemazioni per il corretto stivaggio e l'agevole posa in opera dei:

1. cavi flessibili per il collegamento a terra ai fini del prelievo dell'energia elettrica;
2. cavi flessibili per il collegamento a terra dello scafo della nave.

L'impianto elettrico deve essere realizzato in maniera tale da consentire l'erogazione di energia in uscita tramite il quadro presa da terra. Questa possibilità non deve essere considerata normale, ma da adottarsi solo in caso di effettiva necessità. Pertanto, le tarature dei dispositivi di sicurezza, gli stessi dispositivi di sicurezza e le *routine* dell'impianto di automazione (SACIE) devono essere concepiti in maniera da garantire una doppia possibilità di funzionamento, da adottare dietro esplicito comando dell'operatore in maniera semplice (idealmente tramite un singolo comando sul SACIE): una "normale", che impedisca l'erogazione di energia in uscita ed una modalità "erogazione energia in uscita" che lo consenta.

L'impianto elettrico ed il SACIE devono consentire l'esecuzione in automatico, su comando dell'operatore, del passaggio di carico terra/bordo e bordo/terra, prevedendo il parallelo con terra, quindi senza soluzione di continuità nell'erogazione dell'energia agli utenti di bordo.

L'entrata dei cavi nei QPdT lato bordo nave potrà essere realizzata con passaggi stagni singoli ovvero multipli, anche di tipo modulare, purché sia consentito lo sfilamento e sostituzione di ogni singolo cavo ed il ripristino del sistema di imboccolamento senza la necessità di disconnettere anche gli altri cavi.

Il collegamento dei cavi da terra al QPdT avverrà, come premesso, attraverso idonei sistemi di connessione rapida, sia che l'alimentazione sia in BT che in MT.

Nel caso BT si potranno impiegare cavi uni o multipolari, in relazione alle correnti da trasportare. I connettori dovranno garantire almeno le seguenti prestazioni:

- Portata in corrente congruente con le caratteristiche del cavo;
- Interblocco elettromeccanico;
- Presa con protezione al dito di contatto IP2X;
- Grado di protezione IP66/IP67 a spina inserita;
- Nessun orientamento necessario all'introduzione;
- Polarizzazione meccanica tra ogni fase;
- Polarizzazione visiva (a mezzo colorazione standardizzata);
- Terminali a "crimpare" sostituibili, nel caso della sostituzione del cavo;
- Elevato numero di manovre effettuabili.

I connettori impiegati per i cavi multipolari in BT dovranno essere conformi alla norma IEC60309.

Nel caso di connessione MT, quando possibile in relazione alle potenze in gioco, saranno adottati cavi di collegamento multipolari che includano sia i conduttori di potenza che quelli di segnale/comunicazione. I connettori dovranno essere conformi alle prescrizioni generali contenute nella norma IEC62613-1 e dovranno far parte di una delle tipologie riportate nella norma IEC62613-2.

Il sistema di collegamento lato terra dei cavi della PdT verrà dettagliato nella S.T. di ogni singola Nave, ma in ogni caso dovrà garantire i medesimi requisiti di sicurezza del connettore lato bordo e permettere, ove necessario, il coordinamento delle protezioni.

La lunghezza dei cavi di connessione a terra sarà riportata nelle S.T. di ogni Nave/Classe.

Il QPdT si dovrà attestare sulla rete di distribuzione principale. Nel caso in cui la S.T. richieda la possibilità di alimentare da terra la Nave a differenti tensioni/frequenza, sarà da preferire l'installazione di un idoneo sistema di conversione (es. SST) in luogo del QPdT.

7.6. Cavi elettrici

7.6.1. Generalità

I cavi installati a bordo delle UU.NN. della M.M. dovranno assicurare i seguenti requisiti:

1. durata di impiego, nelle condizioni di temperatura, umidità e sollecitazione meccanica relative al servizio prestato, pari a tutto l'arco di vita previsto per la nave;
2. minimo peso in relazione al servizio cui sono destinati;
3. ubicazione adeguata a ridurre al minimo la possibilità di danni in combattimento;
4. ubicazione adeguata a evitare interferenze fisiche ed elettriche con altri cavi o altre apparecchiature;
5. ubicazione adeguata a ottenere la massima dispersione del calore interno generato.

7.6.2. Scelta dei cavi

I cavi elettrici di potenza da installare a bordo delle Navi da combattimento dovranno rispondere ai requisiti espressi dalla norma NAV-80-6145-0005-13-00B000 "specifica tecnica per cavi elettrici atossici, idonei per l'impiego a bordo di unità navali militari", nella versione più recente.

I cavi per interconnessioni elettriche ed elettroniche dovranno rispondere ai requisiti espressi dalla norma NAV-80-6145-0003-14-00B000 "specifica tecnica per cavi di interconnessione elettrica ed elettronica miniaturizzati e flessibili, idonei per l'impiego a bordo di unità navali militari", nella versione più recente. Sarà possibile impiegare cavi costruiti secondo norme NAV, che rispettino l'equivalenza con le analoghe norme MIL, come previsto dalla NAV-80-6145-0006-13-00B000 nella sua versione più aggiornata.

Inoltre, laddove le apparecchiature/sistemi OEM siano dotati di una propria certificazione potranno essere impiegati cavi che soddisfino le seguenti norme, nella loro versione più recente:

- IEC 60092 *series*;
- IEC 60754-1/2 "*Test on gases evolved during combustion of materials from cables*".

I cavi installati nei locali AM ed ausiliari posti al di sotto del piano del pagliolato saranno del tipo resistente agli olii.

Ovunque esista il rischio che il cavo venga sottoposto a sollecitazioni meccaniche esterne, dovrà essere di tipo armato, a meno che non vengano posti in opera idonei dispositivi atti a proteggerlo.

Tutti i cavi sistemati esternamente alle sovrastrutture saranno provvisti di armatura in rame.

I cavi installati nei locali di vita avranno conduttore di terra incorporato.

7.6.3. Installazione dei cavi

È innanzitutto importante ricordare come la posa dei cavi ne influenzi le caratteristiche, principalmente per ciò che concerne la portata di corrente (vds IEC 60092-352), e pertanto debba essere presa in considerazione nelle fasi di progettazione dell'impianto elettrico (§ 3).

L'installazione dei cavi dovrà essere tale da non comportare mutua influenza/interferenza tra i vari conduttori; in particolare non andranno stesi sullo stesso supporto e a distanza ravvicinata cavi di differente classe. Si considerano, infatti, per ciò che concerne la compatibilità EMC, cavi di classe A i cavi di forza e luce, e cavi di classe B quelli di segnale/controllo.

L'installazione dei cavi dovrà essere tale da non permetterne lo spostamento involontario/caduta e da impedire accidentali danneggiamenti. I cavi andranno pertanto stesi su passerelle o tondini di fissaggio (in relazione al numero di cavi) di tipo metallico pitturato in modo da prevenirne la corrosione. I cavi dovranno essere installati garantendo un'opportuna distanza dalle parti fisse (in particolare nessun cavo dovrà essere inglobato all'interno della coibentazione) e permettendo agli apparati asserviti il massimo spostamento consentito dagli eventuali resilienti.

L'installazione su tondino sarà consentita per un massimo di tre cavi e comunque in modo tale da non creare una circonferenza (compreso il tondo) superiore a 40mm.

Sia su tondino che sulle passerelle i cavi dovranno essere fissati a mezzo di fascette in *nylon halogen free* in modo tale da garantirne l'impossibilità di muoversi. Queste andranno intervallate da fascette metalliche ogni 3 metri per le passerelle o ogni metro per cavi verticali, appesi o su tondino.

In nessun caso dovranno essere superati i raggi minimi di curvatura indicati dal costruttore/norma di omologazione per ogni tipologia di cavo.

I cavi esposti a danni meccanici saranno protetti con lamiere, tubi o guaine metalliche flessibili.

I cavi installati sugli alberi saranno fissati su staffe in acciaio e, se necessario, saranno protetti in tubo fino a circa 2 metri di altezza dal ponte.

Nei passaggi a ponte e a paratia dovranno essere installati idonei sistemi del tipo "*sealing transit cables*" approvati da un Ente di classifica navale. Tali sistemi dovranno avere caratteristiche *gastight, watertight* e/o EMC laddove previsto dalle caratteristiche dei locali.

I fori per il passaggio dei cavi nei bagli, nelle anguille e nelle strutture in genere, saranno provvisti di boccole o di collari, quando gli spessori delle strutture forate sono inferiori a 6 mm.

In generale i cavi negli alloggi rivestiti saranno sistemati all'interno delle intercapedini, mentre le discese avverranno, per quanto possibile, lungo le fughe dei pannelli o nelle casse delle porte oppure, dove necessario, entro apposite canalette.

Per l'installazione all'interno dei locali a rischio di esplosione dovranno essere seguite le prescrizioni indicate nelle NAV-70-6160-0006-14-00B000 e NAV-70-1096-0001-13-00B000³⁰ nelle versioni più aggiornate.

L'entrata dei cavi nei macchinari e apparecchiature sarà realizzata con bocchettoni metallici.

³⁰ Ovvero norme edite da questa D.T. che sostituiscono/abrogano tali NAV e trattano le medesime tematiche.

L'entrata dei cavi nei generatori e nei quadri/sottoquadri elettrici potrà essere realizzata con passaggi stagni multipli, anche di tipo modulare, purché sia consentito lo sfilamento e sostituzione di ogni singolo cavo ed il ripristino del sistema di imboccolamento senza la necessità di disconnettere anche gli altri. Pertanto, in nessun caso potranno essere impiegati sistemi di imboccolamento che prevedano l'ingresso di tutti i cavi in un unico fascio e la realizzazione della tenuta tramite un singolo manicotto termorestringente, o similari.

Le strade cavi dovranno essere dimensionate in maniera tale da avere un surplus di volume per garantire un margine di crescita pari al 10% dei cavi ivi installati. Tale surplus potrà essere uguale al 10% del volume occupabile della strada cavi oppure dovrà permettere l'allocazione di ulteriori cavi per una portata pari al 10% in termini di potenza dei cavi esistenti.

7.6.3.1. Cavi in fibra ottica

Dato il sempre maggiore impiego di cavi in fibra ottica, si vuole riassumere in questa sede le prescrizioni di carattere generale relative alla loro installazione. La rispondenza di questi cavi a norme e standard per gli aspetti costruttivi e prestazionali non è oggetto della presente NAV.

In relazione alla loro configurazione e al tipo di segnale trasmesso i cavi in fibra ottica non richiedono il rispetto delle prescrizioni precedentemente riportate per evitare la mutua interferenza (compatibilità EMC).

La loro installazione dei cavi dovrà essere tale da non permetterne lo spostamento/caduta involontario e da impedire accidentali danneggiamenti. I cavi andranno pertanto stesi su passerelle o tondini di fissaggio (in relazione al numero di cavi) di tipo metallico pitturato in modo da prevenirne la corrosione. I cavi dovranno essere installati garantendo un'opportuna distanza dalle parti fisse (in particolare nessun cavo dovrà essere inglobato all'interno della coibentazione) e permettendo agli apparati asserviti il massimo spostamento consentito dagli eventuali resilienti.

Non è richiesto l'instradamento esclusivo, pertanto potranno essere stesi su passerelle/tondini già impiegati per altre tipologie di cavi.

Sia su tondino che sulle passerelle i cavi in fibra ottica dovranno essere fissati a mezzo di fascette in *nylon halogen free* in modo tale da garantirne l'impossibilità di muoversi.

Per ciò che concerne i raggi minimi di curvatura e la massima forza di tiro (in fase installativa) dovranno essere rispettati i dettami della IEC 60794-1-2, nella sua versione più aggiornata, o le prescrizioni del costruttore qual ora più restrittive.

I cavi in fibra ottica esposti a danni meccanici saranno protetti con lamiera, tubi o guaine metalliche flessibili.

7.6.4. Dimensionamento dei circuiti

La scelta della sezione di un cavo dovrà essere effettuata, in prima approssimazione, sulla base della massima corrente di carico dell'utente alimentato. La portata sarà la minore tra quella indicata dal Costruttore e dalle NAV³¹, previa applicazione, se

³¹ Qualora le indicazioni del costruttore riportino portate inferiori rispetto alla NAV, queste sono da intendersi riferite alle particolari condizioni di posa prese a riferimento.

necessario, dei coefficienti di riduzione previsti per la temperatura ambiente e per più cavi in parallelo e in fascio (previsti rispettivamente dalle NAV e dalla IEC 60092-352). Per i coefficienti di riduzione, si dovrà applicare sempre la riduzione maggiore tra quella prescritta dal costruttore del cavo e quella prevista dalle norme CEI/IEC e RINAMIL.

Sarà quindi verificata la caduta di tensione, che dovrà rimanere entro il 6% (con riferimento al valore efficace) per i circuiti della distribuzione primaria (calcolata a partire dalle sbarre del quadro di distribuzione primaria) e della distribuzione secondaria (calcolata a partire dalle sbarre del quadro di zona).

Sarà poi verificata la tenuta del cavo alla corrente di cortocircuito presunta all'estremità a monte in caso di guasto. A tale scopo si utilizzeranno le curve dell'energia specifica passante fornite dal Costruttore del dispositivo di protezione.

Per le linee in bassa tensione la sezione minima dei cablaggi, salvo maggiori esigenze legate all'entità del carico, alla caduta di tensione o alla tenuta al corto circuito, sarà di 4 millimetri quadrati; per i circuiti piccola forza la sezione minima sarà 1.5 millimetri quadrati.

Le sezioni minime dei cablaggi per i circuiti luce, salvo maggiori esigenze in termini di carico, caduta di tensione e tenuta al cortocircuito, saranno le seguenti:

1. 1.5 millimetri quadrati, per la tratta dai centralini alle scatole di derivazione o ai circuiti luce di un gruppo di lampade "cucite";
2. 1 millimetro quadrati dalle scatole di derivazione ai punti luce.

I cavi di collegamento dei DD/GG, se questi ultimi sono boxati, saranno dimensionati in accordo a quanto sopra prescritto, per la massima temperatura prevista nel box anche per periodi di tempo limitati (ad esempio, assetto NBC) e, comunque, per una temperatura almeno uguale a quella prescritta in 3.7.1 La sezione così calcolata sarà maggiorata al fine di garantire una portata di corrente superiore del 10%.

Le linee in partenza da convertitori o trasformatori saranno dimensionate per la potenza nominale del convertitore o trasformatore.

Le linee che alimentano i quadri di distribuzione principali e secondari, sottoquadri o centralini saranno dimensionate sulla base del carico connesso, tenuto conto dei coefficienti di contemporaneità, e maggiorato del 20 % quale margine di crescita.

Le linee che alimentano utenze finali saranno dimensionate sulla base della massima corrente assorbita dal carico.

7.6.5. Targhettatura dei cavi elettrici

I cavi installati a bordo debbono essere chiaramente identificati in accordo a quanto prescritto dalla norma NAV 50-6145-0003-14-00B000, nella versione più aggiornata³².

7.7. Alimentazione elettrica per la timoneria

L'impianto timone deve essere completamente ridonato, pertanto debbono essere realizzate n°2 linee di alimentazione separate per ogni singola elettropompa (linea normale e linea di riserva). Se per ogni timone sono presenti due elettropompe per ogni timone, sarà sufficiente una sola linea di alimentazione per ogni azionamento.

³² Ovvero norma edita da questa D.T. che sostituisce/abroga tale NAV e tratta la medesima tematica.

Indipendentemente dal numero di alimentazioni prima dette, le linee elettriche dovranno essere derivate da sottoquadri ubicati in zone elettriche distinte della Nave ed i relativi percorsi dei cavi dovranno essere separati (non dovranno avere punti di passaggio in comune lungo la loro totale estensione). I predetti sottoquadri, a loro volta, dovranno poter trarre alimentazione da almeno due QEP/Quadri di emergenza diversi.

La linea elettrica normale dovrà essere attestata al quadro elettrico ubicato nella zona elettrica più vicina all'impianto timone.

7.8. Sistema rilievo isolamento

Fatto salvo quanto previsto dalle norme CEI e dal RINA, dovrà essere, per la parte di impianto esercita in configurazione IT, integrato all'interno dei quadri elettrici, almeno fino a livello degli SSB, un sistema automatico di monitoraggio e controllo degli isolamenti di rete del tipo on-line, in grado di rilevare condizioni di basso isolamento su carichi attivi associate a guasti a terra incipienti e in atto. Il sistema di monitoraggio prevedrà soglie di allarme tarabili e sarà in grado di discriminare automaticamente la linea in uscita dai quadri interessata dal basso isolamento. Il sistema di rilievo isolamento dovrà prevedere un'interfaccia locale e dovrà potersi interfacciare con l'impianto di automazione nave.

Al di sotto degli SSB dovrà essere valutata, di concerto con questa D.T., la fattibilità tecnica e l'impatto in termini di costo/efficacia dell'installazione del sistema di rilievo isolamenti fisso. Per permettere il monitoraggio delle parti di impianto non coperte da sistema fisso, dovranno però essere fornite al personale di bordo idonei strumenti portatili per la ricerca guasti.

Unitamente al sistema di monitoraggio on-line, e ad esso interfacciato, dovrà essere previsto un sistema di monitoraggio off-line per tutte le utenze IT di potenza superiore ai 20kW o attinenti agli impianti vitali/di sicurezza. Tale sistema dovrà garantire un controllo dello stato dell'isolamento della linea di alimentazione delle predette utenze a valle dell'interruttore. Il sistema di rilievo isolamenti off-line si dovrà automaticamente disinserire alla chiusura dell'interruttore, senza provocare allarmi, e sempre automaticamente dovrà riconnettersi all'apertura del *breaker*. Per le utenze alimentate tramite *converter*, il monitoraggio dell'isolamento dovrà avvenire a valle di tale sistema.

Il sistema rilievo isolamento, on-line e off-line, dovrà funzionare in modo automatico. Nessun output di tale sistema dovrà comportare interventi o riconfigurazioni automatiche dell'impianto, ma tali azioni dovranno essere sempre avallate esplicitamente dall'operatore. Inoltre, qualora per l'individuazione dei guasti sia necessario operare riconfigurazioni della rete, queste dovranno essere gestite in maniera automatica, a seguito di richiesta dell'operatore, dal SACIE/SIASP.

Come già riportato nel § 3.8, la rete elettrica nella sua interezza dovrà essere progettata e realizzata in modo tale che sistemi di filtraggio eventualmente presenti non interferiscano col sistema di rilievo isolamento.

Il valore limite della corrente di dispersione dell'intero impianto elettrico, dato dall'effetto capacitivo dei cavi e della eventuale presenza di filtri EMI, dovrà essere massimo pari a 20A, come riportato nella MIL-STD-1399, in ogni possibile configurazione.

8. Utenze dell'impianto elettrico

8.1. Scopo

Scopo del presente capitolo è quello di fornire indicazioni sulle principali utenze dell'impianto elettrico.

8.2. Generalità

A seconda della funzione svolta dagli utenti elettrici ai fini della sicurezza della nave e della capacità di svolgere la propria missione, vengono classificati in essenziali (vitali) e non essenziali (o non vitali o normali), come specificato in 2.3.33.

Tutti gli utenti possono essere poi suddivisi:

1. per zone elettriche;
2. per servizio.

Di norma, deve essere sempre adottata la suddivisione per zone elettriche, a meno che non sia espressamente prescritto diversamente.

Per **zona elettrica** si intende una porzione fisica di nave all'interno della quale la totalità delle utenze elettriche, a qualunque servizio esse appartengano, devono trarre alimentazione da uno o più quadri/sottoquadri ben definiti. I predetti quadri/sottoquadri alimentano inoltre unicamente le utenze della relativa zona elettrica e non altre.

La suddivisione delle utenze in zone viene attuata per soddisfare esigenze prevalentemente legate alla condotta delle operazioni della funzione di Sicurezza (antincendio/antifalla e controllo danni), in relazione alla sicurezza del personale impegnato in tali operazioni. Per questo motivo, la suddivisione in zone elettriche deve essere coerente con la suddivisione in zone di sicurezza dell'unità, nel senso che ogni zona di sicurezza deve essere composta da una o più zone elettriche. Questo implica che:

1. non è ammesso che una zona elettrica inglobi più zone di sicurezza;
2. qualora una zona di sicurezza sia composta da più zone elettriche, la "somma" delle zone elettriche deve coincidere con la zona di sicurezza.

La dimensione e conformazione delle zone, pertanto, dipendono prioritariamente dalle esigenze del servizio di sicurezza e dalle condizioni di vulnerabilità della Unità. Infatti, normalmente, all'interno di ciascuna zona elettrica la distribuzione è del tipo radiale semplice, quindi la linea di alimentazione che dai sottoquadri di zona raggiunge gli utenti è singola. Considerazioni di vulnerabilità andranno fatte in relazione a questo aspetto per definire le dimensioni delle zone, la collocazione dei quadri all'interno delle stesse ed eventuali esigenze di ridondanza di alimentazione.

All'interno di ogni singola zona, inoltre, la distribuzione può essere strutturata in diversi modi, ad esempio per "servizi" (ulteriori sottoquadri che alimentano apparati simili o facenti capo alla stessa funzione, come ad esempio la luce, le prese, ecc...) o per sottozone (ogni ulteriore sottoquadro alimenta un volume fisico contenuto in una zona, al limite un singolo locale) oppure mista. La tipologia di strutturazione deve essere contenuta nelle specifiche tecniche relative ai singoli impianti. Tra le varie configurazioni, la suddivisione per servizi è da preferire.

In un impianto elettrico strutturato per zone sono ammesse eccezioni solo in casi straordinari e motivati, i quali devono trovare adeguato riscontro nella documentazione tecnica consegnata al personale di bordo. A puro titolo di esempio, si citano casi di possibili eccezioni, relative a esigenze di controllo del danno, (le quali dovranno comunque essere autorizzate da NAVARM):

1. macchine del timone;
2. pompe grande esaurimento;
3. sistemi di comunicazione interna;
4. componenti del Sistema di Combattimento;
5. sistemi di Comando e Controllo.

Qualora l'alimentazione venga portata ad un apparato complesso o ad un impianto, bisogna essere certi che tutte le unità periferiche del predetto apparato/impianto, che ricevono alimentazione elettrica tramite il sistema di alimentazione interno dell'apparato/impianto stesso, si trovino all'interno della medesima zona elettrica.³³ Qualora ciò non sia possibile, è necessaria la richiesta di autorizzazione da parte della D.T..

La suddivisione **per servizi**, sia essa riferita alla totalità dell'impianto (ossia negli eccezionali casi in cui l'impianto è suddiviso esclusivamente per servizi) o ad una zona/sottozona elettrica, viene attuata allo scopo di favorire le attività degli operatori e dei manutentori delle apparecchiature/impianti asserviti. Relativamente a questa suddivisione, non è possibile impartire disposizioni a priori: essa è lasciata alla responsabilità dell'estensore del progetto esecutivo. Schematicamente essa può essere articolata come segue:

1. utenti forza;
2. utenti piccola forza;
3. utenti luce;
4. utenti speciali;
5. utenti del Sistema di Combattimento.

8.3. Utenti forza

Si definiscono utenze forza tutte quelle trifase. Appartengono pertanto a questa categoria tutte le utenze del sistema primario e le utenze trifase del/dei sistemi secondari. Appartengono a questa categoria anche i trasformatori trifase connessi sia al sistema primario che a quello secondario.

Le utenze forza sono tuttavia costituite principalmente dai motori elettrici che muovono le macchine operatrici (pompe, compressori, ventilatori, argani, tonneggi, gru, ecc..) e, in misura minore, da resistenze elettriche di riscaldamento.

Ovunque tecnicamente fattibile, le utenze trifase devono essere preferite a quelle monofase, anche per piccole potenze.

8.3.1. Motori elettrici e relative apparecchiature

I motori elettrici dovranno essere di tipo asincrono trifase con rotore in cortocircuito. Eventuali differenti scelte installative dovranno essere opportunamente motivate e sottoposte all'approvazione di questa D.T..

Tutti i motori elettrici installati a bordo, ad esclusione di quelli impiegati per la propulsione, sia essa principale o ausiliaria (p.e. *bow-thruster*), devono rispondere alle prescrizioni contenute nel Regolamento Europeo 640/2009 del 22 luglio 2009 (e successive varianti)³⁴.

³³ Il rationale di questa precisazione discende dall'esperienza: sovente si è verificato che, nel caso di apparati/impianti complessi ed estesi, si sia dato per scontato che tutte le unità, comprese quelle alimentate tramite il sistema interno di alimentazione, fossero fisicamente collocate all'interno della zona elettrica dove era situato il punto di consegna dell'energia all'apparato/sistema. In realtà non esiste alcuna garanzia che le cose stiano effettivamente così in assenza di esplicite prescrizioni.

³⁴ Il detto Regolamento è stato già sostituito dal Regolamento UE 2019/1781 del 01/10/2019, il quale però entrerà in

In particolare, tutti i motori dovranno essere almeno di classe IE3, con rendimento minimo pari a quanto riportato nell'allegato 1 del predetto regolamento europeo (per i motori a 50Hz) e nella IEC 60034-30 (per i motori a 60Hz). Quest'ultima norma, nella sua versione più aggiornata, andrà presa in considerazione anche per la determinazione dei valori interpolati e per la definizione delle modalità di rilievo; quale tolleranza andrà presa in considerazione quella riportata nella tabella 20 della IEC 60034-1 (nella versione più aggiornata). In nessun caso sarà possibile installare a bordo motori elettrici, per qualsivoglia servizio, aventi rendimenti inferiori a quelli previsti per la classe IE2.

I motori dovranno come minimo rispondere alle norme della serie IEC 60072 - Dimensioni e potenze nominali per le macchine elettriche rotanti - nella versione più aggiornata.

I motori saranno isolati almeno in classe F e dimensionati per funzionare in servizio continuo nelle condizioni ambientali prescritte dal RINAMIL, con le precisazioni stabilite in 2.4.8 relativamente alla temperatura, e con sovratemperatura ammissibile per gli avvolgimenti di 80 gradi centigradi, misurata secondo le norme della serie IEC 60034. In tal modo non verrà superato il limite di temperatura massima di esercizio previsto per gli isolanti in classe B (130°C), allo scopo di ottenere una maggiore affidabilità e durata dei motori stessi.

Le taglie dei motori elettrici saranno per quanto possibile accorpate, onde ridurre il numero.

La tipologia di montaggio dei motori sarà idonea all'applicazione sul macchinario utilizzatore.

I cuscinetti saranno di tipo a sfere o rulli, precaricati. I requisiti inerenti alle vibrazioni autoindotte sono già stati riportati nel § 4.6.

I motori elettrici sistemati entro le sovrastrutture, nei locali A.M. e nei locali ausiliari saranno di tipo chiuso, con ventilazione esterna a mantello. Per i gradi di protezione degli involucri vale quanto riportato in 4.3.

Ove necessario, i motori elettrici saranno muniti di scaldiglie anticondensa.

8.3.2. Avviatori

In generale, saranno previsti avviatori soltanto per motori di potenza uguale o superiore a 1 kW.

Gli avviatori dei motori di grossa taglia ($\geq 100\text{kW}$ ovvero \geq al 2% della potenza di targa della più piccola sorgente di energia principale § 2.3.24) dovranno essere equipaggiati con sistemi di *soft-start* di tipo elettronico³⁵ in grado di ridurre la corrente assorbita allo spunto ed evitare così ripercussioni negative sulla *Power Quality* dell'intera rete.

I gradi di protezione minimi degli involucri sono quelli prescritti in 4.3.

Deve essere evitata, per quanto possibile, la sistemazione all'esterno.

Ogni apparecchiatura sarà munita di interblocco sulla portella in modo che quest'ultima non possa essere aperta sotto tensione.

vigore solo dal 01/07/2021. Poiché questo regolamento tratta motori sia a 50Hz sia a 60Hz, il successivo riferimento alla IEC 60034-30 sarà da considerarsi superato dalla data sua di entrata in vigore.

³⁵ Non sono ammessi sistemi di avviamento del tipo "stella-triangolo" o attraverso autotrasformatore.

Gli avviatori saranno muniti di relè termico per la protezione di sovraccarico dell'utente e di dispositivo di apertura per mancanza di fase; i circuiti ausiliari avranno una tensione massima di 230 V c.a.

Nel caso di avviatori elettronici le funzioni di protezione potranno essere realizzate dal microcontrollore di gestione dell'avviatore.

Nel caso di comando di motori a mezzo pulsantiera portatili, i circuiti ausiliari interessanti la pulsantiera saranno a tensione uguale o inferiore a 48 V.

Qualora richiesto dalle specifiche contrattuali, gli avviatori saranno predisposti per il telecomando e la telesegnalazione remota.

Per quanto possibile, gli avviatori saranno di un unico costruttore.

In generale ogni avviatore sarà dotato di:

1. sezionatore di linea;
2. contattore;
3. relè di sovraccarico;
4. dispositivo di apertura contattore per mancanza fase;
5. pulsanti marcia/arresto;
6. indicatori di segnalazione in moto/fermo;
7. amperometro (per potenze superiori a 10 kW, o utenze particolari, quali ad esempio i viradori asse/motori);
8. commutatore comando locale/remoto (ove richiesto);
9. commutatore manuale/automatico (ove richiesto).

Gli avviatori di potenza superiore 5kW saranno equipaggiati con un sistema di comunicazione a livello locale, del tipo integrato e quanto più comune a tutti i componenti. Questo sistema di comunicazione si baserà su protocolli standard di ampia diffusione e largamente compatibili con apparati di diversi produttori e interfacciabile con le specifiche tecniche del sistema automazione nave; permetterà lo scambio di informazioni tra i vari *device* con funzionalità di protezione, coordinamento e riconfigurazione. Renderà inoltre disponibili sia localmente, che al sistema di automazione nave, almeno le seguenti informazioni:

- Tensione;
- Corrente;
- Fattore di potenza;
- Potenza attiva;
- Potenza reattiva;
- Allarmi.

Per motivi inerenti alla sicurezza e la manutenibilità degli impianti non è previsto l'utilizzo di quadri avviatori centralizzati (*Motor Control Centers*).

8.4. Utenti piccola forza

Gli utenti piccola forza sono tutti quelli monofase/bifase, alimentati normalmente alla tensione di 230 V o inferiore.

La potenza degli utenti piccola forza non deve superare i 5kVA, a meno di casi specifici per i quali la presente prescrizione non possa essere applicata per motivi tecnici.

Il ricorso ad utenze monofase deve essere limitato ai casi di effettiva necessità.

8.5. Utenti luce

Gli utenti luce comprendono tutti gli impianti luce per l'illuminazione di tutti i locali bordo, gli esterni, i fanali e i segnali ottici, gli impianti di proiettori, gli impianti di segnalazione ottica dei ponti di volo. Si veda, in particolare, quanto prescritto al Capitolo 9.

8.6. Utenti speciali

Gli utenti speciali comprendono:

1. gli impianti di natura prevalentemente elettronica;
2. l'impianto di Smagnetizzazione;
3. il SIASP;
4. le utenze del Servizio medico-sanitario;
5. le utenze poste in prossimità dei letti.

8.6.1. Impianti elettrici per il servizio medico sanitario

Gli impianti elettrici riguardanti l'area sanitaria debbono essere realizzati con riferimento alla CEI 64-8/7 Variante 2 Fascicolo 5903 nella versione più aggiornata.

Le imprese che si occuperanno della progettazione e realizzazione di questa parte dell'impianto elettrico dovranno essere abilitate ai sensi del Decreto Ministeriale 37 del 22/01/2008 o s.m.i. e rilasciare, al termine dell'installazione, un certificato di "impianto a regola d'arte" redatto in analogia a quanto riportato nei modelli presenti nel DM del MISE del 19/05/2010 o successive modifiche/integrazioni.

Qualora non diversamente indicato nelle specifiche tecniche contrattuali, ai fini dell'applicazione delle norme CEI 64-8/7 V2, i locali riguardanti l'area sanitaria vengono così classificati:

Gruppo 1:

- ambulatori;
- sale di degenza;
- sala terapia ustioni;
- sala TAC;
- sala RX;
- gabinetto odontoiatrico.

Gruppo 2:

- sale operatorie;
- sala terapia intensiva;
- sala rianimazione.

In considerazione del volume dei locali adibiti a bordo per scopi medici e della individuazione della "zona paziente", tutte le utenze del Gruppo 2, ad eccezione delle utenze di potenza superiore a 5kVA e delle apparecchiature radiologiche, saranno alimentate da un sistema IT-M (IT Medica), realizzato con trasformatori di isolamento a uso medicale, collegamento al nodo equipotenziale supplementare e sistema di rilievo del 1° guasto.

Il nodo equipotenziale potrà essere comune anche per due distinti locali, a meno che mantenga una resistenza non superiore a 200 Ω.

Saranno sempre previsti uno o più gruppi di continuità (UPS) con le caratteristiche le costruttive descritte in 3.2.3. L'UPS potrà non essere completamente dedicato all'area medica, ma nel caso alimenti anche altre utenze Nave, la sezione medica dovrà essere fisicamente raggruppata e di facile individuazione. L'UPS sarà (saranno) installato/i a monte del/i trasformatore/i medicali per l'alimentazione delle utenze dei locali del Gruppo 2.

L'UPS alimenterà, inoltre ed almeno, le seguenti utenze al di fuori dei locali del Gruppo 2:

- le lampade scialitiche presenti negli ambulatori;
- le prese elettriche delle barre di servizio presenti nelle sale degenza;
- TAC e apparecchiature RX;
- il compressore gas/generatore, se presente³⁶.

L'autonomia del/degli UPS sarà almeno di 3 ore alla potenza nominale.

Le utenze del Gruppo 1, inoltre, saranno alimentate da trasformatori trifase triangolo/stella dedicati. I centri-stella dei secondari dei trasformatori saranno collegati a scafo (sistema TT con le caratteristiche riportate nel § 4.2.1). Le utenze saranno alimentate da linee dotate di interruttore differenziale con $I_{dn} \leq 30$ mA.

Le eventuali utenze di Classe II NON dovranno essere collegate alla massa della Nave, né al nodo equipotenziale (§ 5.8).

8.6.2. Impianti elettrici posti in prossimità di letti/brande

I letti e le brande, e gli spazi ad essi più prossimi, vanno considerati luoghi conduttori ristretti (§ 2.3.19) in quanto non è da escludere un percorso di contatto differente dal classico “mano-piede”.

In tali spazi dovrà essere evitata l'installazione di apparecchiature fisse e mobili, e prese di corrente. Eventuali installazioni elettriche dovranno risultare a bassissima tensione di sicurezza, o in ogni caso a tensione non superiore a 50V ottenuta tramite trasformatori di sicurezza dedicati. Anche le prese di corrente non potranno eccedere i suddetti valori³⁷. Eventuali trasformatori/abbassatori di tensione con tensione primaria superiore a 50V non dovranno essere posizionati in prossimità dei letti/brande (anche se in zone retro-pannellatura). Andranno inoltre adottate tutte le prescrizioni relative al collegamento a massa riportate nel § 5.8.

Per ciò che concerne l'illuminazione di tali aree, si faccia riferimento al § 9.5.6.

³⁶ Nel caso in cui siano presenti apparecchiature con una potenza di alimentazione superiore ai 5 KVA, quali autoclave sterilizzazione, compressore ossigeno e gas medicali etc., queste dovranno essere allocate al di fuori dei locali individuati come appartenenti al Gruppo 2.

³⁷ A titolo di esempio, si riporta la possibilità di utilizzare in tali zone prese USB (*Universal Serial Bus*) che presentano una tensione di 5Vcc.

9. Impianto Luce e criteri d'illuminamento

9.1. Scopo

Scopo del presente capitolo è quello di fornire indicazioni sulle principali caratteristiche che deve possedere l'impianto di illuminazione.

9.2. Tipi di luce e loro impiego

I tipi di luce da impiegare a bordo delle Unità Navali della M.M. sono i seguenti:

Luce normale BIANCA;

Luce di tonalità ROSSO BRUNA: Area del "CIE Chromaticity Diagram"³⁸ entro le seguenti coordinate:

x	0,650	0,668	0,723	0,735
y	0,334	0,334	0,260	0,265

Luce di tonalità GIALLO BRUNA. Area del "CIE Chromaticity Diagram"³⁸ entro le seguenti coordinate:

x	0,556	0,559	0,560	0,610	0,620
y	0,426	0,416	0,440	0,380	0,380

Luce di tonalità BLU: Area del "CIE Chromaticity Diagram"³⁸ entro le seguenti coordinate:

x	0,0913	0,178	0,233	0,149
y	0,1327	0,22	0,167	0,025

Non è da escludersi l'utilizzo di luce di altre tonalità, ovvero di lampade con caratteristiche speciali, per il soddisfacimento di particolari esigenze che verranno eventualmente dettagliate nelle SS.TT..

Di seguito si riportano gli impieghi tipici per le suddette cromie; si sottolinea che differenti/ulteriori utilizzi potranno trovare spazio all'interno delle SS.TT.. Per quanto tecnicamente possibile, le 4 colorazioni di luce di seguito esposte dovranno essere realizzate attraverso la commutazione del colore della medesima fonte luminosa; l'impiego di globi, schermi colorati o ulteriori sorgenti luminose dedicati è da ridurre al minimo.

9.2.1. Impiego della luce BIANCA.

È adottata per l'illuminazione generale della Nave e deve essere impiegata a bordo il più diffusamente possibile, compatibilmente con le prescrizioni di oscuramento e con la necessità di assicurare l'adattamento visivo dell'equipaggio al buio notturno.

La temperatura colore (Tk) per le lampade dei locali tecnici dovrà essere compresa tra 3700 e 4000 °K (bianco neutro); mentre per i locali di vita sarà compresa tra 2800 e 3100 °K (bianco caldo).

Per garantire l'uniformità di tonalità del colore bianco dovranno essere rispettate le

³⁸ Con riferimento alla ISO/CIE 11664-1 – CIE1931.

seguenti prescrizioni:

- le lampade poste all'interno di ogni locale dovranno presentare una deviazione massima tra il loro colore pari a 3step dell'ellisse McAdams, ovvero $\pm 80^{\circ}\text{K}$, ovvero $\pm 0.0015 \Delta u'v'$ (CIE 1976);
- le lampade poste all'interno di locali tra loro comunicanti e adiacenti dovranno presentare una deviazione massima tra il loro colore pari a 5step dell'ellisse McAdams, ovvero $\pm 160^{\circ}\text{K}$, ovvero $\pm 0.0050 \Delta u'v'$ (CIE 1976).

L'illuminazione media nei vari locali deve avere i valori riportati al successivo paragrafo 9.3.

9.2.2. Impiego della luce ROSSO BRUNA:

Deve possibile impiegarla in alternativa alla luce bianca normale nei seguenti locali/luoghi di bordo:

- locali con accessi diretti o indiretti verso l'esterno;
- locali/luoghi nei quali staziona personale che, per espletare particolare attività, necessità di un adattamento visivo all'oscurità;
- locali collettivi destinati al riposo.

Il valore di illuminamento deve essere compreso tra 4 e 10 lux.

Può essere impiegata, unitamente o in alternativa alla luce blu, nei locali operativi (eg COC, COP, ...).

9.2.3. Impiego della luce GIALLO BRUNA:

Deve essere impiegata per l'illuminazione limitata di tavoli da lavoro e tavoli tattici nei locali operativi della Nave dove, per motivi di oscuramento, non si possa adottare la luce bianca.

Il valore di illuminamento deve essere di almeno 10 lux.

9.2.4. Impiego della luce BLU:

Deve possibile impiegarla in alternativa alla luce bianca normale nei seguenti locali/luoghi di bordo:

- locali collettivi di bordo (es. mense, quadrati, palestre, ...) quale luce notturna;
- locali/luoghi di bordo collettivi e/o di transito in cui non è previsto il continuativo illuminamento con luce bianca.

Può essere impiegata, unitamente o in alternativa alla luce rosso bruna, nei locali operativi (es. COC, COP, ...).

9.3. Criteri d'illuminamento

La pubblicazione SMM100 (nella sua versione più aggiornata) riporta le norme da seguire per garantire un buon livello di abitabilità per i locali di bordo delle UUNN della MMI. Come tale, il § 307 rappresenta una linea guida anche per ciò che concerne l'illuminazione.

I valori sotto riportati si riferiscono ai normali sistemi d'illuminazione a luce bianca, il cui uso a bordo deve essere il più diffuso possibile. Dovrà infatti essere prevista l'illuminazione a luce bianca per tutti i locali di bordo.

Sono esclusi dalle presenti prescrizioni sistemi d'illuminazione particolari (ad esempio,

l'illuminazione di emergenza costituita da dispositivi asportabili, i sistemi per l'illuminazione notturna, percorso pilota, ecc.) e per i ponti scoperti.

Nella tabella seguente, sono stati inseriti i valori minimi di illuminamento medio accettabili per tutti i locali interni.

La pubblicazione NATO ANEP-25, nella sua versione più aggiornata, deve essere presa a riferimento per quel che riguarda i criteri generali da adottare per conseguire un livello d'illuminamento ottimale, le definizioni e le metodologie di verifica. Quali limiti dei vari parametri andranno, però, presi quelli di seguito riportati e non quelli indicati nella suddetta pubblicazione NATO³⁹.

Le prescrizioni contenute nel presente paragrafo hanno carattere generale. Qualora in determinati locali sia prevista l'installazione di apparati che richiedono particolari condizioni d'illuminamento (ovvero le richiedano le peculiari attività ivi svolte – es. Plancia, COC, ADT), dovrà essere installato un sistema d'illuminazione aggiuntivo che consenta di realizzarle. Dovrà, comunque, sempre essere presente anche un sistema d'illuminazione di luce bianca, conforme alle presenti norme almeno per quanto riguarda il livello d'illuminamento generale.

Se un locale, in funzione delle sue dimensioni e/o uso prevede l'esistenza di un sistema di illuminazione generale frazionato in più sottosistemi azionabili separatamente, il valore d'illuminamento complessivo dovrà essere garantito con tutti questi sottosistemi attivi simultaneamente.

Qualora una parte del sistema di illuminazione funga anche da illuminazione di riserva essendo posto sotto UPS, e ne sia previsto l'impiego in normali condizioni, il livello d'illuminamento prescritto potrà essere raggiunto con queste porzioni d'impianto attive.

Viceversa, i sistemi d'illuminazione d'emergenza/riserva che in condizioni normali non sono attivi (es. lampade ricaricabili asportabili dalle relative postazioni) non possono essere considerati a questo scopo.

Il progetto e l'installazione dovranno prevedere una corretta direzione di provenienza della luce ed la sua diffusione con buona uniformità. Sarà posta la massima cura per eliminare l'abbagliamento diretto, il riflesso, le ombre troppo nette e garantire la corretta visione degli schermi digitali. Il rapporto tra gli illuminamenti massimo e minimo nello stesso ambiente non deve eccedere 3.

Il piano di riferimento è posto ad 1 metro dal pavimento.

I valori sotto riportati rappresentano i valori minimi da ottenere "a regime". Pertanto, allo scopo di tener conto del naturale invecchiamento dei componenti e del normale insudiciamento delle superfici, in fase di progetto i predetti valori devono essere incrementati, moltiplicandoli per un fattore di progetto minimo di 1.25. Ad impianto nuovo (i.e. in occasione del collaudo per l'accettazione), devono essere garantiti i valori così incrementati.

³⁹ A titolo di esempio, l'ANEP25 dovrà essere presa a riferimento per la definizione della metodologia di calcolo del fattore di uniformità, ma i valori da considerare accettabili saranno quelli riportati nel seguito della presente NAV.

Locale	Illuminamento (lux)	Fattore di uniformità
Locali operativi adibiti esclusivamente al comando e controllo su eventuali piani di lavoro (a meno che non siano richieste condizioni d'illuminazione particolari. Vds prescrizioni a carattere generale)	150	≥ 0.40
	300	---
Locali quadri elettrici su quadri elettrici, armadi d'automazione, postazioni locali di comando	100	≥ 0.60
	150	---
Corridoi e passaggi coperti	100	---
Locali apparato motore su quadri elettrici, armadi d'automazione, postazioni locali di comando	100	≥ 0.40
	150	---
Locali apparati/impianto scafo su quadri elettrici, armadi d'automazione, postazioni locali di comando	100	≥ 0.40
	150	---
Segreterie sui piani di lavoro	200	≥ 0.60
	300	---
Cucine su piani di lavoro e sui distributori	200	≥ 0.40
	300	---
Lavanderie e stiratorie sui piani di lavoro	200	≥ 0.40
	300	---
Officine sui piani di lavoro ed in corrispondenza di macchine utensili	200	≥ 0.40
	300	---
Mense, quadrati, salette comuni zone lettura	225	≥ 0.60
	300	≥ 0.60
Alloggi (cabine uff.li, Sott.li, Truppa) zone lettura	150	≥ 0.40
	300	---
Locali igienici e docce	100	≥ 0.40
Cale e depositi	100	≥ 0.40
Depositazioni munizioni e locali preparazione armi su eventuali piani di lavoro (a meno che non esistano prescrizioni specifiche in relazione alle particolari attività svolte)	100	≥ 0.40
	200	---
Aree riservate al controllo dell'operazioni del Servizio di Sicurezza (eccetto COP/CS) sulle <i>Incident & State Board</i>	150	≥ 0.40
	300	---
Infermerie, ambulatori, laboratori relativi (su tavoli operatori, poltrone odontoiatriche, ecc: illuminazione localizzata speciale secondo standard medici)	400	≥ 0.40
Locali degenza	200	---
Tutti gli altri locali non specificati sopra	75	---

Tabella 8 – Livelli di illuminamento dei locali

Per le sentine e le celle secche (*void*) in cui vi è accesso si dovrà garantire l'illuminamento minimo per le operazioni di ispezione/manutenzione prevista. Sarà ritenuto, quindi, accettabile un illuminamento minimo di 50 lux in un raggio di 0,5m dall'oggetto della possibile manutenzione. Per i *void* per il quali non vi è accesso non verrà installata illuminazione fissa.

9.4. Distribuzione luce

Le prescrizioni contenute nel presente paragrafo si applicano sia nel caso in cui la distribuzione elettrica sia a zone, sia nel caso in cui essa sia strutturata per servizi (§ 7). Tuttavia, anche nel caso in cui la distribuzione sia per zone elettriche, all'interno di una medesima zona i sistemi di illuminazione saranno alimentati da sottoquadri ad essi dedicati. Inoltre, l'impianto luce sarà suddiviso in **luce normale** e **luce emergenza** a seconda del tipo di alimentazione.

Si definisce:

1. impianto **luce normale** quello che trae alimentazione direttamente dal sistema di distribuzione;
2. impianto **luce di riserva** quello composto dalle lampade in configurazione fissa che, traendo alimentazione da gruppi di continuità, garantisce un idoneo livello di illuminazione anche in caso di blackout; non rientrano all'interno di questa classificazione i circuiti e gli apparati destinati all'utilizzo in condizioni di emergenza dettata dalla difesa passiva (es. lotta antincendio, antifalla, ...) per i quali si rimanda alle specifiche norme.

L'autonomia in condizioni di blackout della luce di riserva sarà di almeno 30 minuti.

I due impianti dovranno essere azionabili separatamente e, in condizioni normali, saranno in funzione contemporaneamente, al fine di concorrere al raggiungimento dei livelli di illuminamento prescritti in 9.2.

L'impianto luce di riserva sarà limitato ai locali operativi normalmente presidiati, ai corridoi di transito, ai locali A.M. ed ausiliari, all'hangar, ai locali di vita comuni ed ai locali di grandi dimensioni ed avrà una potenza di illuminazione pari ad almeno il 25 % della potenza totale installata in ciascun locale interessato.

L'impianto di illuminazione di riserva sarà alimentato mediante un sistema IT.

L'impianto di illuminazione normale sarà alimentato mediante un sistema TT realizzato secondo le prescrizioni contenute in 7.4.1.

In assenza di esigenze particolari, gli alimentatori dei corpi illuminanti saranno tutti alimentati a 230Vc.a. monofase o bifase (due conduttori).

In relazione alla dimensione dell'ambiente considerato, al suo uso ed alla presenza eventuale di sorgenti d'illuminazione locale, l'impianto di illuminazione generale dovrà essere razionalmente suddiviso in più impianti azionabili separatamente.

La disposizione, la tipologia, il numero degli apparecchi illuminanti e la potenza delle lampade in essi contenute assicureranno i valori minimi di illuminamento medio indicati al precedente § 9.3.

In generale i circuiti previsti nei corridoi, scale, apparato motore, hangar, luce esterna, saranno comandati direttamente dai sottoquadri di distribuzione; i circuiti di illuminazione dei locali saranno invece comandati da un interruttore sistemato vicino alla porta, se non diversamente indicato. Sarà possibile, per i locali non presidiati per i quali l'illuminazione sarà normalmente spenta, prevedere l'accensione in modo automatico attraverso idonei

sensori di presenza/prossimità. Questi sensori dovranno poter essere bypassati attraverso interruttori sistemati vicino alla porta, con lo scopo di mantenere sempre accesa l'illuminazione. L'intervento di sensori fumo/incendio e allagamento comporterà l'automatica accensione dell'illuminazione.

Per la navigazione in oscuramento l'impianto di illuminazione sarà realizzato, limitatamente alle zone ad accesso diretto con l'esterno, con luce commutabile bianco-rossobruna e saranno adottati tutti i provvedimenti atti ad evitare qualsiasi filtrazione di luce all'esterno. La commutazione bianco-rossobruna in questi spazi sarà telecomandata dalla plancia e da SACIE.

Per gli alloggi multipli con più di quattro persone sarà prevista illuminazione rosso bruna notturna o azzurra a banda larga comandata sul posto.

L'illuminazione esterna sarà telecomandata dalla plancia e da SACIE.

9.5. Prescrizioni aggiuntive per i sistemi d'illuminazione

Tutti i corpi illuminanti dovranno tutti essere basati sulla tecnologia *Light Emission Diode* (LED). Eventuali limitati casi particolari di impiego di altra tecnologia saranno dettagliati nella SSTT.

Sono esclusi dalla presente trattazione:

1. i fanali rimovibili, con batteria autonoma, impiegate come lampade portatili di emergenza in dotazione agli stipetti di sicurezza antincendio;
2. i proiettori ad alta potenza di scoperta o per esterni (dotati eventualmente di lampada alogena);
3. luci del ponte di volo e sentieri luminosi;
4. sistemi di illuminazione speciale di visione notturno (NVG).

L'Indice di abbagliamento UGR dovrà essere sempre ≤ 22 ⁴⁰. Particolare cura dovrà essere posta per ridurre fenomeni di riflesso nei monitor.

I valori della Temperatura Tk, dell'Indice di Resa Cromatica (CRI) e dell'Abbagliamento (UGR) dichiarati dal costruttore relativi alla lampada completa devono riferirsi a test specifici.

Per quanto riguarda la Temperatura di Colore (Tk), i valori dichiarati dal costruttore devono prendere in considerazione ogni eventuale correzione della temperatura di colore della sorgente luminosa a LED, in ragione dell'utilizzo di schermi o di sistemi micro-ottici di illuminamento.

Tutte le lampade dovranno rientrare nella Classe ZERO di Rischio Fotobiologico (RG0) secondo la CEI EN 62471:2010, cioè "Rischio esente".

Si riportano nella seguente tabella i requisiti e le caratteristiche costruttive delle lampade a LED.

⁴⁰ È consentito un valore $UGR \leq 28$, subordinato alla fornitura di documentazione probante l'impossibilità di garantire $UGR \leq 22$, solamente per locali di piccola estensione.

Requisito	Applicazione	Parametro
Marcatura	Tutte le tipologie	CE
Tensione Nominale		230/115/48 Vc.a. 50/60 Hz
		24 Vc.c.
Fattore di potenza		> 0.9
Efficienza della lampada		> 100 lm/W
Classe di isolamento		Dipendente dalla sorgente luminosa
Grado di protezione IP		Dipendente dal luogo di installazione
Condizioni ambientali di funzionamento	Lampade per locali di vita	-20°C + 45°C
	Lampade per locali tecnici	-20°C + 55°C
Indice di resa cromatica (CRI)	Lampade per locali di vita	> 80
	Lampade per locali tecnici	> 70

Tabella 9 –Requisiti lampade a LED

Le lampade dovranno prevedere la possibilità di ridurre la loro luminosità, fino a c/a il 20% del loro valore nominale, attraverso opportuni sistemi (c.d. dimmer) in configurazione singola o per gruppi di lampade.

Le caratteristiche dei corpi illuminanti, e dei relativi sistemi di alimentazione, da installare all'interno di locali Nave dotati di classificazione particolare (es. Depositi Munizioni, locali con pericolo di esplosione, ...) dovranno rispettare le suddette indicazioni, unitamente a quanto riportato nelle norme ad essi prettamente dedicate (siano esse norme nazionali, internazionali e/o NAV).

Sarà possibile ridurre la luminosità di una singola lampada o di un insieme

9.5.1. Illuminazione interna

Le sorgenti di illuminazione dovranno essere di tipo a LED. Tale tipologia dovrà essere adottata non solo per le installazioni fisse di illuminazione, ma anche per finalità di segnalazione e per apparati portatili quali ad esempio fanali di segnalazione arancioni o verdi (nei pressi deposito munizioni o valvole antincendio), lampade testa-letto, lampade da scrittoio, luci specchio bagno, ...

Tra le varie soluzioni di corpi luminosi a LED, deve essere prediletta la tecnologia LED MULTICHIP, basata su circuiti a piastra che si caratterizzano per la grande efficienza luminosa, le alte rese cromatiche, la lunga durata, il design compatto ed elevata capacità di dissipazione del calore in modo da mantenere una bassa temperatura di giunzione.

Le tecnologie dei tubi di LED, delle lampade LED con attacco a vite o faretti LED, possono essere utilizzate per la sostituzione in retrofit dei tubi fluorescenti e lampade/faretti alogene o fluorescenti.

Ai fini di una maggior comprensione della terminologia usata nel seguito, si precisa che:

1. per sorgenti primarie si intendono i componenti elettronici LED e le relative ottiche;

2. per piastra luminosa s'intende l'insieme delle sorgenti primarie e della componentistica elettronica, insieme al circuito stampato che le ospita;
3. per diffusore si intende lo schermo e le superfici riflettenti che regolano la diffusione all'esterno del flusso luminoso;
4. contenitore portante è l'involucro metallico che supporta e contiene la piastra luminosa (o anche più piastre);
5. per corpo lampada si intende l'insieme completo del contenitore, diffusore e piastra (o piastre);
6. l'alimentatore è il componente che si interfaccia con la rete elettrica esterna ed alimenta, generalmente in bassissima tensione o con controllo in corrente, la piastra (o le piastre).

L'impiego di lampade a LED deve garantire i valori di illuminamento medio e di fattore di uniformità precedentemente riportati nel § 9.3.

9.5.2. Illuminazione esterna

Dovrà essere presente un sistema di illuminazione esterno realizzato mediante corpi illuminanti fissi di immediato impiego (i.e. che non richiedano operazioni di posa in opera propedeutica al funzionamento). È consentito l'utilizzo di dispositivi amovibili unicamente di fronte all'impossibilità di far ricorso a quelli fissi.

Il sistema d'illuminazione esterno dovrà essere composto da più sottosistemi azionabili separatamente da locale e, in distante, dalla plancia e da SACIE. La scelta ed il posizionamento dei corpi illuminanti dovrà essere fatta col criterio di ottenere un livello di illuminamento sufficiente a garantire il transito sicuro del personale. Nelle aree dove è previsto svolgere anche operazioni (es. zone manovra, stazioni d'imbarco combustibili, barcarizzi, ecc...) l'illuminazione dovrà essere maggiormente curata ed adeguata alla tipologia di operazioni da svolgere.

Sarà previsto un sistema di illuminazione, per quanto possibile fisso, per l'illuminazione delle sovrastrutture. Per quanto riguarda il profilo metallico con LED per illuminazione ponti esterni si rimanda alla specifica di idoneità all'impiego NAV-80-6220-0002-13-00B000⁴¹.

Saranno previsti idonei sistemi amovibili (con relativa presa di alimentazione) in grado di garantire l'illuminazione dei barcarizzi/scale di banda e del nominativo Nave.

Saranno previste prese stagne di alimentazione in prossimità di barcarizzi, scale di banda, aste di posta, zone d'ormeggio e di rifornimento ed un congruo numero di prese stagne per l'alimentazione delle lampade subacquee. Saranno inoltre previsti proiettori per l'illuminazione dello specchio d'acqua messa a mare imbarcazioni e mezzi di salvataggio.

Le prese di cui sopra saranno alimentate a gruppi tramite circuiti aventi sistema di comando in zona.

Tutti i sistemi sopra descritti ed i relativi accessori dovranno essere idonei all'impiego esterno con grado di protezione minimo IP56.

Per garantire l'illuminazione del Ponte di volo quando questo viene impiegato coperto per cerimonie di rappresentanza, saranno installate, in posizione tale da non interferire con le operazioni di volo, prese stagne di alimentazione alimentate a gruppi tramite circuiti aventi sistema di comando in zona.

⁴¹ Ovvero norma edita da questa D.T. che sostituisce/abroga tale NAV e tratta la medesima tematica.

9.5.3. Illuminazione area sanitaria

L'illuminazione di tutta l'area sanitaria, ad esclusione delle sale degenza, avrà un requisito minimo di 400 lux e includerà anche la luce notturna.

9.5.4. Fanali portatili ad intervento automatico per luce di riserva

La luce di riserva è prevista per:

1. garantire un minimo d'illuminazione allorché sono in avaria gli impianti luce normale e luce di riserva;
2. integrare con punti luce supplementari l'impianto luce di riserva quando l'impianto luce normale è in avaria.

A tal fine devono essere presenti a bordo un congruo numero di fanali portatili ad intervento automatico per luce di riserva, una parte dei quali dovranno essere dedicati ai posti di primo soccorso. I fanali saranno opportunamente disposti per garantire le funzioni sopra descritte e mantenuti in posizione tramite un idoneo dispositivo di fermo. Quest'ultimo dovrà consentire un rapido sgancio per il prelievo del fanale in caso di necessità.

Qualora non diversamente specificato i fanali saranno di tipo industriale e di tipologia LED, in robusta custodia e dotati di maniglia, dalle seguenti caratteristiche:

1. Possibilità di gestione delle luci tramite microprocessore⁴²
2. Pulsante multifunzione per gestione accensione/spegnimento lampada/alternanza luce bassa intensità/luce massima intensità.
3. Luce bianca (minimo 250 lumen, temperatura colore 4000°K o superiore).
4. Autonomia minima di 6 ore ad intensità luminosa costante.
5. Possibilità di accensione della luce a potenza ridotta (autonomia minima di 10 ore ad intensità luminosa costante).
6. Doppia sorgente luminosa con differenti angoli di emissione per fascio luminoso largo oppure fascio stretto.
7. Indicazione luminosa dello stato di carica della batteria e dei vari stati di ricarica della batteria.
8. Possibilità di regolare con precisione la direzione del fascio luminoso al fine di potere illuminare i varchi (sfuggite) quando la lampada è alloggiata nel proprio supporto.
9. Pacco batterie sigillato, senza possibilità di poter estrarre le singole celle ricaricabili e vita non inferiore ai 5 anni⁴³.
10. Controllo della temperatura batterie durante le fasi di ricarica per garantire la massima sicurezza nel funzionamento.
11. La lampada, presa singolarmente, garantirà un grado di protezione almeno IP 67 con isolamento in Classe III.
12. La lampada, quando collegata al sistema di ricarica, garantirà un grado di protezione dell'insieme almeno IP 66.
13. Il sistema di ricarica, quando non collegato alla lampada, garantirà un grado di protezione almeno IP 20 e sarà dotato di un sistema di protezione in grado di

⁴² La gestione delle luci tramite microprocessore programmabile permette:

- la gestione remota della lampada con una connessione alla rete dati nave per conoscere stato di attivazione;
- programmare periodici cicli di carica e scarica per meglio mantenere nel tempo la capacità batterie;
- interfacciare le lampade con il sistema rilevazione ed allarme incendio per far modo che la lampada si accenda in presenza di un allarme, e non solo per mancanza di tensione di rete.

⁴³ È consentito l'utilizzo di accumulatori a Litio (Li-ion) laddove sia utilizzato il microprocessore programmabile per la gestione delle lampade portatili

- salvaguardare i circuiti interni in caso di accidentale cortocircuito lato ricarica.
14. Temperatura di esercizio compresa fra -20°C e + 55°C.
 15. Galleggiante.
 16. Caricabatteria per ricarica rapida in 8 ore al massimo (da batterie completamente scariche).
 17. Collegamento elettrico del caricabatterie alla lampada in bassa tensione di sicurezza (<50 Vc.a.) e tramite idoneo connettore.
 18. In caso di mancanza di alimentazione elettrica la lampada dovrà accendersi istantaneamente alla minima intensità luminosa. Al ritorno dell'alimentazione dovrà spegnersi e riprendere la fase di ricarica.
 19. Peso indicativo: 1,5 Kg.
 20. Marcatura CE.
 21. Possibilità di luce intermittente oppure lampeggiante⁴⁴.
 22. Materiale impiegato per la costruzione di tipo “*flame retard*”, “*zero halogen*”, a bassa emissione di gas tossici in caso d'incendio

Sarà previsto un circuito fisso per l'alimentazione dei dispositivi di ricarica in corrispondenza delle normali posizioni di dispiegamento. Esso sarà del tipo IT, 230Vc.a. mono o bifase. I caricabatterie saranno connessi al circuito di alimentazione in modo da non permetterne la rimozione.

I fanali saranno sistemati nei locali operativi, in A.M., nei locali ausiliari, negli alloggi collettivi con più di sei persone, nei tunnel assi, nelle cale p.d.r., in mense, quadrati, corridoi e passaggi. Non saranno previsti negli altri alloggi, all'esterno ed in quelle zone dalle quali può filtrare luce verso l'esterno.

I fanali da installare all'esterno, ma comunque in prossimità degli accessi, dei locali con classificazione particolare (es. Depositi Munizioni, locali con pericolo di esplosione, ...) dovranno rispettare le suddette indicazioni, unitamente a quanto riportato nelle precipe NAV che ad essi si applicano.

9.5.5. *Low location light*

In accordo con la Convenzione SOLAS e la Risoluzione IMO A 752 (18) sarà prevista l'installazione di un sistema di *Low Location Light* (LLL) in grado di facilitare l'evacuazione del personale in caso di presenza di fumo. Tale sistema potrà essere composto da indicatori fotoluminescenti (PL: *Photoluminescent* - non oggetto di questa norma) o da sistemi elettrici (EP: *Electrically Powered* – oggetto di questo paragrafo).

Quest'ultima tipologia dovrà poter essere alimentata in condizioni normale dalla rete di bordo, e in caso di blackout tramite UPS per almeno 60 minuti.

Il sistema dovrà garantire:

1. una luminosità minima di 125 lumen/m²;
2. se realizzato con lampade ad incandescenza, le stesse dovranno garantire una luminosità minima di 2 lumen con una spaziatura non superiore a 100mm;
3. se realizzato con sistemi a LED (preferibili), l'intensità minima dovrà essere di 0.5 lumen e garantire un cono a metà della luminosità nella direzione visiva di avvicinamento con una spaziatura non superiore a 300mm;
4. che l'avaria di una lampada o striscia LED non comporti l'inefficienza di tutto il

⁴⁴ Per luce intermittente si intende l'alternanza ad intervalli di tempo prestabiliti di fasi di luce accesa con fasi di luce spenta. Per luce lampeggiante si intende l'alternanza di due intensità di luce al fine di richiamare l'attenzione del personale.

sistema;

5. grado minimo IP55.

I dettagli installativi sono riportati nella predetta Risoluzione IMO. Si riportano di seguito, in ogni caso, i posizionamenti minimi che devono essere rispettati.

L'impianto sarà esteso ai corridoi ed alle scale delle zone alloggi e di transito.

Ogni porta facente parte dei percorsi di fuga sarà contrassegnata dal segnale "Exit" e da una guida fotoluminescente verticale estesa fino a fianco maniglia.

I corridoi senza sbocco saranno evidenziati con frecce indicatrici opportunamente intervallate.

Segnali specifici saranno collocati anche in corrispondenza di ogni primo ed ultimo gradino delle scale facenti parte dei percorsi di fuga ed in corrispondenza di estintori e manichette.

9.5.6. Circuiti di alimentazione delle lampade testaletto

Per l'alimentazione dei circuiti lampade testaletto è prevista una tensione non superiore a 50Vc.a. tramite trasformatori di sicurezza dedicati.

In deroga alle prescrizioni di cui sopra è ammessa la possibilità di alimentare i circuiti testaletto a 230 Vc.a., previa autorizzazione di NAVARM, rispettando i seguenti requisiti minimi:

- a) alimentazione mediante sistemi TT realizzati in conformità a quanto prescritto in 7.4.1; utilizzo a protezione dei circuiti di interruttori automatici bipolari (tutte le fasi devono essere interrotte) magnetotermici dotati di elemento differenziale. La taglia degli interruttori dovrà essere strettamente commisurata alla potenza della linea. La taratura del differenziale dovrà essere non superiore a 30 mA;
- b) derivazione delle alimentazioni da trasformatori di isolamento dedicati di potenza non superiore a 1 kVA;
- c) i testaletto devono avere l'involucro connesso a massa, a meno che non siano di Classe II.

9.5.7. Fanali di navigazione

Il sistema di fanali di navigazione fa parte dell'impianto di illuminazione di bordo e deve essere realizzato in conformità al "*International agreement dated 1972 to prevent collisions at sea (COLREG 1972) IMO-901F*" (o eventuale altra norma che lo sostituisca).

I fanali di navigazione sono alimentati da apposito centralino che deve essere alimentabile sia dalla rete nave, che da UPS.

L'autonomia delle batterie dell'UPS deve essere tale da garantire il funzionamento dei fanali almeno per 6 ore nella peggiore situazione di assorbimento elettrico ipotizzabile.

Valgono inoltre le prescrizioni specifiche stabilite dal RINAMIL.

10. Impianti elettrici di propulsione

10.1. Scopo

Scopo del presente capitolo è quello di fornire indicazioni sulle principali caratteristiche che deve possedere l'impianto di propulsione della nave quando questa preveda l'impiego di componenti elettrici di potenza.

10.2. Generalità

La Propulsione Elettrica è distinta nei seguenti configurazioni:

- *Full Electric*: i propulsori sono mossi in maniera diretta o tramite riduttori;
 - Ibrida: i propulsori sono mossi con il concorso di *Prime Movers* (Diesel/Turbine a gas);
- In entrambi i casi la generazione elettrica è deputata a soddisfare il fabbisogno di potenza necessaria sia ai servizi nave, sia alla propulsione.

Possano esistere:

1. Due sistemi di generazione e distribuzione distinti per propulsione e servizi nave;
2. Due sistemi di generazione e distribuzione interconnessi, uno per la propulsione ed uno per i servizi nave;
3. Un unico sistema di generazione con uno o due sistemi di distribuzione.

Nel secondo e terzo caso si parlerà di Propulsione Elettrica Integrata (*Integrated Electric Propulsion*). Nel caso in cui si abbia una configurazione tale per cui la propulsione è completamente azionata da motori elettrici e ci si trova nel terzo caso, si parla di *Integrated Full Electric Propulsion* (IFEP).

10.3. Tipologie di Propulsione *Full electric*/ ibrida

L'insieme del motore elettrico e del *converter* di frequenza di propulsione può variare in osservanza dei requisiti dell'Unità. Senza ledere le generalità e considerando lo stato attuale di maturità delle soluzioni offerte dal mercato, si può seguire la tabella di seguito riportata per avere almeno un esame qualitativo ed iniziale:

Fattori	Propulsione meccanica	Full Electric	Ibrida (Gear Mounted)	Ibrida (Shaft Mounted)
Densità di potenza				
Rumore e Vibrazioni				
Affidabilità				
Vulnerabilità Nave				
Shock				
Flessibilità				
Costi iniziali				
Costi di esercizio				

Legenda:



Tabella 10 – Confronto tra differenti tipologie di propulsione

Analoghe considerazioni possono essere fatte per la scelta della tecnologia per quanto riguarda i *converter* di frequenza e le macchine rotanti. In generale, e sempre in maniera qualitativa, possono essere presentate le seguenti considerazioni:

Fattori	< 5 MW	≥ 5MW
Silenziosità	Magneti Permanenti + VSI ⁴⁵	Magneti Permanenti + VSI
<i>Shock</i>	Asincrono + VSI	Sincrono + LCI ⁴⁶
<i>Gear Mounted</i>	Asincrono + VSI	Sincrono + LCI
<i>Shaft Mounted</i>	MP +VSI	Sincrono + LCI

Tabella 11 –Confronto tra differenti tipologie di converter

Gli stessi motori elettrici possono essere utilizzati come *shaft generator*, laddove siano soddisfatte le seguenti condizioni:

- La potenza elettrica resa disponibile in uscita dal *converter* di alimentazione sia comparabile con quella delle altre sorgenti di energia presenti a bordo (genset);
- Il *converter* di propulsione sia del tipo Active Front End.

In generale, le macchine elettriche utilizzate come MEP dovranno rispettare almeno i seguenti requisiti:

Parametro	Requisito
Grado di protezione minimo	IP55 (inclusi i box terminali)
Temp. ambiente	55°C
<i>Voltage variation</i>	Steady state $\pm 2,5\%$
THD (<i>Voltage</i>) ⁴⁷	< 10%
<i>Overload</i>	1,6 p.u. per 15 sec
Classe di isolamento	F
Classe di sovratemperatura	B
Vibrazione	§ 4.6
Rumore	< 70 dB(A) @ 1 m
Shock	Secondo S.T. della Unità

Tabella 12 –Requisiti dei MEP

Per quanto attiene invece il *converter* di propulsione esso dovrà soddisfare almeno i seguenti requisiti.

⁴⁵ *Voltage Source Inverter*.

⁴⁶ *Current Source Inverter*; vista la potenza è naturale adottare una soluzione con 24 o 48 impulsi (2 o 4 *converter* in parallelo).

⁴⁷ In caso di *converter* non AFE/VSI.

Parametro	Requisito
Grado di protezione minimo	IP54 (inclusi i box terminali)
Temp ambiente	55°C (in engine room)
Classe di isolamento	F
Classe di sovratemperatura	B
Vibrazione	§ 4.6
Rumore	< 70 dB(A) @ 1 m
Protezioni	<ul style="list-style-type: none"> • Overspeed • Overcurrent • Overvoltage • Motor Torque Overload • Differential • Reverse Power • Direction Over Power • Power limitation System • Interface with Ship Management System
Shock	Secondo S.T. della Unità

Tabella 13 –Requisiti dei *converter*

Inoltre, i *converter* di propulsione dovranno essere progettati per poter funzionare anche alimentati in un sistema IT con un guasto a terra esistente. In particolare, dovrà essere dimostrato (tramite prove o calcoli) che l'eventuale perdita di una fase non comporti l'innalzamento del livello della tensione delle due fasi "sane" tale da superare il livello della tensione di isolamento propria dei componenti del *converter*.

10.4. Normative applicabili

Le normative applicabili sono:

- RINAMIL Pt C, Ch 02 relative alle "Electrical installations".
- IEC 60034 series "Rotating electrical machines"
- IEC 60072 series "Dimensions and output series for rotating electrical machines"
- IEC 60533 "Electrical and electronic installations in ships. Electromagnetic compatibility"
- IEC 60945 (4th ed.) "Maritime navigation and radio-communication equipment and systems-General requirements -Method of testing and required test results".
- MIL-STD-461G "Requirements for the control of electromagnetic interference characteristics of subsystems and equipment".

11. Collaudi

11.1. Scopo

Le prove/collaudi a cui sottoporre i materiali, apparecchiature e macchinari sono, come minimo, quelle previste dal RINAMIL. Scopo del presente capitolo è quello di fornire un elenco di test aggiuntivi da effettuare per gli impianti principali a connotazione elettrica. Si fa salvo che quanto dettagliato nelle SSTT possa derogare a quanto di seguito indicato.

Si rammenta che, in caso di contratti di fornitura tramite OCCAR o altre agenzie/enti internazionali, i test e la tipologia di collaudi saranno in osservanza del relativo SoW – Q&A Plan.

È d'uopo riportare a cappello generale che durante tutti i test, indipendentemente dalla fonte normativa di riferimento e dalla sede di svolgimento, non dovranno emergere sulle singole apparecchiature allarmi inerenti parametri fondamentali. In tal caso la prova dovrà essere interrotta e ri-effettuata nella sua interezza solo dopo aver risolto la problematica.

11.2. Collaudi in fabbrica (*Factory Acceptance Test-FAT*)

La specifica tecnica contrattuale dovrà prevedere, come requisito minimo, che tutti i materiali, apparecchiature e macchinari facenti parte dell'impianto elettrico siano sottoposti al collaudo da parte del Servizio Assicurazione della Qualità del Cantiere e/o dei suoi sub fornitori, e/o dal R.I.Na o di altro organo regolatore appartenente all'IACS.

Qualora se ne ravvisi la necessità, dovrà inoltre essere richiesta l'applicazione dell'Assicurazione Qualità Governativa e previsto il collaudo da parte di rappresentanti dell'A.D.

Tutti i certificati di conformità, omologazione R.I.Na e collaudo dovranno essere consegnati all'Ufficio Tecnico Territoriale di NAVARM competente per il contratto Nave.

In particolare, i seguenti collaudi in fabbrica dovranno essere eseguiti alla presenza dei delegati della M.M., qualunque sia il sistema di controllo qualità prescelto:

1. azionamenti di propulsione elettrica;
2. motori elettrici di propulsione
3. gruppi generatori;
4. quadri elettrici principali;
5. *converter* di frequenza e filtri
6. impianto di automazione

11.2.1. FAT dei generatori

Per i generatori di bordo saranno eseguiti i test indicati nel Rinamil PartC, Ch02, Sec 4.

Inoltre, rispetto a tale norma di Registro, dovranno essere eseguite le seguenti prove:

- Misura della resistenza di isolamento (vds. di seguito);
- Misura delle reattanze e costanti di tempo (come §6.3.7 della NAV-70-6125-0019-13-00B000⁴⁸ e s.m.i.);
- Verifica della regolazione della tensione e frequenza (vds. di seguito).
- Verifica dei valori vibrazionale (vds. §4.6)

Le prove identificate dal Rinamil quali *type test* e la misura delle reattanze e delle

⁴⁸ O in ogni caso il capitolo inerente la “Misura dei valori di reattanza e costanti di tempo” della norma edita da questa D.T. che sostituisce/abroga tale NAV e tratta la medesima tematica.

costanti di tipo dovranno essere eseguite:

- su un solo campione, per fornitura da 1 a 8 generatori;
- su due campioni, per fornitura superiore a 8 generatori.

Le restanti macchine, pertanto, saranno soggette alle sole prove definite come *routine test* dal Rinamil, al rilievo vibrazionale, alla misura della resistenza di isolamento e alla verifica della regolazione della tensione e della frequenza.

Per quanto concerne le prove di isolamento delle macchine e delle apparecchiature relative:

1. le prove andranno effettuate “a freddo” e “a caldo”, ovvero prima e subito dopo i test di carico;
2. la durata di applicazione della tensione di prova non deve essere inferiore a 60 sec.;
3. si deve registrare la temperatura degli avvolgimenti e l'umidità relativa ambientale al momento della prova;
4. i valori di tensione di prova e i valori minimi da rilevare saranno quelli riportati nella tabella 2 della Pt C, Ch2, Sec4 del Rinamil.

Il rendimento della macchina elettrica andrà valutato con un fattore di potenza pari a 0.8 in ritardo, se non diversamente espresso nelle SSTT.

Tutti i generatori andranno provati secondo le seguenti modalità per verificare la corretta regolazione di frequenza e tensione:

1. Prove a regime permanente con carico stazionario ai seguenti valori 25%, 50%, 75%, 100% e 110% della potenza nominale:
 - verifica che la tensione rimanga entro $\pm 3\% V_n$ per tutti i carichi;
 - verifica che la tensione rimanga entro $\pm 3.5\% V_n$ per tutti i carichi per generatori di emergenza;
 - verifica che la variazione di velocità in tutto il *range* di carico sia minore del 5%;
2. Istantaneo passaggio dal 100% del carico a 0% per verificare che non intervenga il dispositivo di sovravelocità;
3. Prove a carico transitorio da 0% a 33%; da 33% a 66% e da 66% a 100%:
 - verifica che la tensione rimanga compresa tra -85% e +120% e rientri entro $\pm 3\%$ in non oltre 1.5sec;
 - verifica che la tensione rimanga compresa tra -85% e +120% e rientri entro $\pm 4\%$ in non oltre 5sec per generatori di emergenza;
 - verifica che il massimo squilibrio di frequenza 4% da ripristinare entro 2sec.

Durante le prove dovrà essere utilizzato, in particolare, un carico ohmico-induttivo con caratteristiche che possano ricreare le condizioni di bordo. In assenza di specifiche informazioni riguardo i carichi improvvisi a cui sottoporre la macchina, dovrà essere eseguita una prova ai sensi del Rinamil Part C, Ch 02, Sec 4, §4.4.4, ovvero come da § 6.4.1 della NAV 70-6125-0019-13-00B000 e s.m.i.⁴⁹.

Le suddette verifiche andranno effettuate in un punto quanto più prossimo possibile alla morsettiera del generatore.

⁴⁹ O in ogni caso il capitolo inerente la “Verifica della regolazione della tensione nel transitorio” della norma edita da questa D.T. che sostituisce/abroga tale NAV e tratta la medesima tematica.

Le macchine elettriche/generatori asse, utilizzati in modalità PTO/PTI, dovranno essere provate in fabbrica in tutti i regimi di funzionamento. In particolare, in caso di trascinamento da parte di altri *prime movers* della propulsione, si dovrà dimostrare durante i test il corretto funzionamento delle macchine anche ai regimi di rotazione nel campo di PTO.

11.2.2. FAT dell'impianto di propulsione elettrica

Ogni singolo componente della catena propulsiva elettrica dovrà essere testato secondo il RINAMIL Pt C, Ch 02, Sec 4, 6 e 14.

In aggiunta a queste dovranno essere eseguite, per i soli *converter*, le seguenti prove:

- “*Full load Reactive Current Test*”⁵⁰;
- analisi dello spettro armonico (THDi, THDv, % ampiezza massima) con un carico di prova;
- misure (o presentazione dei calcoli) delle dissipazioni in calore;
- “*DC Link Voltage Discharge Test*”;
- “*Full Load Current Test*”²¹.

Dovranno essere, poi, testate le seguenti sicurezze:

- *Overspeed test*;
- *Overcurrent test*;
- *Power Limitation System*;
- *DC link overvoltage*;
- *Motor overload*.

Inoltre, dovrà essere sostenuta, almeno per la *First of Class*, una *Factory Qualification Test* (FQT) così dettagliata:

- le macchine saranno testate secondo uno *string test*;
- nel caso che l'Unità sia dotata di due assi, le apparecchiature potranno essere testate in contrapposizione (configurazione *back-to-back*).

In entrambi i casi, e in ogni caso laddove le macchine elettriche abbiano la funzione di *shaft generator*, saranno testate anche in questa funzione ai giri di funzionamento corrispondenti. La FQT avrà lo scopo di rilevare almeno i seguenti parametri:

- efficienza totale della “catena propulsiva” ai diversi regimi di rotazione;
- confermare la *capability curve*;
- valutare la coppia di spunto (*breakaway torque*) per la successiva comparazione con il diagramma di capacità dei genset disponibili a bordo;
- diagrammare le curve di potenza/coppia in PTO e PTI ai diversi regimi di rotazione;
- provare il funzionamento del *converter* di propulsione qualora sia utilizzato anche per altri scopi (p.e. *Shore Connection*).
- provare la sicurezza del *Power Limit*;
- rilevare i livelli di vibrazione e rumore.

11.2.3. FAT dei trasformatori di potenza

Durante le prove in fabbrica, tutti i trasformatori di potenza dovranno essere sottoposti alle prove minime riportate nel § 11.1.2.1 della IEC 60076-1 (nella sua versione più recente).

⁵⁰ Da eseguirsi solo su prototipo o sul primo esemplare.

11.3. Collaudi a bordo (*Harbour Acceptance Test-HAT*)

Si dovranno eseguire le prove di pratico funzionamento di tutto l'impianto elettrico di bordo e dei suoi componenti, incluso il SACIE.

Le prove cui sottoporre l'impianto elettrico nel suo insieme ed i materiali, apparecchiature e macchinari che lo compongono sono, come minimo, quelle previste dal RINAMIL. I componenti/sistemi installati a bordo dovranno essere in grado di soddisfare i requisiti del RINAMIL Pt C, Ch02, Sec15.

In aggiunta dovranno essere verificate almeno le seguenti condizioni:

- La verifica della funzionalità e dell'autonomia degli impianti di tipo “*transitional source of energy*” dovrà essere eseguita col il valore nominale del carico (se non completamente disponibile simulandolo purché di pari potenza attiva e reattiva) e senza impianto di condizionamento in moto (condizione più simile al *blackout*);
- Il corretto passaggio di carico terra/bordo e viceversa senza *blackout* attraverso il sistema di automazione, anche nel caso in cui l'alimentazione della Unità sia assicurata per il tramite di un *converter* di frequenza della propulsione;
- La verifica delle protezioni per sovracorrente e cortocircuito degli interruttori dei quadri elettrici nei vari assetti⁵¹. In particolare, dovranno essere verificate le sicurezze in relazione al numero delle sorgenti di energia e alle loro differenti tipologie;
- La corretta funzionalità dell'impianto di illuminazione dovrà essere verificata in base alle modalità di prova previste dalla ANEP-25 nella sua versione più aggiornata (tale norma NON andrà necessariamente seguita per quanto riguarda i limiti dei vari parametri, vds §9);
- La corretta funzionalità dei generatori come dettagliato nel successivo §11.3.1.

Le prove saranno eseguite alla presenza della Commissione d'accettazione e collaudo della MMI sulla scorta degli appositi test memoranda, compilati dal Cantiere e preventivamente sottoposti all'approvazione della M.M. e, se del caso, del RINA, onde accertarne la rispondenza ai requisiti espressi dalla specifica tecnica contrattuale.

11.3.1. HAT dei generatori

Le HAT dovranno prevedere almeno quanto previsto dal RINAMIL della Pt C, Ch 02 Sec 15.

Le HAT sui DD/GG saranno destinate a rilevare le seguenti caratteristiche:

- a. Regolazione della tensione in presenza di carico ohmico-induttivo;
- b. Regolazione della tensione e della frequenza in parallelo con carico ohmico-induttivo.

Per i punti a. e b. il carico utilizzato per le prove dovrà avere un fattore di potenza non superiore a 0.8 in ritardo.

Per il punto b, i test di parallelo dovranno essere eseguiti in tutte le possibili combinazioni dei generatori in rete previste da Bilancio elettrico, anche per gli assetti di navigazione. Si dovranno verificare, in particolare, le condizioni dettate nel §6.2.3.

11.4. Collaudi a bordo (*Sea Acceptance Test-SAT*)

Dovranno essere testati i macchinari principali e ausiliari relativi alla propulsione elettrica (ibrida o full) tenendo presente quanto segue:

⁵¹ Con riferimento agli interruttori che variano le loro soglie di taratura in relazione all'assetto dell'impianto elettrico.

- Le prove dovranno essere tese alla verifica della massima velocità raggiungibile, della massima velocità continuativa e delle misure di autonomia nave;
- I GG.AA. dovranno essere testati secondo le condizioni di servizio previste da bilancio elettrico;
- La selettività delle protezioni dovrà essere verificata anche con i GG.AA. in rete, sia che fungano da unica sorgente di alimentazione, sia che si trovino in parallelo con le altre sorgenti di energia principali;
- Tutte le prove previste in HAT, che per ragioni tecniche o operative, non sia stato possibile eseguire dovranno essere condotte durante le SAT.