

Capitolo I**Analisi normativa**

<i>1.1 Generalità.....</i>	<i>2</i>
<i>1.1.1 Organismi nazionali.....</i>	<i>2</i>
<i>1.1.2 Organismi internazionali</i>	<i>3</i>
<i>1.2 Prescrizioni della norma IEC 60092-507 per l'impianto di "massa".....</i>	<i>5</i>
<i>1.3 Regolamento RINA.....</i>	<i>11</i>
<i>1.4 Regolamento AB&YC.....</i>	<i>12</i>
<i>1.5 Altre norme, leggi e direttive comunitarie.....</i>	<i>13</i>
<i>1.6 Analisi comparativa.....</i>	<i>14</i>
<i>1.7 Scelte adottate in seguito all'analisi svolta.....</i>	<i>24</i>

1.1 Generalità

Per l'analisi e il dimensionamento dell'impianto di terra sulle imbarcazioni da diporto è necessario un corretto approccio al quadro normativo generale degli impianti elettrici e a quello specifico del settore navale. Oltre che alle norme si farà riferimento ai regolamenti di enti di certificazioni navali, non specifici delle imbarcazioni da diporto, come quello RINA, ed agli standard di qualità definiti da AB&YC.

In primo luogo le norme si possono distinguere in:

- **norme legislative:**

sono emanate dal Parlamento o dal Governo e possono prevedere eventuali sanzioni per la loro inosservanza. Sono sempre obbligatorie nell'ambito nazionale per tutti gli operatori del settore e per tutti i cittadini. Proprio per la loro obbligatorietà, i provvedimenti legislativi contengono sempre le linee generali della materia trattata e quasi mai arrivano a disciplinare la singola fattispecie per la quale fanno sovente riferimento alle norme tecniche;

- **norme tecniche:**

sono emanate da organismi nazionali ed internazionali e comprendono criteri costruttivi e regole di buona tecnica riguardanti la funzionalità ed il sicuro utilizzo dei prodotti o degli impianti elettrici. Sono redatte in modo dettagliato, non sono generalmente obbligatorie, ma assumono rilevanza giuridica nel caso in cui gli venga attribuita da un provvedimento legislativo.

1.1.1 Organismi nazionali

- **CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano):**

il CEI emette norme tecniche nel settore elettrico. E' suddiviso in appositi comitati tecnici, fra cui si ha il comitato 18 che si occupa specificamente del settore navale.

Il CEI è il comitato nazionale che rappresenta l'Italia in sede IEC, CENELEC, e partecipa ai lavori comunitari per la stesura delle norme.

E' affiancato all'UNEL (Unificazione Elettrotecnica ed Elettronica) da cui derivano tabelle CEI-UNEL;

- **RINA (Registro Italiano Navale):**

società di classificazione navale nazionale, che esercita le seguenti funzioni:

- predisporre prescrizioni tecniche indicanti le caratteristiche che le navi devono avere per essere considerate sicure (regolamenti). Tali prescrizioni sono un'estensione di quelle già previste dall'IMO,

- effettua le verifiche per accertare che le navi soddisfino i regolamenti, sia in fase di costruzione e/o collaudo, che durante la vita utile della stessa. Quando ciò accade la nave è classificata ed è inclusa in appositi registri, che vengono continuamente aggiornati e pubblicati,
 - rilascia certificati di conformità alle normative, nazionali ed internazionali:
- oltre alle funzioni ad essi attribuite da enti governativi, la società di classificazione opera anche liberamente come consulente tecnico, in particolare come ente di certificazione di qualità.

1.1.2 Organismi internazionali

Fra gli organismi internazionali si hanno:

- **ISO (Organismo Internazionale di Standardizzazione):**

organismo di normalizzazione a livello mondiale per tutti i settori, si occupa della standardizzazione nel settore tecnico industriale;

- **IEC (Comitato Elettrotecnico Internazionale):**

è un organismo (con sede a Ginevra) di normalizzazione a livello mondiale con scopi di unificazione delle norme nazionali nel settore elettrico ed elettronico.

Vi partecipano la totalità dei paesi industrializzati ed è strutturato in comitati tecnici per ogni settore specifico.

Le pubblicazioni IEC sono destinate a divenire norme armonizzate a livello europeo.

Le decisioni prese in ambito IEC non sono vincolanti per i comitati nazionali, ovviamente rimane l'impegno di introdurle nei singoli paesi, adattandole alle normative già esistenti o facendo riferimento ad esse apportando eventuali deroghe o modifiche;

- **CENELEC (Comitato Europeo di Normalizzazione Elettrotecnica):**

è costituito dai comitati nazionali di normalizzazione dei paesi della CEE e di altri paesi come la Norvegia e la Svizzera.

Lo scopo del CENELEC è di armonizzare le normative dei singoli paesi membri in modo da eliminare possibili ostacoli tecnici al libero scambio commerciale fra i membri.

Il CENELEC emette documenti di armonizzazione (HD) o norme europee (EN):

- **documento HD (Harmonization Document):**

è un documento di riferimento, i cui contenuti tecnici vanno introdotti nelle norme nazionali entro un tempo preventivamente concordato,

- **norma EN (European Norm):**

è un documento concordato in sede CENELEC il cui testo viene tradotto integralmente, senza alcun cambiamento, nella lingua nazionale e costituisce una norma nazionale in tutti i paesi della Comunità Economica Europea. Tali norme, vengono recepite dai paesi membri della CEE con le procedure previste per ogni paese, ad esempio in Italia avviene mediante Decreto del Ministro dell'Industria;

- **IMO (International Marine Organization):**

Agenzia delle Nazioni Unite, specializzata nel settore navale, che ha lo scopo di “*aumentare*” la sicurezza in mare. È divisa in comitati e sottocomitati, di cui due hanno particolare importanza:

- **Marine Safety Committee (MSC)**, che si occupa della salvaguardia delle vite umane in mare,
- **Marine Environment Committee (MEPC)**, che si interessa della salvaguardia dell'ambiente rispetto alle attività connesse con la navigazione.

Sotto l'egida dell'IMO sono state adottate, da tutti i paesi aderenti, alcune convenzioni internazionali sulla salvaguardia della vita umana in mare e sulla sicurezza ambientale, fra cui:

- **SOLAS (International Convention on Safety of Live at Sea):**

è la convenzione in ambito IMO che si occupa della salvaguardia della vita umana in mare. Definisce le regole che devono essere adottate al fine di realizzare navi aventi un livello di sicurezza accettabile per tutti gli stati aderenti. Essa è valida solo per le navi non da diporto e non a vela, che effettuano viaggi internazionali. Questa convenzione contiene esplicite prescrizioni per quanto riguarda i sistemi elettrici di bordo;

- **AB&YC (American Boat and Yacht Council):**

è un'organizzazione a carattere volontario, che opera negli Stati Uniti, si pone il compito di definire gli standards e le procedure più appropriate per la costruzione delle imbarcazioni da diporto e delle relative attrezzature.

L'applicazione degli standards è assolutamente volontaria e non è imposta da nessuna legge.

Negli Stati Uniti e nelle aree ad essi associate (Caraibi, ecc.), costituiscono il principale riferimento tecnico e di qualità per la nautica da diporto.

AB&YC fa riferimento agli enti normatori, primo fra tutti l'ISO.

1.2 Prescrizioni della norma IEC 60092-507 per l'impianto di "massa"

Fra le norme emanate dall'organizzazione IEC, si hanno quelle della serie 60092 che trattano gli impianti navali, in particolare la norma IEC 60092-507 si occupa degli impianti elettrici sulle imbarcazioni da diporto. Di seguito vengono riportate fedelmente alcune parti di essa, riguardanti l'impianto di "massa".

Questa norma è così organizzata:

Introduzione

- 1. Campo di applicazione*
- 2. Riferimenti normativi*
- 3. Definizioni*
- 4. Prescrizioni generali*
- 5. Sistemi di distribuzione*
- 6. Fattore di contemporaneità*
- 7. Protezione contro le scosse elettriche*
- 8. Grado di protezione*
- 9. Cavi*
- 10. Protezioni contro le sovracorrenti*
- 11. Strumenti di misura*
- 12. Componenti*
- 13. Impianto*
- 14. Prove*

CAMPO DI APPLICAZIONE (1)

La presente parte della IEC 60092 specifica le prescrizioni per il progetto, la costruzione e l'installazione di sistemi elettrici nelle imbarcazioni da diporto. Si applica alle imbarcazioni da diporto che navigano nelle acque interne e a quelle che navigano per mare.

La presente norma si applica ai seguenti tipi di sistemi elettrici nelle imbarcazioni da diporto con una lunghezza compresa tra 24 m e 50 m, oppure che hanno una stazza lorda registrata non superiore a 500 grt (tonnellate di stazza lorda):

- a) sistemi monofasi in corrente alternata che funzionano a una tensione nominale non superiore a 250 V;*
- b) sistemi trifasi in corrente alternata che funzionano a una tensione nominale non*

superiore a 500 V;

- c) sistemi in corrente continua che funzionano a una tensione nominale non superiore a 50 V.*

La presente norma si applica anche ai sistemi trifasi in corrente alternata che funzionano a una tensione nominale non superiore a 500 V, in imbarcazioni da diporto di lunghezza inferiore a 24 m.

DEFINIZIONI (3)

Bassissima tensione di sicurezza (3.1)

Tensione che non supera 50 V c.a. efficaci o 50 V c.c. tra i conduttori o tra un conduttore e la massa, in un circuito isolato dai circuiti a tensione superiore.

Parte conduttrice esposta¹ (3.7)

Parte conduttrice dei componenti elettrici che può essere toccata e che normalmente non è attiva, ma che può diventarlo in condizioni di guasto².

Sistemi di distribuzione (5):

Sistemi normali di distribuzione in c.c. (5.1)

(5.1.1) I sistemi devono essere:

- a) a due fili isolati; oppure*
- b) a due fili con un polo a massa; oppure*
- c) a tre fili con il punto centrale a massa, ma senza ritorno nello scafo.*

(5.1.2) Le tensioni c.c. raccomandate sono 12 V, 24 V e 38 V.

Sistemi normali di distribuzione in c.a. (5.2)

(5.2.1) I sistemi devono essere:

- d) trifase, a tre fili isolati; oppure*
- e) trifase, a quattro fili con neutro a massa, ma senza ritorno nello scafo; oppure*
- f) monofase, a due fili isolati; oppure*
- g) monofase, a due fili con un polo a massa; oppure*
- h) monofase, a due fili con con punto centrale a massa per l'illuminazione e per le*

¹ La frase “exposed conductive part” nella versione italiana è stata tradotta come massa, ciò può creare confusione con le definizioni che vengono date nei paragrafi successivi.

² In realtà nella norma si parla di parte attiva, senza spiegarne il significato.

prese di corrente; oppure

- i) monofase, a tre fili con punto centrale a massa, ma senza ritorno dallo scafo.*

Sistemi di distribuzione messi a massa (5.3)

(5.3.1) La messa a massa di un sistema deve essere eseguita indipendentemente dalla modalità di collegamento delle parti metalliche che non portano corrente (masse)³.

(5.3.2) Nella connessione a massa del neutro deve essere posto un collegamento rimovibile in modo che possa essere scollegato per la manutenzione e la misura della resistenza di isolamento del sistema.

Connessione con la terra ferma (5.7) (vedi IEC 60674-7-709)

(5.7.3) Un morsetto di massa deve essere previsto per collegare lo scafo⁴ a una massa (earth) appropriata. Si dovrebbe considerare in modo particolare il rischio di corrosione elettrolitica dello scafo dell'imbarcazione⁵.

Questo morsetto di massa può essere incorporato nel dispositivo di connessione alla terraferma.

(5.7.8) La connessione deve essere comandata da un interruttore o da un commutatore protetto contro le sovracorrenti. I dispositivi di protezione devono aprire simultaneamente tutti i conduttori attivi non a massa e il conduttore di neutro. Il conduttore di messa a massa non deve essere interrotto dal funzionamento del dispositivo di protezione contro le sovracorrenti.

(5.7.9) Il dispositivo di connessione alla terra ferma deve essere una presa fissa con una connessione a massa incorporata, progettata in modo da collegare il conduttore di massa prima dei conduttori attivi [...].

Protezione contro le scosse elettriche (7)

Protezione contro il contatto diretto (7.1)

Le apparecchiature devono avere un grado di protezione contro il contatto diretto di almeno

³ In realtà nella traduzione italiana della norma la dizione “non-current-carrying part” è stata tradotta come “parti non conduttrici” invece di “parti che non portano corrente”.

⁴ Collegare lo scafo in materiale composito a una terra non risulta particolarmente significativo.

⁵ Ancora una volta la norma sottintende che l'imbarcazione abbia uno scafo di metallo, sarebbe più appropriato parlare delle parti metalliche facenti parte dell'impianto di massa a contatto con l'acqua.

IP2X o IPXXB conformemente alla EN 60529.

Protezione da contatti indiretti (7.2)

Protezione tramite la disconnessione automatica dell'alimentazione (7.2.1)

(7.2.1.1) Generalità

Un dispositivo automatico di protezione deve disconnettere automaticamente l'alimentazione del circuito o del componente in caso di guasto tra una parte attiva e una parte conduttrice esposta.

Nei sistemi non a massa, è permesso che un singolo guasto tra una parte attiva e una parte conduttrice si verifichi senza disconnessione automatica, purché vi sia un controllo dello stato dell'isolamento. Un secondo guasto deve causare la disconnessione automatica.

Una tensione di contatto presunta che superi la massima tensione di sicurezza, definita in 3.1, deve durare meno del tempo sufficiente a causare un rischio di danno fisiologico alle persone.

Sistemi a massa (7.2.1.2)

Nei sistemi a massa tutte le parti conduttrici esposte dell'impianto devono essere connesse al punto a massa del sistema di potenza mediante conduttori di protezione che devono essere messi a massa sul relativo trasformatore o generatore o nelle vicinanze di esso.

Nei sistemi a massa, il dispositivo di protezione deve essere:

- un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti; oppure*
- un dispositivo differenziale.*

Sistemi non a massa (7.2.1.3)

Nei sistemi non a massa, l'impianto deve essere isolato dalla massa o collegato alla massa attraverso un'impedenza sufficientemente alta⁶. Questa connessione deve essere eseguita al punto neutro del sistema.

Le parti conduttrici esposte devono essere a massa.

Nei sistemi non a massa, il dispositivo di protezione deve essere:

- un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti; oppure*
- un dispositivo differenziale.[...]*

L'alimentazione per i servizi essenziali che non sono duplicati non deve essere scollegata da

⁶ Anche in questo caso non viene specificato il valore minimo dell'impedenza.

un singolo guasto a massa.

Protezione mediante l'uso dei componenti di classe II (7.2.2).

La protezione mediante l'uso dei componenti di classe II o mediante isolamento equivalente è prevista per evitare il verificarsi di tensioni pericolose sulle parti accessibili dei componenti elettrici dovute a un guasto nell'isolamento principale [...]. (IEC 60536 e IEC 61140)

Protezione mediante separazione elettrica (7.2.3).

Il circuito che usa la corrente deve essere separato dall'impianto dell'alimentazione in modo che, nel caso di un guasto nell'isolamento nel circuito separato, non possa presentarsi alcuna tensione di contatto pericolosa.

CAVI (9)

Determinazione della sezione dei conduttori (9.4).

(9.4.3) La sezione minima della connessione di massa in rame per i componenti deve essere come segue:

a) per i conduttori di continuità di massa (conduttore di protezione) in un cavo flessibile:

- una sezione pari a quella del conduttore che porta corrente, se quest'ultimo è inferiore o uguale a 16 mm^2 ; oppure*
- una sezione pari al 50% del conduttore che porta corrente, se quest'ultimo è superiore a 16 mm^2 , con un minimo di 16 mm^2 :*

b) per i conduttori di continuità di massa incorporati in un cavo fisso multipolare:

- una sezione pari a quella dei conduttori principali, se quest'ultimo è inferiore o uguale a 16 mm^2 , con un minimo di 1.5 mm^2 ; oppure*
- una sezione non inferiore al 50% della sezione del conduttore principale, se quest'ultimo è superiore a 16 mm^2 , con un minimo di 16 mm^2 .*

IMPIANTI (13)

Messa a massa (13.1)

(13.1.1) Ciascuna connessione a massa deve essere in rame o in altro materiale resistente alla corrosione, deve essere installata in modo sicuro e deve essere protetta contro i danni e contro la corrosione galvanica.

(13.1.2) La sezione nominale di un conduttore separato di massa non deve essere inferiore

alla metà della sezione del conduttore che trasporta corrente ma con un minimo di 3⁷ mm².

Per i conduttori di continuità di massa incorporati in un cavo fisso, vedi 9.4.3.

(13.1.3) Le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico, diverse da quelle che portano corrente, devono essere messe a massa.

(13.1.4) Gli involucri metallici degli apparecchi elettrici devono essere collegati al sistema comune di messa a massa dell'imbarcazione, oppure essere costruiti conformemente al principio del doppio isolamento.

(13.1.5) In imbarcazioni non metalliche, si deve prevedere la connessione tra la struttura del generatore, il supporto motore, gli elementi metallici del sistema del carburante e la piastra di messa a massa. La "presa di terra" deve essere di rame o di altro materiale conduttivo compatibile con l'acqua di mare, e deve avere una superficie non inferiore a 0,25 m². Essa deve essere fissata all'esterno dello scafo in una zona riservata a questo scopo e posta al di sotto della linea di galleggiamento a vuoto, in modo da restare immersa in tutte le condizioni di inclinazioni dello scafo.

(13.1.6) Per imbarcazioni metalliche, in particolare quelle in lega di alluminio, i sistemi di comando dei motori a combustione interna dovrebbero essere isolati dalla massa del motore.

NOTA: per i circuiti finali che alimentano le prese a spina e gli apparecchi fissi per i sistemi a massa in un'officina, in una lavanderia, in un bagno, un ponte o simili posti umidi si raccomanda di usare una protezione supplementare fornita da un dispositivo differenziale.

Protezione contro i fulmini (13.8)

(13.8.1) Le imbarcazioni di costruzione non metallica o con alberi non metallici (barche a vela) devono essere dotate di protezione contro i fulmini.

(13.8.2) I conduttori di discesa del parafulmine devono essere fatti in rame (nastro o treccia) e la loro sezione non deve essere inferiore a 70 mm². Devono essere fissati a una punta di rame di diametro non inferiore a 12 mm² e deve sporgere dalla cima dell'albero per almeno 300 mm. L'estremità inferiore del conduttore deve essere posta a massa.

(13.8.3) I conduttori di discesa del parafulmini devono essere posti all'esterno dell'imbarcazione. Il loro percorso dovrebbe essere il più rettilineo possibile, evitando curve strette.

(13.8.4) Devono essere usate solo giunzioni bullonate, rivettate o saldate.

(13.8.5) Se lo scafo è metallico, l'estremità inferiore dei conduttori di discesa deve essere a

⁷ Valore di sezione non standard.

massa su di esso.

(13.8.6) Se lo scafo è non metallico, l'estremità inferiore dei conduttori di discesa devono essere collegato a una piastra di messa a massa di rame o di un altro materiale conduttore compatibile con l'acqua di mare, di superficie non inferiore a 0.25 m², fissata all'esterno dello scafo in una zona riservata a questo scopo e posta al di sotto della linea di galleggiamento a vuoto, in modo da restare immersa in tutte le condizioni di inclinazione dello scafo.

(13.8.7) La piastra di messa a massa per il parafulmine deve essere in aggiunta, e separata da essa, dalla piastra di messa a massa usata per la messa a massa del sistema di potenza o per il sistema di collegamento alla messa.

PROVE (14)

(14.11) Devono essere eseguite prove per verificare che tutti i conduttori di continuità di massa e i cavi di messa a massa siano collegati alla struttura dell'apparecchio e allo scafo o alla piastra di messa a massa, e che i contatti di massa delle prese fisse siano state collegate a massa. Il valore massimo della resistenza di massa deve essere di 1 ohm.

1.3 Regolamento RINA

Dal campo di applicazione di questo regolamento sono esplicitamente escluse le navi da diporto. Le prescrizioni tecniche del regolamento derivano dalla norme internazionali IEC della serie 60092. Questo comporta che le prescrizioni date nelle norme coincidono con quelle del regolamento RINA. Anche se quest'ultimo, viene revisionato annualmente e le prescrizioni presenti subiscono continui adeguamenti tecnologici.

Nella parte C (capitolo 2) del regolamento vengono fornite le prescrizioni sugli impianti elettrici. Il capitolo 2 è così organizzato (edizione in lingua inglese, anno 2003):

Part C - Machinery, Systems and Fire Protection

chapter 2 - electrical installations

section 1 general

section 2 general design requirements

section 3 system design

section 4 rotating machines

section 5 transformers

section 6 semiconductor convertors

section 7 storage batteries and chargers
section 8 switchgear and controlgear assemblies
section 9 cables
section 10 miscellaneous equipment
section 11 location
section 12 installation
section 13 high voltage installations
section 14 electric propulsion plant
section 15 testing
appendix 1 indirect test method for synchronous machines

1.4 Regolamento AB&YC

Il regolamento AB&YC ha come obiettivo la standardizzazione per la costruzione delle imbarcazioni da diporto e per gli apparati ad esse associati. È organizzato in sezioni ed in sottosezioni, comprende tutti i campi per la costruzione e la certificazione di imbarcazioni da diporto.

Nella sezione “*ABYC E8 – Electrical Division*” vengono trattati gli argomenti relativi agli impianti elettrici di bordo, ed è così organizzata:

- E-1 bonding of direct current systems*
- E-2 cathodic protection*
- E-3 wiring identification on boats*
- E-4 lightning protection*
- E-8 alternating current (ac) electrical systems on boats*
- E-9 direct current (dc) electrical systems on boats*
- E-10 storage batteries*

Il regolamento non essendo obbligatorio, tratta gli argomenti in modo dettagliato, cercando di colmare le lacune delle normative tecniche internazionali sul settore delle imbarcazioni da diporto. Le indicazioni date fanno riferimento alle norme internazionali ISO.

Particolarmente interessanti, per l'argomento trattato in questo lavoro, sono le sezioni: E-8, E-4, E-2.

Nella sezione E-8 si forniscono raccomandazioni pratiche e linee guida per il progetto e l'installazione dei sistemi elettrici in corrente alternata (AC), mentre nella sezione E-4 quelle relative al progetto, alla costruzione ed all'installazione dei sistemi di protezione dai fulmini.

Queste raccomandazioni sono applicabili sia alle imbarcazioni a motore che alle barche a vela. Questa sezione è di particolare interesse, perché tratta approfonditamente il caso delle imbarcazioni con scafo non metallico, argomento pressoché assente nelle norme IEC.

Nella sezione E-2 si forniscono raccomandazioni pratiche e linee guida per il progetto, l'installazione e l'uso dei sistemi di protezione catodica sulle imbarcazioni. Lo standard prevede l'uso di anodi galvanici (anodi sacrificali) e sistemi a corrente impressa.

Gli argomenti vengono trattati in modo pratico tralasciandone gli aspetti teorici.

In realtà la sezione E-8 risulta esauriente solo per imbarcazioni di piccole dimensioni, con sistemi elettrici poco complessi, mentre è inadeguata per quelle di medie e grandi dimensioni, dove i sistemi elettrici possono assumere una notevole complessità e richiedere un approfondito studio di progettazione.

Le sezioni E-2 ed E-4 possono fornire spunti interessanti per le tematiche trattate.

1.5 Altre norme, leggi e direttive comunitarie

Le leggi e le direttive comunitarie che devono essere obbligatoriamente rispettate per i sistemi elettrici di bordo sono le seguenti:

- **Legge n° 50 del 11 febbraio 1971** “*norme sulla navigazione da diporto*”;
- **Legge n° 186/68** “*disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione di impianti elettrici ed elettronici*”.

La legge 186 è composta da due articoli, qui riportati:

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*”.

Questa legge riconosce alle norme CEI la valenza giuridica ma non l'obbligatorietà, lasciando al progettista la libertà (e la conseguente responsabilità) di impiegare soluzioni alternative a quelle proposte dalle norme tecniche, che comunque soddisfino i requisiti fondamentali di sicurezza elettrica;

- **Direttiva per il materiale elettrico di bassa tensione (73/23/CEE-93/68/CEE).**

Recepita in Italia con la legge n. 791 del 18/10/1977.

Si applica a tutti i prodotti elettrici di bassa tensione (tra 50 a 1000 Vca e tra 75 e 1500

Vcc), assicurandone un livello di sicurezza adeguato, stabilito mediante i requisiti minimi essenziali. Assicura peraltro la libera circolazione dei prodotti elettrici in tutti gli stati membri. Allo stesso tempo demanda alle norme tecniche il compito di prescrivere le questioni specifiche conseguenti ai dettami della direttiva stessa.

- **Direttiva sulla compatibilità elettromagnetica (EMC) (89/336/CEE).**

Recepita in Italia con il Decreto Legislativo n.472 del 4/12/1992.

Si applica a tutte le apparecchiature elettrotecniche ed elettroniche, nonché agli impianti ed installazioni che contengono componenti elettrici ed elettronici, che possono creare perturbazioni elettromagnetiche o il cui funzionamento possa venirne influenzato.

- **Direttiva 96/98/CE sull'equipaggiamento marittimo (recepito con DPR 407/1999).**

Tratta i requisiti di sicurezza e di affidabilità che devono possedere gli equipaggiamenti che andranno montati sulle "imbarcazioni". Segue la stessa logica della certificazione CE, il costruttore dell'equipaggiamento o del sistema rilascia un'auto certificazione, dove attesta che questo è conforme alle specifiche di sicurezza e affidabilità.

Inoltre si potrà fare riferimento alle norme CEI per i sistemi elettrici terrestri, che per molti argomenti danno indicazioni più complete, in particolare:

- **CEI 64-8:** impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata ed a 1500 V in corrente continua;
- **CEI 81-1:** protezione di strutture contro i fulmini;
- **ISO 10134:** Small craft – Electrical device – Lightning-protection systems.

1.6 Analisi comparativa

Come riferimento normativo relativo agli impianti elettrici di bordo per imbarcazioni da diporto si può scegliere la norma tecnica CEI EN 18-56, identica alla norma IEC 60092-507.

Le prescrizioni date da questa norma possono essere confrontate con quelle del regolamento RINA.

In molti casi l'armatore richiede l'applicazione del regolamento RINA, anche se le imbarcazioni da diporto non rientrano nel suo campo di applicazione.

Nel confronto tra le varie norme si incontrano grosse difficoltà sia nella terminologia adottata, sia nella traduzione effettuata. Inoltre le definizioni date nelle norme IEC della serie 60092 possono creare confusione, in alcuni casi si arriva a dare più definizioni, anche discordanti, per esprimere lo stesso concetto. Il caso più clamoroso è sicuramente quello dei termini:

“*earth*” e “*ground*”, (tabella 1.1), che in inglese esprimono due concetti distinti e puntuali, mentre nella versione italiana delle norme, hanno assunto significati ambigui. Infatti il termine “*earth*” è stato tradotto con “*massa*” per la norma IEC 60092-507 ed in “*terra*” per quella CEI 64-8, anche se queste norme fanno esplicito riferimento allo stesso vocabolario elettrotecnico internazionale.

Tab. 1.1: Confronto della terminologia usata nelle norme

IEC 60092-507 (versione ENG)	CEI 18-56 (versione ITA)	RINA (versione ENG)	RINA (versione ITA)	CEI 64-8
earth	massa	earth	massa	terra
non-current-carrying exposed conductive part	parti che non portano corrente masse	non-current-carrying	parti che non portano corrente	massa

Non solo non c'è uniformità nell'esprimere lo stesso concetto tra le varie norme, ma all'interno della stessa norma si trovano definizioni diverse indicanti la stessa cosa, come si può evincere dalla tabella 1.1, creando confusione e ambiguità nell'applicazione delle norme.

Di seguito si farà un'analisi comparativa, in base ai punti della norma che sono di interesse per questo lavoro. Si comparerà la norma IEC 60092-507, con le indicazioni date dal regolamento RINA e le prescrizioni delle norme per gli impianti terrestri, come la CEI-64-8.

La comparazione verrà effettuata sempre partendo dai punti della norma IEC.

Da precisare che nel regolamento RINA, la massa è costituito dallo scafo, per cui si sottintende che lo scafo sia di materiale metallico, e non viene fatto nessun riferimento alla possibilità che lo scafo sia in materiale non metallico.

Nella sezione 3 della norma IEC vengono date le definizioni di alcuni termini usati nella norma.

Parte conduttrice esposta (3.7): questa definizione nella IEC, essenzialmente coincide con quella di massa nei sistemi terrestri.

Nelle definizioni della norma IEC, manca quella di “*parte attiva*”.

Se ne riporta la definizione data nella norma CEI 64-8:

“parte attiva: ogni conduttore o parte conduttrice in tensione nelle condizioni ordinarie di servizio, compreso il conduttore di neutro ma escluso, per convenzione, il conduttore PEN”.

Nel paragrafo 3.1 **“bassissima tensione di sicurezza”** della norma IEC si dà la definizione di **“bassissima tensione di sicurezza”**, i cui valori sono riportati nella tabella 1.2 e derivano da quelli riportati nella convenzione SOLAS.

Anche in ambito terrestre si definisce la **“bassissima tensione di sicurezza”** ma con valori di tensione diversi, in particolare, vengono definite le **“condizioni ordinarie”** e quelle **“particolari”** a seconda delle condizioni ambientali in cui si opera.

Tab. 1.2: Definizione di bassissima tensione di sicurezza

Valore di tensione	CEI 64-8		CEI 18-56
	Condizioni operative		
	Condizioni ordinarie	Condizioni particolari	
Corrente alternata (V)	50	25	50
Corrente continua (V)	120	60	50

Nei paragrafi (5.3.1) e (5.3.2) della norma IEC si forniscono le indicazioni per il collegamento del punto neutro del centro stella del sistema di distribuzione. Esse sono date, anche nel regolamento RINA nella sezione **“1 general”** al paragrafo 3.1 **“Earthed distribution systems”**, le indicazioni sono praticamente coincidenti, anche se nei punti 3.1.3, 3.1.4 e 3.1.5 del regolamento RINA vengono ulteriormente ampliate. Tali indicazioni si possono così riassumere:

- se il centro stella del generatore è connesso al punto di neutro, bisogna fare in modo che la terza armonica, della forma d'onda della tensione sia inferiore al 5%;
- nel caso in cui ci siano uno o più quadri di distribuzione è necessario assicurare il collegamento verso massa anche quando uno dei quadri venga isolato;
- se un polo o una fase del circuito finale è collegata a massa, dopo il dispositivo di protezione (es. nei dispositivi di automazione per evitare disturbi elettromagnetici), è necessario prevenire la nascita di correnti sbilanciate, nella singola fase.

Nel paragrafo 5.7 della norma IEC, vengono date le indicazioni per la connessione con la terra ferma dell'alimentazione elettrica, che coincidono in modo sostanziale con quelle date nel regolamento RINA nella sezione 3 **“Distribution”** al paragrafo 3.7 **“shore supply”**. Anche in questo caso viene introdotta un'indicazione aggiuntiva, che suggerisce di prevedere un'equalizzazione del potenziale tra lo scafo e la presa di terra, nel caso in cui i dispositivi elettrici della nave siano alimentati dalla presa di terra.

Nel paragrafo 7 “*Protezione contro le scosse elettriche*” della norma IEC, vengono specificate le precauzioni per evitare pericoli legati a contatti diretti e indiretti. Questo argomento viene trattato dal regolamento nel RINA nella sezione 12 “*installation*”, nel paragrafo 1.1 “*Protection against injury or damage caused by electrical equipment*”, dove vengono date delle specifiche molto generali:

- tutti i dispositivi elettrici devono essere installati in modo da non costituire un pericolo quando vengono maneggiati o toccati nelle condizioni di normale funzionamento;
- tutti i dispositivi elettrici devono essere installati in modo che le parti attive non possono essere inavvertitamente toccate, escluso il caso in cui siano alimentate da bassissima tensione di sicurezza.

Per la protezione dai contatti indiretti ci si riferisce al collegamento delle parti metalliche a massa, nel paragrafo 2 “*Earthing of non-current carrying parts*” della stessa sezione viene specificato quali parti metalliche devono essere collegate a massa, senza alcun riferimento al tipo di collegamento del neutro. Le indicazioni date, ad eccezione dei livelli di tensione, somigliano più a quelle presenti nella norma CEI 64-8 che a quelle della norma IEC 60092-507.

Nel sottoparagrafo della 2.1.2 del RINA vengono date delle indicazioni aggiuntive a quelle della norma IEC, che sono:

- le maniglie, i corrimano e le altre parti metalliche del ponte di comando o del ponte superiore, devono essere elettricamente collegate allo scafo o alle strutture superiori, ciò per evitare scosse elettriche, dovute a tensioni ad alta frequenza indotte, dagli apparati radio trasmettenti.

Nella sezione 12 “*Installation*” del RINA, nel paragrafo 2 “*Earthing of non-current carrying parts*”, viene specificato che le parte non portanti corrente devono essere collegate a terra.

Nel paragrafo 13.1 “*Messa a massa*” della norma IEC, viene definita la sezione minima del conduttore per il collegamento di massa delle parti metalliche, quando esso è separato dai cavi di alimentazione dell'apparato elettrico e deve avere una sezione non inferiore alla metà del conduttore di alimentazione, con un minimo di 3 mm². Nel RINA si trovano delle prescrizione simili, ma più articolate, nella tabella 1.3 si riporta la parte riguardante la sezione dei conduttori di collegamento a massa separati (tabella 1.6 del RINA).

Tab. 1.3: Sezione dei conduttori di continuità di massa e dei conduttori di messa a massa

Tipo di collegamento		Sezione del conduttore che porta corrente (mm ²)	Sezione del conduttore per il collegamento a massa (mm ²)
3	Collegamento di messa a massa (fisso separato)	< 2,5	sezione uguale a quella del conduttore che porta corrente, con un minimo di 1,5 mm ² per un collegamento di massa rimovibile, e di 2,5 mm ² per un collegamento di terra non rimovibile
		> 2,5 ma > 120	una sezione pari alla metà del conduttore che porta corrente, con un minimo di 4 mm ²
		> 120	una sezione di 70 mm ² qualsiasi sia la sezione del conduttore che porta corrente

Il regolamento RINA fornisce molti dettagli riguardanti il collegamento verso massa delle parti metalliche, anche con riferimento alla prevenzione della possibile corrosione galvanica dei materiali adottati. Inoltre viene esplicitamente considerato il collegamento a massa dello schermo dei cavi schermati o della corazza dei cavi blindati.

Si elencano alcuni punti del RINA particolarmente interessanti.

Nel punto 2.3.2 viene data la sezione dei conduttori di collegamento a massa e viene specificato che quest'ultimo va fatto con un conduttore di rame o di altro materiale con conducibilità uguale o minore.

Nel paragrafo 2.4 “*Connection to the ship's structure*”, vengono fornite le condizioni di collegamento del conduttore di massa verso la struttura della nave (lo scafo):

- ogni connessione di continuità di massa o di attacco di massa verso la struttura della nave deve essere realizzata tramite vite di ottone o altro materiale resistente alla corrosione, con diametro minimo non inferiore a 6 mm²;
- tale connessione di massa non deve essere usata per altri scopi;
- la connessione deve essere localizzata in una posizione accessibile, dove sia facilmente ispezionabile.

Nel paragrafo 2.6 “*Aluminium superstructures*” viene considerata la possibile presenza di strutture in alluminio. Tali strutture possono dare origine a corrosione galvanica se elettricamente collegate ad altri metalli, che costituiscono lo scafo. Per evitare tale eventualità vengono date specifiche prescrizioni:

- nel caso in cui le sovrastrutture in alluminio siano isolate dalla struttura di acciaio dello

scafo, allo scopo di prevenire la corrosione elettrolitica, esse devono essere collegate allo scafo (a massa) per mezzo di un collegamento di massa separato;

- la connessione deve essere realizzata in modo da avere una resistenza minore di 0,1 ohm;
- la connessione deve essere posizionata in modo che sia facilmente ispezionabile.

Nel paragrafo 2.5 “*Earthed distribution systems*” viene trattato in modo particolareggiato l'eventuale collegamento del neutro del sistema di distribuzione a massa:

- il collegamento a massa nei sistemi di distribuzione con neutro a massa deve essere realizzato con modalità indipendente da quella del collegamento delle parti che non portano corrente. Il neutro del sistema di distribuzione deve essere connesso a massa in un solo punto;
- nei sistemi di distribuzione a massa, nei quali il collegamento a massa non porta corrente in condizioni normali, tale connessione deve essere conforme ai requisiti di [2.3], eccetto per il limite inferiore di 70 mm² (vedi tabella 1.3) non applicabile;
- nei sistemi di distribuzione a massa con ritorno attraverso lo scafo, il collegamento del sistema a massa deve avere una sezione pari a quella del più piccolo dei conduttori della linea di alimentazione;
- la connessione a massa deve essere posizionata in una posizione in cui sia facilmente ispezionabile e scollegabile per le misure di isolamento.

Nel paragrafo 7.11 “*Earthing and continuity of metal coverings of cables*” viene trattato il collegamento a massa delle schermature o delle corazze metalliche dei cavi:

- tutte le coperture metalliche dei cavi devono essere connesse elettricamente allo scafo delle navi;
- tutte le coperture metalliche dei cavi devono essere collegate a massa a entrambe le estremità;
- un unico punto di collegamento a massa è ammesso per i circuiti finali (at the supply end), eccetto per i circuiti localizzati in aree con rischio di esplosione;
- il collegamento a terra nel solo punto finale è ammesso in quei circuiti in cui è richiesto per motivi tecnici o per ragioni di sicurezza;
- le coperture metalliche dei cavi che portano corrente alternata senza schermatura e cavi speciali per corrente continua, utilizzati per tensioni con alto contenuto di “*ripple*” (esempio: per le apparecchiature che contengono tiristori) possono essere collegati a massa in un solo punto;
- deve essere assicurata la continuità elettrica verso massa, di tutta la copertura metallica dei

cavi, per tutta la lunghezza di quest'ultima, in particolare la continuità deve essere assicurata nelle giunzioni e negli attacchi;

- le coperture metalliche dei cavi possono essere collegate a massa attraverso supporti intenzionali, che devono essere appositamente progettati per questo scopo, in modo tale da assicurare un'efficace connessione verso massa.

I supporti devono essere fermamente attaccati allo scafo, in modo da realizzare un effettivo contatto elettrico, con la struttura metallica dello scafo, in accordo alle esigenze;

- le coperture metalliche dei cavi possono essere collegate a massa attraverso dei morsetti o delle graffette, di materiale resistente alla corrosione, che devono realizzare un contatto efficace tra le coperture metalliche dei cavi e la massa metallica.

Nel paragrafo 7.16 “*Cables in the vicinity of radio equipment*” viene trattato un argomento non menzionato nella norma IEC, che riguarda i cavi vicini a sistemi radio trasmettenti:

- tutti i cavi, che collegano le antenne ai trasmettitori devono essere posti separatamente dagli altri cavi;
- quando è necessario usare cavi senza schermatura, la sistemazione di tali cavi deve essere tale da evitare spire complete o parziali.

Nel paragrafo 2.2 “*Methods of earthing*” viene trattato il collegamento dei contenitori e delle coperture degli apparati elettrici:

- il telaio e le coperture metalliche degli apparati e delle macchine elettriche possono essere fissate a diretto contatto con la struttura metallica dello scafo. Bisogna far in modo che la superficie di contatto sia pulita e priva di ruggine, ed i rivestimenti o la verniciatura delle parti siano eseguite dopo essere state fissate insieme.

Nella sezione 15 “*Testing*” si trovano le prove previste dal regolamento RINA in particolare nel paragrafo 4, vengono date le prescrizioni per le verifiche sulla continuità di massa, per gli apparati ed i cavi. A differenza delle indicazioni presenti nella IEC, non viene fornito alcun valore su quanto dovrebbe essere la resistenza del circuito di massa.

Nel paragrafo 13.8 della norma IEC 60092-507 viene trattata la protezione contro i fulmini, che non è presente nel regolamento RINA, mentre viene trattato in modo specifico nella norma internazionale ISO 10134, che chiarisce le indicazioni date nella norma IEC.

Per le imbarcazioni con scafo non metallico deve essere previsto un sistema di protezione dai fulmini, questo sarà costituito da un captatore, da un conduttore di discesa e da una piastra di dispersione a contatto con l'acqua di mare. Il captatore può essere costituito da un'asta metallica di opportuna lunghezza posizionata nel punto più alto dell'imbarcazione. Nella

tabella 1.4 si confrontano le dimensioni minime prescritte per tale elemento nelle varie norme.

<i>Tab. 1.4: Dimensioni del captatore</i>			
Captatore	IEC	ISO	AB&YC
Sezione <i>mm</i>²	12	-	-
Lunghezza (sporgenza fuori dall'albero) <i>mm</i>	300	-	150

Il conduttore di discesa (calata) collega il captatore al dispersore. Nella tabella 1.5 si confrontano le prescrizioni date per tale elemento nelle varie norme.

<i>Tab. 1.5 Caratteristiche del conduttore di discesa</i>			
Captatore	IEC	ISO	AB&YC
Sezione minima <i>mm</i>²	70	20	20
Materiale	<i>Rame</i>	<i>Rame*</i>	<i>Rame*</i>
<i>* Altro materiale con sezione equivalente a quella di un conduttore di rame</i>			

Nella norma ISO 10134 e nello standard AB&YC, viene espressamente specificato che per le imbarcazioni che posseggono alberi in materiale metallici o di altro materiale conduttore, questi possono essere usati come conduttori di discesa purché abbiano una conducibilità equivalente pari a quella di un conduttore in rame con sezione di 20 mm². Inoltre viene specificato che deve essere assicurato un buon collegamento tra l'albero ed il dispersore verso il mare e che tale collegamento deve avere una conducibilità pari a quella del conduttore di discesa.

Solo nello standard AB&YC si specifica che il percorso del conduttore di discesa non deve formare curve con angoli inferiori a 90°, e comunque devono avere un raggio di curvatura non inferiore a 20 cm. Mentre nella norma ISO 10134 viene solo specificato che tale cavo non deve compiere percorsi orizzontali.

Il sistema di protezione dai fulmini prevede un dispersore, che ha il compito di disperdere la corrente del fulmine verso il mare. Nella tabella 1.6 si raffrontano le dimensioni minime prescritte per tale elemento nelle varie norme.

<i>Tab. 1.6: Caratteristiche del dispersore</i>			
Superficie minima del dispersore a piastra	IEC	ISO	AB&YC
<i>m²</i>	<i>0,25</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>
<i>Materiale</i>	<i>Rame*</i>	<i>Rame*</i>	<i>Rame*</i>
<i>Dispersore a striscia:</i>			
<i>spessore minimo (mm)</i>	na	5	5
<i>larghezza minima (mm)</i>	na	19	19
<i>lunghezza minima (m)**</i>	na	4	
<i>* Altro materiale metallico, resistente alla corrosione in acqua di mare. Si possono usare dispersori in: rame, bronzo, acciaio inossidabile ed alluminio.</i>			
<i>** Tale lunghezza dà una superficie del dispersore a striscia equivalente ad una piastra a mare delle dimensioni sopra specificate.</i>			

Nella norma ISO 10134 viene specificato che la piastra di messa a massa del parafulmini deve essere posizionata in modo che il conduttore di discesa del parafulmini compia un percorso più corto e diretto possibile. Probabilmente era questa l'intenzione del normatore nella norma IEC nel punto 13.8.7, quando specifica che la piastra di messa a massa deve essere in aggiunta e separata da quella usata per la messa a massa del sistema elettrico.

Nel caso di scafo metallico è lo stesso scafo a costituire il dispersore e il conduttore di discesa (o l'albero metallico), che deve essere elettricamente ed adeguatamente collegato allo scafo.

Nella norma ISO 10134 e nello standard AB&YC vengono introdotti alcuni concetti assenti nella norma IEC 60092-507, per i quali si trovano riscontri nelle normative per i sistemi terrestri, di seguito riportati.

- Collegamenti di equipotenzialità.

Viene prescritto che le grosse masse metalliche, sia interne che esterne, devono essere collegate all'impianto di protezione dai fulmini con un conduttore di rame con sezione adeguata. Questo collegamento vale per i serbatoi, l'acqua, il carburante, i sistemi di controllo delle eliche e per le parti metalliche esterne come le coperture ed i passamani. Nella norma CEI 81-1, viene specificato che anche l'impianto di terra deve essere equipotenziale con l'impianto di dispersione del sistema di protezione dai fulmini.

Nel AB&YC viene indicato un "bus di equalizzazione" (l'equivalente del collettore di equipotenzialità), posizionato nelle immediate vicinanze del dispersore.

I collegamenti di equipotenzialità hanno lo scopo di limitare la differenza di potenziale tra le parti metalliche e le masse estranee che portano il potenziale di terra sull'imbarcazione e tra

queste e le parti del sistema di protezione dei fulmini, evitando la creazione di differenze potenziali pericolose o scariche secondarie verso parti metalliche presenti sull'imbarcazione.

Nella norma ISO 10134 e nella standard AB&YC viene introdotto il concetto di volume di protezione completamente assente nella norma IEC 60092-507. Per il volume di protezione si danno le seguenti definizioni.

- Per le imbarcazioni in cui il captatore (ad asta verticale) è posizionato ad un'altezza massima di 15 m, il volume di protezione si presume abbia la forma di un cono circolare retto con vertice situato nell'asse del captatore. Il raggio della base sarà pari all'altezza a cui è posizionato il captatore.
- Quando il captatore è posizionato ad un'altezza superiore a 15 m il volume di protezione sarà dato dal volume sotto un arco circolare, con raggio di 30 m, passante per il vertice del captatore e tangente alla superficie dell'acqua.

Anche nella norma CEI 81-1 viene definito il volume di protezione. Le definizioni sono leggermente diverse da quelle sopra riportate:

- per un captatore ad asta verticale, il volume di protezione si presume che abbia la forma di un cono circolare retto con vertice situato nell'asse del captatore. L'angolo del semi-vertice dipende dall'altezza del captatore e dal livello di protezione (ricavabili dagli appositi grafici);
- in alternativa si può applicare il metodo della sfera rotolante; il posizionamento del captatore è corretto se nessun punto della struttura da proteggere viene in contatto con una sfera, il cui raggio R dipende dal livello di protezione, che rotola sul terreno, intorno e sulla struttura in tutte le direzioni possibili.

Si constata che l'angolo del cono di protezione e il raggio dell'arco di circonferenza della norma ISO 10134 coincidono con un livello di protezione I della norma CEI 81-1.

Dal grafico dato nella CEI 81-1 per la determinazione dell'angolo del semi-vertice del cono di protezione si può constatare che, a parità di livello di protezione, all'aumentare dell'altezza a cui è posizionato il captatore, l'angolo del semi-vertice si riduce, ciò comporta una diminuzione del raggio della base del volume protetto.

Nel caso in cui un solo captatore non sia sufficiente a coprire l'intera estensione dell'imbarcazione è possibile installarne più di uno. Il volume di protezione totale sarà dato dalla sovrapposizione dei volumi di protezione dei singoli captatori.

Nella norma ISO 10134 vengono specificate le dimensioni minime dei componenti che costituiscono il sistema di protezione dai fulmini, senza fornire nessuna specifica sui

parametri caratteristici del fulmine.

<i>Tab. 1.7: Protezione dai fulmini</i>		
Argomento	IEC 60092-507	ISO 10134
sistema di protezione dai fulmini	si	si
sistema di protezione dai fulmini per imbarcazioni con scafo in materiale non conduttore	si	si
captatore	si	si

1.7 Scelte adottate in seguito all'analisi svolta

Per evitare confusione indotte dalla terminologia, di seguito verranno usate le seguenti definizioni, che possono discordare con quelle date dalla norma IEC 60092-507:

***Massa:** parte conduttrice, facente parte dell'impianto elettrico, che non è in tensione in condizioni ordinarie di isolamento, ma che può andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale, e che può essere toccata. Una parte conduttrice che può andare in tensione solo perché è in contatto con la massa, non è da considerare una massa.*

Con questa definizione le masse coincideranno con quelle parti metalliche che nella norme IEC vengono definite come:

- *non-current-carrying (parti che non portano corrente),*
- *exposed conductive part (parte conduttrice esposta).*

In realtà nella sezione delle definizioni, nella norma IEC 60092-507, è presente la definizione di massa, come sopra riportata. Ma nei paragrafi successivi della stessa norma, tale definizione non viene applicata, anzi il termine “*massa*” viene utilizzato per riferirsi, dal punto di vista elettrico, alla struttura metallica dello scafo.

Da qui la necessità di introdurre il concetto di terra:

***Terra:** il terreno (l'acqua in questo caso) come massa conduttrice, con potenziale elettrico convenzionalmente uguale a zero in ogni suo punto.*

Con questa definizione quello che nelle norme IEC viene definito con *Earth* (*massa nell'attuale edizione della norma IEC*) corrisponderà alla terra.

Di conseguenza il termine earthing (messa a massa nella norma IEC) assumerà il seguente significato:

Earthing: messa a terra di tutte le masse facenti parte dell'impianto...

Dalle prescrizioni generali si è appurato che la norma tecnica IEC 60092-507, il regolamento RINA e lo standard AB&YC, prevedono che le masse (in caso di guasto possono essere soggette a tensioni pericolose) vengano collegate all'impianto di terra. Una mancanza della norma IEC e del regolamento RINA è che danno per scontato che lo scafo dell'imbarcazione sia metallico. Ciò sarebbe giustificabile per il RINA, ma non per la norma IEC 60092-507 che tratta specificatamente del settore delle imbarcazioni da diporto, per le quali lo scafo può essere anche non metallico.

Quando lo scafo è realizzato in materiale metallico, dal punto di vista elettrico, svolge le seguenti funzioni:

- funzione di conduttore di terra;
- funzione di conduttore di protezione;
- funzione di dispersore di terra, per le correnti di guasto e per quelle dei fulmini.

Nel caso di un'imbarcazione con scafo in materiale non metallico sarà necessario prevedere delle soluzioni alternative che assolvano le funzioni sopra elencate. Queste soluzioni potrebbero essere:

- delle strutture di materiale conduttore a intimo contatto con l'acqua di mare, che svolgano la funzione dispersore di terra;
- un conduttore di terra, che colleghi tutti i dispersori al collettore di terra;
- un conduttore di adeguata sezione distribuito per l'intera estensione dell'imbarcazione a cui sia possibile collegare le masse e le parti metalliche.

La norma IEC 60092-507, prescrive che, per le imbarcazioni con scafo in materiale non metallico, il dispersore può essere costituito da una piastra di materiale metallico con una superficie minima di 0,25 m². Nei capitoli seguenti si verificherà se tale superficie sia effettivamente sufficiente per le funzioni svolte da tale componente.

Sarà necessario distribuire sull'imbarcazione un conduttore di adeguata sezione, a cui poter collegare le masse, quando il dispositivo elettrico ha il conduttore di protezione separato dal cavo di alimentazione. La sezione dei conduttori, che costituiranno l'impianto di terra, dovrà essere adeguata alla sezione dei conduttori principali del sistema di distribuzione. L'impedenza totale del collegamento, da ogni singola massa al dispersore, deve essere in ogni caso inferiore a 1 ohm.

Questo conduttore dovrà essere scelto con una sezione minima di 13 mm², come specificato nella norma ISO 10134. In considerazione del fatto che può essere sfruttato per collegare le parti metalliche (non facenti parti dell'impianto elettrico) al collettore di equipotenzialità,

quando richiesto per la protezione dai fulmini.

Il collegamento del punto neutro del sistema di distribuzione verrà effettuato indipendentemente dal collegamento delle parte conduttrici, e direttamente sul dispersore (collettore) principale dell'impianto di terra. Questa soluzione garantisce una maggiore affidabilità anche per la continuità del conduttore di protezione.

Nel caso di più generatori o trasformatori di distribuzione il collegamento del punto di neutro del sistema dovrà essere unico.

Con questo tipo di collegamento si avrà che il sistema di distribuzione con neutro collegato a terra, può essere assimilato a un sistema TT degli impianti terrestri, in cui le verifiche per la protezione dai contatti indiretti, a causa della bassa resistenza di terra, verranno eseguite come nei sistemi TN.

I sistemi di dispersione a terra dell'impianto elettrico di potenza e quello del sistema parafulmini verranno interconnessi, applicando il principio di equipotenzialità. Questo consente di ridurre il rischio di scariche secondarie o di archi ad alta tensione tra il conduttore di discesa del parafulmini verso gli impianti o parti metalliche.

Inoltre per scegliere il punto in cui posizionare il captatore si introdurrà il concetto di “*volume di protezione*” come previsto nella norma ISO 10134.

Le contraddizioni presenti in tale norma, per il posizionamento dei dispersori, potranno essere risolte solo dopo l'implementazione dell'impianto di terra ed il posizionamento degli apparati sull'imbarcazione. In termini elementari la posizione del dispersore deve essere scelta in modo da minimizzare la lunghezza della calata ed assicurargli un percorso più diritto possibile.

Nell'analisi successiva per la protezione dai contatti indiretti, verranno usati come valore della tensione limite di sicurezza quello di 25 V in corrente alternata e di 50 V⁸ in corrente continua. Il primo valore deriva dalla normativa per gli impianti terrestri in condizioni ambientali particolari, a cui si assoggetta l'ambiente presente sull'imbarcazione. Il secondo valore, inferiore a quello di sicurezza presente nella normativa terrestre, deriva dai valori di tensione di sicurezza indicati dalla convenzione internazionale SOLAS, a cui tutti gli enti di certificazioni internazionale fanno riferimento.

Nella norma IEC 60092-507, in caso di condizioni particolarmente rischiose, viene suggerito l'uso di un dispositivo differenziale di interruzione automatica.

⁸ Questo valore deriva, per ragioni storiche, dalla convenzione SOLAS, che prevede come tensione di sicurezza 50 V a.c. 50 V c.c..