

# **PROGETTO DEFINITIVO** **COLD IRONING**

## ***PORTOFERRAIO***

Titolo Elaborato:

RELAZIONE CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO:
02		Verifica	
01	Mar. 2023	Seconda emissione	
00	Dic. 2022	Prima emissione	
<u>Progettista:</u> Ing. Davide Sciutto		<u>Gruppo di progettazione:</u> Ing. Giorgio Mainardi Ing. Barbara Bottoni Ing. David Zanobetti Geol. Dario D'Avino Progetec s.n.c.	
<b>Coordinatore della progettazione:</b>		<b>Organismo di verifica</b>	<b>IL RUP</b>
Ing. Davide Sciutto		Malvezzi & Partners	Ing. Sandra Muccetti
			Ing. Sandra Muccetti



## Sommario

PARTE A: SCELTE PROGETTUALI .....	4
1 SCELTE PROGETTUALI PRINCIPALI .....	5
1.1 Carichi principali per il dimensionamento dei quadri di banchina.....	5
1.1.1 Media tensione.....	5
1.1.2 Bassa tensione 400 V .....	5
1.2 Scelta livello di tensione alimentazione carichi principali.....	5
1.2.1 Media tensione.....	5
1.2.2 Bassa tensione 400 V .....	5
1.3 Gestione del neutro alimentazione 15 kV.....	5
1.4 Gestione del neutro alimentazione 11-6,6 kV.....	5
1.5 Gestione del neutro alimentazione 400 V.....	6
1.6 Dimensionamento dei trasformatori cabina conversione .....	6
1.6.1 Trasformatori da 15/x kV 19MVA.....	6
1.6.2 Trasformatori da x/11 kV 16,5MVA.....	6
1.6.3 Trasformatori da 15/0,42 kV diverse potenze kVA.....	7
1.7 Unico impianto di terra .....	7
PARTE B: ANALISI DEI CARICHI .....	8
2 ANALISI DEI CARICHI.....	9
PARTE C: CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO .....	10
3 DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI DISPERSIONE CABINE.....	11
3.1 Gestione del neutro e calcolo resistenza di terra MT .....	11
3.2 Calcolo resistenza di terra dispersore cabina di trasformazione MT.....	11
3.3 Verifica termica conduttori di terra MT .....	11
4 CORRENTI DI CORTO CIRCUITO .....	11
5 DIMENSIONAMENTO CONDUTTORI DI MEDIA TENSIONE - 15 kV – 11 KV – 6,6 kV – 3 kV (questa ultima ipotizzata).....	11
5.1 Verifica al corto circuito tensione 11 kV.....	12
5.2 Cavo 11 kV nave crociera potenza 16 MVA.....	12
5.3 Cavo 11 kV collegamento traghetti predisposizione IEC annex B nave traghetto MT 5,5 MVA.....	12
5.4 Cavo 11 kV tipologia di cavi .....	12



5.5	Cavo 11 kV tipologia di Al o Cu .....	12
5.6	Cadute di tensione MT 11 kV .....	13
6	DIMENSIONAMENTO LINEE DI ALIMENTAZIONE DI BASSA TENSIONE .....	13
6.1	Dimensionamento cavi ausiliari di cabina .....	13
6.2	Dimensionamento altri cavi.....	14
6.2.1	Calcolo delle correnti di impiego .....	14
6.2.2	Dimensionamento dei cavi .....	15
6.2.3	Integrale di Joule.....	16
6.2.4	Cadute di tensione .....	16
6.2.5	Dimensionamento dei conduttori di neutro.....	16
6.2.6	Dimensionamento dei conduttori di protezione .....	17
6.2.7	Calcolo della temperatura dei cavi.....	17
6.2.8	Calcolo dei guasti.....	17
6.2.9	Calcolo delle correnti massime di cortocircuito .....	17
6.3	Scelta delle protezioni .....	18
6.3.1	Verifica di selettività .....	18
6.3.2	Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture .....	19
7	PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE.....	19
8	CALCOLO CORRENTE DI PRIMO GUASTO IMPIANTO 11 kV .....	19
8.1	Calcolo corrente di guasto sistema TNS 11 kV .....	19
8.2	Verifica protezione personale dai contatti indiretti .....	20
8.3	Conclusioni.....	20



## **PARTE A: SCELTE PROGETTUALI**



# **1 SCELTE PROGETTUALI PRINCIPALI**

## **1.1 Carichi principali per il dimensionamento dei quadri di banchina**

Banchine si sono definite le seguenti utenze principali:

### **1.1.1 Media tensione**

- Navi da crociera in terminal crociere
- Navi traghetto

### **1.1.2 Bassa tensione 400 V**

- ausiliari

## **1.2 Scelta livello di tensione alimentazione carichi principali**

### **1.2.1 Media tensione**

Le navi da crociera moderne hanno generatori di bordo ormai standardizzati a 11 kV nel terminal crociere. Le navi traghetto saranno alimentate a 11 kV 50 o 60 Hz come indicato dalla norma IEC 80005 mediante idoneo trasformatore di bordo. Le navi portacontainer sono alimentate a 6,6 kV come definito dalla norma IEC 80005.

### **1.2.2 Bassa tensione 400 V**

Si sceglie il livello di tensione 0,4 kV in quanto ritenuto standard per il tipo di utenza da alimentare e per il tipo di carico utilizzato in cabina.

## **1.3 Gestione del neutro alimentazione 15 kV.**

Il sistema di distribuzione in banchina è del tipo a neutro isolato (TN con bobina di Petersen), conformemente ai sistemi di alimentazione normalmente utilizzati negli impianti industriali. La protezione contro i guasti a terra è affidata al relè installato su ciascuna linea in partenza in cabina, tarato a 0,5-1 A, con ritardo di 1 s. In caso di guasto a terra la linea viene aperta e rimossa dal servizio. I sistemi MT a 15 kV sono gestiti a neutro isolato o compensato, con rimozione del primo guasto a terra entro 5 s come previsto dal distributore.

## **1.4 Gestione del neutro alimentazione 11-6,6 kV.**

Il sistema di distribuzione in banchina è del tipo a neutro compensato come previsto dalla normativa IEC. La protezione contro i guasti a terra è affidata al relè installato su ciascuna linea in partenza in cabina come previsto dallo standard IEC. In caso di guasto a terra la linea viene aperta e rimossa dal servizio. Si rimanda al quadro di gestione della messa a terra del centro



stella del trasformatore utilizzato alle riparazioni navali. La terra della nave sarà collegata a terra come previsto dagli standard IEC sulla alimentazione delle navi.

I sistemi MT a 6,6/11 sono previsti a neutro compensato come previsto dalla norma IEC.

### **1.5 Gestione del neutro alimentazione 400 V.**

Il sistema di distribuzione in banchina è del tipo a neutro messo a terra in cabina (TN-S), conformemente ai sistemi di alimentazione normalmente utilizzati negli impianti industriali. La protezione contro i guasti a terra è affidata alla protezione dei circuiti di sovracorrente così come consentito dalla normativa.

### **1.6 Dimensionamento dei trasformatori cabina conversione**

#### **1.6.1 Trasformatori da 15/x kV 19MVA**

La normativa IEC 80005-1 annex C paragrafo 4.7 prevede che il sistema di connessione nave terra debba essere dimensionato per 16 MVA per le navi da crociera. I convertitori scelti sono dimensionati secondo la normativa vigente anche nell'ottica di future connessioni in AT per l'impianto.

Si evidenzia:

- La tensione di corto circuito del convertitore dovrà essere come da specifica anche al fine di ridurre la corrente di corto circuito per il distributore di media Tensione.
- Il livello di tensione secondaria non è definito in quanto viene lasciata al costruttore la possibilità di modificare il livello in funzione della tecnologia IGBT o GTO disponibile sul mercato al momento dell'ordine.
- Per quanto concerne la corrente di inserzione del trafo si utilizza comunque un trafo di inserzione a rapporto spire variabile per limitarla per evitare disturbi alla rete sia interna che esterna
- Il trasformatore da 19 MVA consente il funzionamento del convertitore da 16 MVA a piena potenza in considerazione delle perdite degli apparati a monte del convertitore.

#### **1.6.2 Trasformatori da x/11 kV 16,5MVA**

Si evidenzia:

- \* Vcc 6 %. In considerazione della limitata potenza di corto circuito del convertitore si sceglie una Vcc molto bassa per ridurre le cadute di tensione dei cavi ed avere la più alta corrente di corto circuito possibile.
- \* Il livello di tensione secondaria non è definito in quanto viene lasciata al costruttore la possibilità di modificare il livello in funzione della tecnologia IGBT o GTO disponibile sul mercato al momento dell'ordine e del tipo di convertitore scelto.



- \* Per quanto concerne la corrente di inserzione si rimanda alla specifica del convertitore.
- \* Il trasformatore da 16,5 MVA consente il funzionamento del convertitore da 16 MVA a piena potenza in considerazione delle perdite degli apparati a monte del convertitore

#### 1.6.3 Trasformatori da 15/0,42 kV diverse potenze kVA

Si è optato per trasformatori da 15/0,42 kV o 30/0,42 diverse potenze per garantire il funzionamento degli ausiliari di cabina per le seguenti motivazioni:

- \* Il trasformatore alimenta i servizi della cabina che sono indicativamente valutati in circa 200 kW a convertitore garantendo ampi margini di sicurezza
- \* Tensione di corto circuito del trasformatore da 6 %, come tipico per le potenze dei trasformatori scelti.

### **1.7 Unico impianto di terra**

L'impianto di dispersione delle strutture metalliche dovrà essere collegato all'impianto di terra della cabina per evitare sovratensioni in caso di sovratensioni di origine atmosferica alle quali può essere soggetta la struttura metallica in caso di temporali. Come consentito dalle norme potrà essere usata anche l'armatura del basamento come impianto di dispersione di fatto.



## **PARTE B: ANALISI DEI CARICHI**





## 2 ANALISI DEI CARICHI

Sono stati considerati i diversi assorbimenti delle navi ai fini della presente relazione di calcolo:

### IEC

è il dato dimensionale del punto di alimentazione nave definito dalla norma IEC 80005-1 "Utility connections in port - Part 1: High voltage shore connection (HVSC) systems - General requirements"

### TIPICO

assorbimento medio di una nave attraccata al porti in oggetto sulla base dei dati forniti dagli armatori

MASSIMO assorbimento massimo futuro previsto per ciascuna tipologia di nave sulla base dei dati forniti dagli armatori

nave	IEC			TIPICO			MASSIMO		
	MW	cos fi	MVA	MW	cos fi	MVA	MW	cos fi	MVA
crociera	14,4	0,9	16	9	0,9	10	12,15	0,9	13,5
traghetto Elba-Piombino	5,85	0,9	6,5	0,9	0,9	1	1,8	0,9	2

Come indicato sulla Norma 11-35, si procede all'analisi dei carichi, scegliendo opportuni coefficienti di contemporaneità come indicato nella tabella allegata. Si rappresenta che la tabella rappresenta gli assorbimenti secondo:

standard IEC

carico tipico senza crociere

carico massimo senza crociere

Il caso più verosimile è il "carico tipico senza" in quanto l'alimentazione delle navi da crociere che ormeggiano (numero limitato di accosti annuali) rende difficoltosa l'alimentazione dei traghetti e viceversa. Tale caso presenta coefficienti di utilizzo pari ad uno in quanto sono stati inseriti in tabella carichi tipici basati sull'esperienza e coefficienti di contemporaneità prossimi ad uno. Si evidenzia che le potenze disponibili erogate dal distributore di energia elettrica sono compatibili con l'esercizio del caso "verosimile".



## **PARTE C: CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO**



### **3 DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI DISPERSIONE CABINE**

#### **3.1 Gestione del neutro e calcolo resistenza di terra MT**

Con l'entrata in vigore della nuova normativa CEI 0-16 il progettista deve tenere in considerazione sia la gestione del sistema di alimentazione in IT che in TNS a neutro compensato. Nel nostro caso, per maggiore cautela, consideriamo gli impianti non facenti parte dell'impianto di terra globale del distributore in quanto siamo in area densamente abitata come definito dalla norma CEI 11-1.

Ogni cabina dovrà essere dotata di impianto di terra e dovrà essere garantita la equipotenzialità dell'impianto di terra con la cabina.

#### **3.2 Calcolo resistenza di terra dispersore cabina di trasformazione MT**

Si ritiene necessario utilizzare un impianto di dispersione da 50 mm<sup>2</sup> attorno alla cabina per garantire un buon impianto di terra ed una buona resistenza di terra in considerazione della tipologia di terreno umido per la vicinanza con il mare.

#### **3.3 Verifica termica conduttori di terra MT**

Per quanto riguarda il dimensionamento dei conduttori di terra si sceglie una  $T$  finale di 160° C per poter usare qualunque tipo di cavo in rame esistente in commercio. Dal dimensionamento in allegato B CEI 11-1 risultano necessari conduttori di terra aventi sezione di almeno 50 mmq per le masse relative all'impianto a 15 kV ed a 30 kV. Per le masse estranee si ritiene sufficiente un conduttore avente sezione 16 mmq come indicato sulle norme.

### **4 CORRENTI DI CORTO CIRCUITO**

La stesura dello studio di selettività dell'impianto (per quanto riguarda la MT) comporta come primo passo il calcolo dei valori delle correnti di cortocircuito, minimi e massimi, prevedibili nelle varie configurazioni di esercizio e nei vari nodi del sistema elettrico. Considerato che i valori definitivi necessari per le tarature ed il coordinamento dei relè saranno comunque disponibili solo ad impianti ultimati, per permettere comunque il dimensionamento delle apparecchiature, sono stati ipotizzati i valori delle correnti di corto circuito indicati nelle tabelle allegate.

### **5 DIMENSIONAMENTO CONDUTTORI DI MEDIA TENSIONE - 15 kV – 11 kV – 6,6 kV – 3 kV (questa ultima ipotizzata)**

Per quanto concerne i conduttori di media tensione si rimanda alla tabella di calcolo allegata.

Si evidenziano alcune osservazioni.



Portata considerata con cavo interrato con posa a trifoglio con  $R_t 1^\circ \text{Cm/W}$   
Coefficiente di posa = 0,9 per installazioni in cabina e 0,7 per installazioni in cavidotto.

### **5.1 Verifica al corto circuito tensione 11 kV**

Ai sensi del paragrafo C4,7 dello standard IEC 80005 il contributo al corto circuito dai generatori di bordo durante le procedure di connessione è limitato a 25 kA per 1 secondo. Tale contributo viene considerato per la struttura mobile di connessione e per tutti gli apparati (quadri MT e connessioni MT in cavo) delle cabine.

I quadri dovranno pertanto avere una corrente di corto circuito di 25 kA per 1 secondo.

Per i cavi del collegamento sottomarino si può dimensionare i cavi utilizzando un tempo di eliminazione del guasto inferiore per consentire la realizzazione dell'impianto che altrimenti non potrebbe essere realizzato.

### **5.2 Cavo 11 kV nave crociera potenza 16 MVA**

Come da standard IEC annex C 4,7 si prevede una potenza di 16 MVA.

### **5.3 Cavo 11 kV collegamento traghetti predisposizione IEC annex B nave traghetto MT 5,5 MVA**

Nel calcolo della corrente di impiego si è utilizzato come riferimento quanto indicato dallo standard IEC annex B per i traghetti alimentati in media tensione che prevede una potenza di 6,5 MVA alla tensione di 11 kV. Tuttavia, si ritiene sufficiente una potenza di 5,5 MVA in considerazione delle navi che ormeggiano ed ormeggeranno nel terminal traghetti.

### **5.4 Cavo 11 kV tipologia di cavi**

In considerazione delle potenze in gioco si è esclusa la possibilità di utilizzare cavi tripolari armati seppur apprezzata per la resistenza ai roditori in quanto:

- 1) Hanno raggi di curvatura elevati
- 2) nel terminal sono presenti altri conduttori unipolari di media tensione al momento apparentemente non interessati da disservizi dovuti a roditori.

Non esistono cavi armati unipolari in commercio.

### **5.5 Cavo 11 kV tipologia di Al o Cu**

Si è escluso l'utilizzo di cavi in Al in quanto al momento non certificati CPR. Inoltre, non viene considerata la possibilità di utilizzare cavi in alluminio in considerazione dell'elevato costo delle opere civili che suggerisce di posare singole terne da 240 mmq per la distribuzione a 30 kV.



## 5.6 Cadute di tensione MT 11 kV

Per quanto concerne le cadute di tensione sono trascurabili in considerazione della limitata lunghezza delle linee (4 km) alla tensione di 11 kV come da tabella allegata.

## 6 DIMENSIONAMENTO LINEE DI ALIMENTAZIONE DI BASSA TENSIONE

Si rimanda alla tabella allegata per il dimensionamento delle linee al secondario dei trasformatori.

### 6.1 Dimensionamento cavi ausiliari di cabina

Gli ausiliari della AM mobile sono stati valutati in 20 kVA, del dispenser in circa 7 kVA e della presa per container in circa 7 kVA.

Cautelativamente si sono scelti i seguenti garantire una caduta di tensione inferiore al 3 %.

In considerazione della contemporaneità dei carichi si posizionerà un conduttore unico in entra esci per l'alimentazione delle prese con i seguenti dimensionamenti.

Potenza kVA, Distanze, dimensionamento conduttore trifase 5 cavi, sezioni scelte per uniformare approvvigionamenti.

area	potenza	lunghezza	sezione	Sezione
Portoferraio				
crociere	20	750	70	<b>95</b>
traghetti	7	750	25	<b>25</b>

Per semplicità si indica qui di seguito le modalità di calcolo per un conduttore.



## Calcolo cadute cavo bassa tensione trifase G7

Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Potenza apparente [kVA]	Corrente [A]	cos fi	lunghezza [m]	R [ohm/km]	X [ohm/km]	Ct	DV [V]	DV %
						unipolari	unipolare	unipolare	unipolare
1,5	20	29,06977	0,9	200	15,4	0,146	24,08641	140,0373	35,01%
2,5	20	29,06977	0,9	200	9,45	0,135	14,81408	86,12835	21,53%
4	20	29,06977	0,9	200	5,88	0,126	9,248891	53,77262	13,44%
6	20	29,06977	0,9	200	3,93	0,118	6,20679	36,08599	9,02%
10	20	29,06977	0,9	200	2,33	0,106	3,706663	21,55037	5,39%
16	20	29,06977	0,9	200	1,47	0,099	2,362436	13,73509	3,43%
25	20	29,06977	0,9	200	0,93	0,095	1,518681	8,829538	2,21%
35	20	29,06977	0,9	200	0,67	0,091	1,110885	6,458633	1,61%
50	20	29,06977	0,9	200	0,49	0,088	0,828393	4,81624	1,20%
70	20	29,06977	0,9	200	0,34	0,087	0,594099	3,454066	0,86%
95	20	29,06977	0,9	200	0,25	0,085	0,452482	2,630706	0,66%
120	20	29,06977	0,9	200	0,2	0,084	0,373888	2,173765	0,54%
150	20	29,06977	0,9	200	0,16	0,084	0,311608	1,811672	0,45%
185	20	29,06977	0,9	200	0,13	0,083	0,264154	1,535777	0,38%
240	20	29,06977	0,9	200	0,099	0,081	0,214399	1,246505	0,31%
300	20	29,06977	0,9	200	0,08	0,079	0,183328	1,065861	0,27%
400	20	29,06977	0,9	200	0,064	0,079	0,158416	0,921024	0,23%
500	20	29,06977	0,9	200	0,052	0,077	0,138244	0,803746	0,20%
630	20	29,06977	0,9	200	0,043	0,076	0,123487	0,71795	0,18%



dati da inserire a mano  
risultato

massima caduta 4 % definita dalla guida

## 6.2 Dimensionamento altri cavi

Per le linee di alimentazione di bassa tensione ci si è affidati alla computazione eseguita al calcolatore mediante il programma Doc.Win. Si espongono di seguito i criteri di calcolo utilizzati da programma per fornire il risultato che risulta essere compatibile con quanto indicato dalla attuale normativa vigente.

### 6.2.1 Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego è eseguito in base alla classica espressione:



$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}$$

nella quale:

- \*  $k_{ca} = 1$  sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- \*  $k_{ca} = 1.73$  sistema trifase, tre conduttori attivi.

Dal valore massimo (modulo) di  $I_b$  sono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria)

La potenza di dimensionamento  $P_d$  è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nella quale *coeff* è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza  $P_n$ , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle  $P_d$  delle utenze a valle ( $\Sigma P_d$  a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze calcolata.

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione valutato.

#### 6.2.2 Dimensionamento dei cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi garantisce la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione è coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$\begin{aligned} a) I_b &\leq I_n \leq I_z \\ I_f &\leq 1.45 \cdot I_z \end{aligned}$$

Per la condizione **a)** è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente  $I_b$ , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si proceduto alla determinazione della sezione.

Il programma dimensiona i cavi in modo da rispettare anche i seguenti casi:

- \* condutture che sono derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- \* Conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di



protezione delle derivazioni non supera la portata  $I_z$  della conduttura principale.

Gli eventuali paralleli sono calcolati sia che essi abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

Le condutture dimensionate con questi criteri sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

#### 6.2.3 Integrale di Joule

Dalla sezione dei conduttori del cavo è derivato il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

La costante K viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante.

#### 6.2.4 Cadute di tensione

Il calcolo delle cadute di tensione è stato eseguito vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportato in percentuale rispetto alla tensione nominale.

Il calcolo deve fornire, quindi, il valore esatto.

La caduta di tensione deve essere entro i limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525); essi vengono esposti nel paragrafo Ottimizzazione delle cadute di tensione del capitolo 6 Ottimizzazioni.

#### 6.2.5 Dimensionamento dei conduttori di neutro

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- \* il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm<sup>2</sup>;
- \* la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso;
- \* la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16mm<sup>2</sup> se il conduttore è in rame e a 25 mm<sup>2</sup> se il conduttore è in alluminio.

In base a tali criteri il programma gestisce tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:





- \* determinazione in relazione alla sezione di fase;
- \* determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- \* determinazione in relazione alla portata del neutro.

#### 6.2.6 Dimensionamento dei conduttori di protezione

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- \* determinazione in relazione alla sezione di fase;
- \* determinazione mediante calcolo.

#### 6.2.7 Calcolo della temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi deve essere eseguita in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale espresse in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

#### 6.2.8 Calcolo dei guasti

Calcolo dei guasti per determinare le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni determinate sono:

- \* guasto trifase (simmetrico);
- \* guasto bifase (disimmetrico);
- \* guasto fase terra (disimmetrico);
- \* guasto fase neutro (disimmetrico).

Le correnti a valle della protezione sono individuate dalle correnti di guasto a fondo linea della utenza a monte.

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti dell'utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

#### 6.2.9 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

- a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione 1;
- b) impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.



### 6.3 Scelta delle protezioni

La scelta delle protezioni è stata effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture e di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- \* corrente nominale, secondo cui la quale si è dimensionata la conduttura;
- \* numero poli, impostato;
- \* tipo di protezione, impostata;
- \* tensione di impiego, pari alla tensione nominale dall'utenza;
- \* potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dalla utenza *I<sub>km max</sub>*;
- \* taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea (*I<sub>mag max</sub>*).

#### 6.3.1 Verifica di selettività

Verificare la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento di tipo magnetotermico, eventualmente inseribili dall'utente. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- \* Corrente *I<sub>a</sub>* di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64.8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;
- \* Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto: alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);
- \* Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;
- \* Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14);
- \* Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico);



- \* Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nella valutazione si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

#### 6.3.2 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- \* il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- \* la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve.

## 7 PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

La normativa CEI 81-1 si applica agli edifici con presenza di personale.

Le componenti di rischio legate alla fulminazione diretta ed indiretta dell'edificio dove si trovano le cabine elettriche non vengono modificate dalla installazione del nuovo impianto.

## 8 CALCOLO CORRENTE DI PRIMO GUASTO IMPIANTO 11 kV

### 8.1 Calcolo corrente di guasto sistema TNS 11 kV

In considerazione della limitata estensione dell'impianto a 11 kV, la corrente di primo guasto a terra è limitata dalla corrente massima del convertitore o dei convertitori se in parallelo (vedi specifica convertitori). Si provvederà ad inserire protezioni adeguate per monitorare lo stato dell'impianto e rimuovere il guasto. La corrente di corto circuito a terra è limitata dalla



potenza del convertitore. Dovranno essere inserite le protezioni necessarie per rilevare la posizione del guasto.

## **8.2 Verifica protezione personale dai contatti indiretti**

Si ritiene comunque garantita la protezione del personale in quanto si prevede l'equipotenzialità dell'intero impianto elettrico con un adeguato impianto di terra unico.

## **8.3 Conclusioni**

L'impianto di terra sarà di tipo globale e unico per ciascuno degli impianti.