



PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

| | | | |
|--|---|---|---|
|  <p>IL PROGETTISTA Dott. Ing. I. Barilli Ordine Ingegneri V.C.O. n° 122 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p>  | <p>IL CONTRAENTE GENERALE Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p> | <p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p> | <p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p> |
|--|---|---|---|

| | |
|---|------------------|
| <p><i>Unità Funzionale</i> COLLEGAMENTI CALABRIA <i>Tipo di sistema</i> INFRASTRUTTURE STRADALI - IMPIANTI TECNOLOGICI <i>Raggruppamento di opere/attività</i> ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> AREA DI SOSTA E CONTROLLO - SOLARO <i>Titolo del documento</i> RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI</p> | <p>CS0893_F0</p> |
|---|------------------|

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CODICE | C | G | 0 | 7 | 0 | 0 | P | 4 | R | D | C | S | I | 0 | 0 | A | S | D | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | F | 0 |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| REV | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|-----|------------|------------------|---------|------------|------------|
| F0 | 20/06/2011 | EMISSIONE FINALE | D. RE | G. LUPI | I. BARILLI |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

INDICE

| | |
|--|----|
| INDICE | 3 |
| 1 Introduzione | 5 |
| 2 Denominazioni ed abbreviazioni utilizzate | 6 |
| 3 Leggi e norme di riferimento | 7 |
| 4 Dati e requisiti di base del progetto | 8 |
| 5 Dimensionamento apparecchiature di cabina | 10 |
| 6 Dimensionamento linee BT | 11 |
| 6.1 Calcolo delle correnti d'impiego | 11 |
| 6.2 Dimensionamento e verifica a sovraccarico dei cavi | 12 |
| 6.2.1 Generalità | 12 |
| 6.2.2 Modalità di posa | 14 |
| 6.2.3 Determinazione della portata | 20 |
| 6.2.3.1 Cavi isolati in PVC ed EPR (CEI-UNEL 35024/1) | 20 |
| 6.2.3.2 Cavi interrati (CEI-UNEL 35026) | 27 |
| 6.2.4 Dimensionamento dei conduttori di neutro | 30 |
| 6.2.5 Dimensionamento dei conduttori di protezione | 31 |
| 6.2.6 Calcolo della temperatura dei cavi | 32 |
| 6.3 Cadute di tensione | 33 |
| 6.4 Rifasamento | 34 |
| 6.5 Calcolo dei guasti | 34 |
| 6.5.1 Modellizzazione delle apparecchiature in rete | 35 |
| 6.5.1.1 Trasformatori | 35 |
| 6.5.1.2 Generatori | 37 |
| 6.5.1.3 Motori asincroni | 38 |
| 6.5.2 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito | 40 |
| 6.5.3 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito | 43 |
| 6.6 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture | 45 |
| 6.6.1 Generalità | 45 |
| 6.6.2 Integrale di Joule | 46 |
| 6.6.3 Massima lunghezza protetta | 47 |
| 6.7 Verifica contatti indiretti | 48 |

| | | | | |
|---|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUSSIONI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6.7.1 | Sistema di distribuzione TN | 48 |
| 6.8 | Calcoli dimensionali linee BT | 50 |
| 7 | Dimensionamento rete MT | 50 |
| 7.1 | Protezione da sovraccarico | 50 |
| 7.2 | Verifica della caduta di tensione | 51 |
| 7.3 | Tenuta termica al corto circuito massimo | 51 |
| 7.4 | Analisi e verifiche della rete MT | 52 |
| 8 | Dimensionamento impianti di ventilazione e climatizzazione locali tecnici..... | 53 |
| 8.1 | Ventilazione e caratteristiche del locale batterie..... | 53 |
| 9 | Allegati..... | 55 |

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

1 Introduzione

Nella presente relazione vengono illustrati le modalità ed i risultati dei calcoli eseguiti durante lo sviluppo del progetto definitivo relativo agli impianti elettrici di potenza MT e BT da realizzare a servizio dell'area di sosta e controllo Solaro prevista nel versante calabrese, nell'ambito della costruzione dell'Opera di attraversamento sullo Stretto di Messina.

I criteri alla base della progettazione degli impianti in oggetto si possono così elencare:

- Sicurezza degli operatori, degli utenti e degli impianti
- Semplicità ed economia di manutenzione
- Scelta di apparecchiature improntata a criteri di elevata qualità, semplicità e robustezza, per sostenere le condizioni di lavoro più gravose
- Risparmio energetico
- Affidabilità degli impianti e massima continuità di servizio

Il presente documento, relativamente ai calcoli dimensionali degli impianti di Media Tensione (MT) e di Bassa Tensione (BT), intende evidenziare:

- la normativa tecnica utilizzata per il dimensionamento;
- i criteri di dimensionamento, tenendo conto dei vincoli impiantistici e della normativa vigente;
- i dati di input
- i risultati dei calcoli dimensionali e delle verifiche di calcolo necessarie per la definizione degli impianti MT e BT.

In particolare, sono descritti in generale i principali metodi di calcolo e di verifica, riportando le prescrizioni indicate dalla normativa in uso. Talvolta nei casi specifici, qualora sia necessario, potranno essere introdotte opportune ipotesi semplificative.

I risultati delle verifiche di impianto, ottenute con software commerciale o tramite fogli di calcolo, sono riportati negli allegati, a cui dovrà essere fatto riferimento anche per le sigle e la simbologia adottata.

Per ulteriori dettagli sulle caratteristiche delle apparecchiature scelte, si rimanda agli elaborati grafici relativi ed in particolare agli schemi unifilari dei quadri elettrici.

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

2 Denominazioni ed abbreviazioni utilizzate

Vengono introdotte le seguenti abbreviazioni (in ordine alfabetico):

- ac - Corrente alternata
- AD - Azienda distributrice di energia elettrica nel caso specifico sinonimo di ENEL
- AI - AntIncendio
- BT o bt - Bassa Tensione in c.a. (400/230V)
- CA - Continuità assoluta
- cc - Corrente Continua
- CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano
- CSA - Capitolato Speciale di Appalto
- DL - Direzione dei Lavori, generale o specifica
- FM - Forza Motrice
- GE - Gruppo Elettrogeno
- IMQ - Istituto Italiano per il Marchio di Qualità
- IMS - Interruttore di Manovra e Sezionatore
- I/O - Input/Output
- IS - Illuminazione di Sicurezza
- ME - Messina
- MT - Media Tensione in c.a.: nel caso specifico sta per 20kV
- PC - Personal Computer
- PLC - Programmable Logic Controller
- RC - Reggio Calabria
- SA - Servizi Ausiliari ordinari
- SE - Servizi ausiliari Essenziali ai fini della sicurezza
- UNEL - Unificazione Elettrotecnica Italiana
- UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione
- VE - Impianti di ventilazione
- VVF - Vigili del Fuoco
- UPS - Gruppo di Continuità Assoluta

Eventuali altri acronimi potranno essere introdotti solo dopo che siano stati definiti, tra parentesi, accanto alla definizione estesa del proprio significato.

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

3 Leggi e norme di riferimento

Nello sviluppo del progetto definitivo delle opere impiantistiche descritte nel presente documento, oltre ai riferimenti legislativi, alle circolari ed alle norme tecniche indicate nel documento GCG.F.01.02 (Ottobre 2004), sono stati considerati, in particolare, anche i seguenti riferimenti:

- CEI 0-16 - Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica – Luglio 2008
- Norma CEI 11-1 - “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norme generali”
- Norma CEI 11-17 - “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo”
- CEI 11-20 2000 IVa Ed. Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI 11-25 2001 IIa Ed. (IEC 60909-2001): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- CEI 11-28 1993 Ia Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI 17-5 VIIIa Ed. 2007: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 23-3/1 Ia Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI 33-5 Ia Ed. 1984: Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti di energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 660V.
- CEI 64-8 VIa Ed. 2007: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35023 2009: Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4- Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastometrico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUZZORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.

- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- CEI EN 50272: Prescrizioni di sicurezza per batterie di accumulatori e loro installazioni.
- IEC 60287: Electric cables - Calculation of the current rating.

4 Dati e requisiti di base del progetto

I calcoli di progetto saranno eseguiti facendo riferimento alle seguenti condizioni principali:

- Ubicazione e altitudine: Messina - Reggio Calabria <100 s.l.m.
- Destinazione ambienti:
 - opere all'aperto
 - locali tecnici (locale ordinario)
- Temperature di riferimento:
 - Tmax int.: 40°C
 - Tmin int.: 5°C
 - Test.: 34°C - Uest.: 40%
 - Test.: 3°C - Uest.: 85%
- Dati rete di alimentazione ENEL:
 - tensione di alimentazione: 20kV \pm 10%
 - corrente di cortocircuito trifase nel punto di consegna MT: 12,5 kA (valore tipico per reti MT a 20 kV)
 - tempo di intervento protezioni: < 1s

| | | | | |
|---|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUSSIONI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

- Assorbimenti unitari (W):
 - Apparecchio illuminante a 60 LED: 145 W
 - Apparecchio illuminante 80 LED: 190 W
 - Apparecchio illuminante 100 LED: 236 W
 - Apparecchio illuminante 120 LED: 284 W
 - Proiettore torre faro: 1080 W
 - PMV esterno tipo A: 4100 W
 - PMV esterno tipo B: 2800 W
 - Indicatore di corsia: 200 W
 - Telecamera fissa: 50 W
 - Telecamera brandeggiabile: 100 W
 - Sistema telecamere targhe/merci pericolose: 200 W
 - Sistema di conteggio traffico: 100 W
 - Sistema di pesatura dinamica: 500 W
 - Colonnina SOS: 300W
 - Centralina controllo meteo: 300 W
 - Sistema Tutor: 500 W
 - Barriere automatiche: 300 W
 - Centralina delineatori: 300 W
 - Semafori: 30 W
 - Armadio radio: 500 W
 - Armadio PLC: 500 W

- Caduta di tensione massima:
 - linee principali di distribuzione: <1%
 - linee secondarie di distribuzione: <3%

- Margine di potenza su apparecchiature 20%
(trasformatori, UPS, ecc):

- Margine di sicurezza portate cavi e interruttori: 20%

- Riserva di spazio (o interruttori) sui quadri BT: 20%

| | | | | |
|---|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUSSIONI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

- Riserva di spazio nelle canalizzazioni: 50%
- Riserva di spazio nelle tubazioni: diametro interno tubazione $\geq 1/3$ del diametro circoscritto al fascio dei cavi
- Tipologia conduttori BT:
 - cavi nei locali tecnici posati entro canalizzazioni e tubazioni: FG7(O)M1 0.6/1 kV
 - cavi nei locali tecnici posati entro canalizzazioni e tubazioni in materiale plastico: NO7G9-K 450/750V
 - cavi interrati all'aperto posati all'interno di tubazioni in materiale plastico: FG7(O)R 0.6/1 kV



5 Dimensionamento apparecchiature di cabina

Nel caso specifico, per dimensionamento dell'impianto elettrico di potenza si intende il dimensionamento delle apparecchiature principali di cabina quali i trasformatori ed i gruppi di continuità assoluta (UPS).

La scelta della loro taglia deriva dalla valutazione dei carichi da alimentare che si riassumono nella seguenti tabelle, nella quale i valori si riferiscono alla potenza nominale delle singole apparecchiature:

| Cabina Area di sosta e controllo Solaro | POTENZA INSTALLATA [KW] | |
|--|-------------------------------|-----------|
| | NORMALE | CA |
| Illuminazione area di sosta | 11 | |
| Servizi ausiliari ordinari | 8 | |
| Servizi ausiliari di sicurezza | | 17 |
| TOTALI PARZIALI (kW) | 19 | 17 |
| TOTALI PARZIALI (kVA) CON f.d.p.=0,9 | 21 | 18 |
| TOTALE COMPLESSIVO (kW) | 36 | |
| TOTALE COMPLESSIVO (kVA) CON f.d.p.=0,9 | 39 | |
| TAGLIA TRASFORMATORE (kVA) | 160 | |
| MARGINE POTENZA (Trasformatore) | 305,41% | |
| TAGLIA UPS (kVA) | 60 | |
| MARGINE POTENZA (UPS) | 190,56% | |

Nota: CA sezione alimentata in emergenza da UPS

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

Come si evince dalla tabella, ai fini del presente dimensionamento è stato considerato un fattore di potenza cautelativo pari a 0,90 in quanto il carico risulta rifasato sia con condensatori in campo (ad esempio gli apparecchi illuminanti ed i ventilatori booster) sia con quadro di rifasamento automatico in cabina.

Per quanto concerne i dettagli relativi alle potenze assorbite dai vari Impianti (illuminazione, ventilazione e servizi ausiliari) si rinvia agli schemi unifilari dei quadri elettrici di alimentazione.

Ovviamente, in seguito alla definizione delle taglie delle apparecchiature da installare in cabina, sono stati opportunamente dimensionati sia gli spazi tecnici per il loro contenimento che gli impianti di ventilazione/condizionamento idonei al mantenimento di una temperatura inferiore al valore massimo accettabile (tipicamente da 25°C a 40°C).

6 Dimensionamento linee BT

6.1 Calcolo delle correnti d'impiego

Per i carichi o utenze presenti nell'impianto la corrente d'impiego è calcolata dalla formula seguente, sulla base della potenza realmente assorbita:



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

nella quale:

- Pd = Potenza effettivamente assorbita dal carico
- Vn = Tensione nominale del sistema
- cos φ = Fattore di potenza
- kca = fattore dipendente dal sistema di collegamento
 - kca = 1 sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
 - kca = 1.73 sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza cos φ è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di I_b vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

$$\begin{aligned} \underline{I}_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos\varphi - j\sin\varphi) \\ \underline{I}_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi-2\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right) - j\sin\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right) \right) \\ \underline{I}_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi-4\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos\left(\varphi - \frac{4\pi}{3}\right) - j\sin\left(\varphi - \frac{4\pi}{3}\right) \right) \end{aligned}$$

Il vettore della tensione V_n è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$\underline{V}_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nel 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 (ΣP_d a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan\varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle (ΣQ_d a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos\varphi = \cos\left(\arctan\left(\frac{Q_n}{P_n}\right)\right)$$

6.2 Dimensionamento e verifica a sovraccarico dei cavi

6.2.1 Generalità

Di seguito sono illustrati i criteri di dimensionamento e verifica dei cavi e delle relative protezioni, in relazione alle correnti di sovraccarico.

Il riferimento è la Norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), secondo la quale il dispositivo di protezione deve

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$a) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) \quad I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

dove:

- I_b = Corrente di impiego del circuito
- I_n = Corrente nominale del dispositivo di protezione
- I_z = Portata in regime permanente della conduttura
- I_f = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione

Affinché sia verificata 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 procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione 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.

L'individuazione della portata si effettua utilizzando le seguenti tabelle di posa assegnate ai cavi:

- CEI 64-8 Tabella 52C (esempi di condutture);
- CEI-UNEL 35024/1 (portata dei cavi isolati in PVC ed EPR);
- CEI-UNEL 35026 (portata dei cavi interrati);

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile (portata) in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

$$I_{z \min} = \frac{I_n}{k_{tot}}$$

dove il coefficiente k_{tot} ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

Laddove necessario, saranno posti dei vincoli cautelativi, sui coefficienti di declassamento utilizzati.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (ricavata dalla tabella) sia superiore alla $I_{z \min}$. Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che 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).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

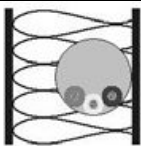
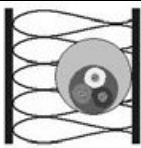
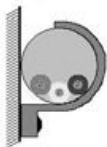
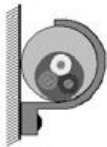


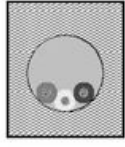
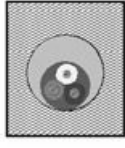
Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.



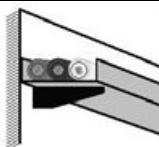
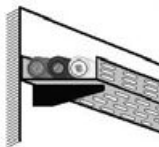
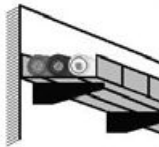
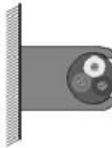


Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.





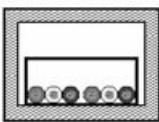
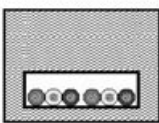
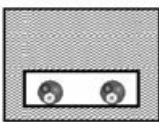
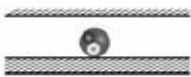
Nei capitoli che seguono sono specificate le modalità di posa contemplate dalla Norma CEI 64-8, le tabelle ricavate dalle norme di cui sopra e i diversi metodi per la determinazione della portata.

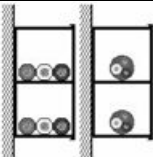
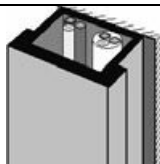


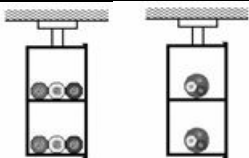

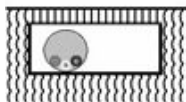
6.2.2 Modalità di posa

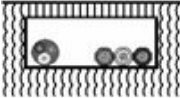

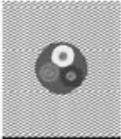
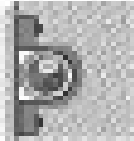
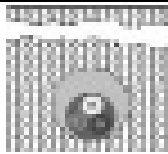
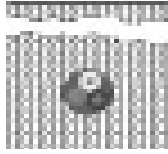
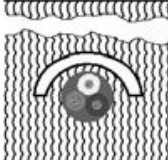
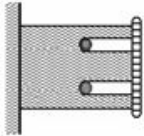
Con riferimento alla norma CEI 64-8/5, le tipologie di installazione previste sono riportate nella tabella seguente:

| ESEMPIO | RIFERIMENTO | DESCRIZIONE |
|---|-------------|---|
|  | 1 | cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolati |
|  | 2 | cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolati |
|  | 3 | cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti |
|  | 3A | cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti |
|  | 4 | cavi senza guaina in tubi protettivi non circolari posati su pareti |
|  | 4A | cavi multipolari in tubi protettivi non circolari posati su pareti |
|  | 5 | cavi senza guaina in tubi protettivi annegati nella muratura |
|  | 5A | cavi multipolari in tubi protettivi annegati nella muratura |

| ESEMPIO | RIFERIMENTO | DESCRIZIONE |
|---|-------------|---|
|  | 11 | cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, posati su o distanziati da pareti |
|  | 11A | cavi multipolari (o unipolari con guaina) con o senza armatura fissati su soffitti |
|  | 12 | cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle non perforate |
|  | 13 | cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle perforate con percorso orizzontale o verticale |
|  | 14 | cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su mensole |
|  | 15 | cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, fissati da collari |
|  | 16 | cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle a traversini |
|  | 17 | cavi unipolari con guaina (o multipolari) sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto |

| ESEMPIO | RIFERIMENTO | DESCRIZIONE |
|---|-------------|---|
|  | 18 | conduttori nudi o cavi senza guaina su isolanti |
|  | 21 | cavi multipolari (o unipolari con guaina) in cavità di strutture |
|  | 22 | cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture |
|  | 22A | cavi multipolari (o unipolari con guaina) in tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture |
|  | 23 | cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture |
|  | 24 | cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura |
|  | 24A | cavi multipolari (o unipolari con guaina), in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura |
|  | 25 | cavi multipolari (o unipolari con guaina) posati in: <ul style="list-style-type: none"> ▪ controsoffitti ▪ pavimenti sopraelevati |

| ESEMPIO | RIFERIMENTO | DESCRIZIONE |
|---|--------------------|--|
|  | 31 | cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete con percorso orizzontale |
|  | 32 | cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete con percorso verticale |
|  | 33 | cavi senza guaina posati in canali incassati nel pavimento |
|  | 33A | cavi multipolari posati in canali incassati nel pavimento |
|  | 34 | cavi senza guaina in canali sospesi |
| | 34A | cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali sospesi |
|  | 41 | cavi senza guaina e cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) in tubi protettivi circolari posati entro cunicoli chiusi, con percorso orizzontale o verticale |
|  | 42 | cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro cunicoli ventilati incassati nel pavimento |

| ESEMPIO | RIFERIMENTO | DESCRIZIONE |
|---|--------------------|--|
|  | 43 | cavi unipolari con guaina e multipolari posati in cunicoli aperti o ventilati con percorso orizzontale e verticale |
|  | 51 | cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati direttamente entro pareti termicamente isolanti |
|  | 52 | cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati direttamente nella muratura senza protezione meccanica addizionale |
|  | 53 | cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati nella muratura con protezione meccanica addizionale |
|  | 61 | cavi unipolari con guaina e multipolari in tubi protettivi interrati od in cunicoli interrati |
|  | 62 | cavi multipolari (o unipolari con guaina) interrati senza protezione meccanica addizionale |
|  | 63 | cavi multipolari (o unipolari con guaina) interrati con protezione meccanica addizionale |
|  | 71 | cavi senza guaina posati in elementi scanalati |

| | | | | |
|---|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUSSIONI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |




| ESEMPIO | RIFERIMENTO | DESCRIZIONE |
|--|-------------|---|
|  | 72 | cavi senza guaina (o cavi unipolari con guaina o cavi multipolari) posati in canali provvisti di elementi di separazione: <ul style="list-style-type: none"> ▪ circuiti per cavi per comunicazione e per elaborazione dati |
|  | 73 | cavi senza guaina in tubi protettivi o cavi unipolari con guaina (o multipolari) posati in stipiti di porte |
|  | 74 | cavi senza guaina in tubi protettivi o cavi unipolari con guaina (o multipolari) posati in stipiti di finestre |
| | 75 | cavi senza guaina, cavi multipolari o cavi unipolari con guaina in canale incassato |
| | 81 | cavi multipolari immersi in acqua |

Tabella 1 - Esempi di condutture (rif. CEI 64-8 tab.5C)

Le figure riportate sono solo indicative dei metodi di installazione descritti, ma non rappresentano la reale messa in opera.

6.2.3 Determinazione della portata

6.2.3.1 Cavi isolati in PVC ed EPR (CEI-UNEL 35024/1)

Per la determinazione della portata dei cavi in rame isolati in materiale elastomerico o termoplastico si fa riferimento alla tabella CEI-UNEL 35024/1.

La norma non prende in considerazione i cavi con posa interrata, in acqua o i cavi posti all'interno

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

di apparecchi elettrici o quadri e cavi per rotabili o aeromobili.

In particolare:

- il coefficiente k_{tot} è ottenuto dal prodotto dei coefficienti k_1 e k_2 ricavati dalle tabelle 3, 4, 5, 6;
- la portata nominale è ricavata dalla tabelle 7 e 8 in relazione al numero della posa (secondo CEI 64-8/5), all'isolante e al numero di conduttori attivi (riferita a 30°C).

k_1 è il coefficiente di correzione relativo alla temperatura ambiente

k_2 è il coefficiente di correzione per i cavi in fascio, in strato o su più strati.

Il coefficiente k_2 si applica ai cavi del fascio o dello strato aventi sezioni simili (rientranti nelle tre sezioni unificate adiacenti) e uniformemente caricati.

Qualora K_2 non sia applicabile, è sostituito dal coefficiente F :

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

dove n è il numero di cavi che compongono il fascio:

| | | | | | | | | |
|----------|---|------|------|-----|------|------|------|------|
| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| F | 1 | 0.71 | 0.57 | 0.5 | 0.44 | 0.41 | 0.37 | 0.35 |

Tabella 2 - Fattore di correzione per conduttori in fascio F

| Temperatura [°C] | PVC | EPR |
|------------------|------|------|
| 10 | 1,22 | 1,15 |
| 15 | 1.17 | 1.12 |
| 20 | 1.12 | 1.08 |
| 25 | 1.06 | 1.04 |
| 30 | 1.00 | 1.00 |
| 35 | 0.94 | 0.96 |
| 40 | 0.87 | 0,91 |
| 45 | 0.79 | 0.87 |
| 50 | 0.71 | 0.82 |
| 55 | 0,61 | 0.76 |

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

| Temperatura [°C] | PVC | EPR |
|------------------|------|------|
| 60 | 0,50 | 0,71 |
| 65 | - | 0,65 |
| 70 | - | 0,58 |
| 75 | - | 0,50 |
| 80 | - | 0,41 |

Tabella 3 - Influenza della temperatura k_1

| n° di posa CEI 64-8 | disposizione | numero di circuiti o di cavi multipolari | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|--|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 12 | 16 | 20 |
| tutte le altre pose | raggruppati a fascio, annegati | 1 | 0,8 | 0,7 | 0,65 | 0,6 | 0,57 | 0,54 | 0,52 | 0,5 | 0,45 | 0,41 | 0,38 |
| 11/12/2025 | singolo strato su muro, pavimento o passerelle non perforate | 1 | 0,85 | 0,79 | 0,75 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | 0,71 | 0,7 | nessuna ulteriore riduzione per più di 9 circuiti o cavi multipolari | | |
| 11A | strato a soffitto | 0,95 | 0,81 | 0,72 | 0,68 | 0,66 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,61 | | | |
| 13 | strato su passerelle perforate orizzontali o verticali (perforate o non perforate) | 1 | 0,88 | 0,82 | 0,77 | 0,75 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | | | |
| 14-15-16-17 | strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno | 1 | 0,87 | 0,82 | 0,8 | 0,8 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,78 | | | |

Tabella 4 - Circuiti realizzati con cavi in fascio o strato k_2

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

| n° posa CEI 64-8 | metodo di installazione | | numero di cavi per ogni supporto | | | | | | |
|---------------------|--------------------------------------|------------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | | numero di passerelle | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 9 |
| 13 | passerelle perforate orizzontali | posa ravvicinata | 2 | 1,00 | 0,87 | 0,80 | 0,77 | 0,73 | 0,68 |
| | | | 3 | 1,00 | 0,86 | 0,79 | 0,76 | 0,71 | 0,66 |
| | | posa distanziata | 2 | 1,00 | 0,99 | 0,96 | 0,92 | 0,87 | |
| | | | 3 | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,91 | 0,85 | |
| 13 | passerelle perforate verticali | posa ravvicinata | 2 | 1,00 | 0,88 | 0,81 | 0,76 | 0,71 | 0,70 |
| | | posa distanziata | 2 | 1,00 | 0,91 | 0,88 | 0,87 | 0,85 | |
| 14-15-16-17 | scala posa cavi elemento di sostegno | posa ravvicinata | 2 | 1,00 | 0,86 | 0,80 | 0,78 | 0,76 | 0,73 |
| | | | 3 | 1,00 | 0,85 | 0,79 | 0,76 | 0,73 | 0,70 |
| | | posa distanziata | 2 | 1,00 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | |
| | | | 3 | 1,00 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,93 | |

Tabella 5 - Circuiti realizzati con cavi multipolari in strato su più supporti (es. passerelle) k_2

Per posa distanziata si intendono cavi posizionati:

- ad una distanza almeno doppia del loro diametro in caso di cavi unipolari
- ad una distanza almeno pari alloro diametro in caso di cavi multipolari.

Se i cavi sono installati ad una distanza superiore a quella sopra indicata il fattore correttivo per circuiti in fascio non si applica ($K_2 = 1$).

Nelle pose su passerelle orizzontali o su scala posa cavi, i cavi devono essere posizionati ad una distanza dalla superficie verticale (parete) maggiore o uguale a 20 mm.

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUZZORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

| n° posa CEI 64-8 | | numero d circuiti trifasi | | | | utilizzato per |
|---------------------|--|---------------------------|------|------|------|----------------------------------|
| | | numero di passerelle | 1 | 2 | 3 | |
| 13 | passerelle perforate | 2 | 0,96 | 0,87 | 0,81 | 3 cavi in formazione orizzontale |
| | | 3 | 0,95 | 0,85 | 0,78 | |
| 13 | passerelle perforate | 2 | 0,95 | 0,84 | | 3 cavi in formazione verticale |
| 14-15-16-17 | scala posa cavi o elemento di sostegno | 2 | 0,98 | 0,93 | 0,89 | 3 cavi in formazione orizzontale |
| | | 3 | 0,97 | 0,90 | 0,86 | |
| 13 | passerelle perforate | 2 | 0,97 | 0,93 | 0,89 | 3 cavi in formazione a trefolo |
| | | 3 | 0,96 | 0,92 | 0,86 | |
| 13 | passerelle perforate | 2 | 1,00 | 0,90 | 0,86 | |
| 14-15-16-17 | scala posa cavi o elemento di sostegno | 2 | 0,97 | 0,95 | 0,93 | |
| | | 3 | 0,96 | 0,94 | 0,9 | |

Tabella 6 - Circuiti realizzati con cavi unipolari in strato su più supporti k_2

Nelle pose su passerelle orizzontali o su scala posa cavi, i cavi devono essere posizionati ad una distanza dalla superficie verticale (parete) maggiore o uguale a 20 mm. Le terne di cavi in formazione a trefolo si intendono disposte ad una distanza maggiore di due volte il diametro del singolo cavo unipolare.

| Metod. di install. | Altri tipi di posa della CEI 64-8 | Isol. | n° conduttori caricati | Portata [A] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------|------------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | Sezione nominale [mm ²] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 | 400 | 500 | 630 | | |
| cavi in tubo incassato in parete isolante | 1-51-71-73-74 | PVC | 2 | - | 14.5 | 19.5 | 26 | 34 | 42 | 51 | 61 | 73 | 88 | 106 | 127 | 152 | 182 | 216 | 255 | 300 | 351 | 408 | 472 | 544 | 624 | 719 | 833 | 968 | 1138 | | |
| | | | 3 | - | 13.5 | 18 | 24 | 31 | 42 | 56 | 73 | 94 | 113 | 138 | 168 | 200 | 241 | 288 | 342 | 402 | 468 | 540 | 618 | 702 | 796 | 908 | 1038 | 1188 | 1368 | 1578 | |
| | | | 2 | - | 19 | 26 | 35 | 45 | 61 | 81 | 106 | 131 | 158 | 200 | 241 | 278 | 318 | 362 | 424 | 492 | 567 | 648 | 735 | 828 | 927 | 1032 | 1143 | 1260 | 1392 | 1539 | |
| cavi in tubo in aria | 3-4-5-22-23 24-31-32-33 34-41-42-72 | PVC | 2 | 13.5 | 17.5 | 24 | 32 | 41 | 57 | 76 | 101 | 125 | 151 | 192 | 232 | 269 | 309 | 353 | 415 | 485 | 561 | 642 | 729 | 822 | 921 | 1026 | 1137 | 1254 | 1386 | 1533 | |
| | | | 3 | 12 | 15.5 | 21 | 28 | 36 | 50 | 68 | 89 | 110 | 134 | 171 | 207 | 239 | 275 | 314 | 359 | 415 | 485 | 561 | 642 | 729 | 822 | 921 | 1026 | 1137 | 1254 | 1386 | 1533 |
| | | | 2 | 17 | 23 | 31 | 42 | 54 | 75 | 100 | 133 | 164 | 198 | 253 | 306 | 354 | 402 | 472 | 555 | 642 | 735 | 834 | 939 | 1050 | 1167 | 1290 | 1419 | 1554 | 1695 | 1851 | 2013 |
| cavi in aria libera in posizione non a portata di mano | 18 | PVC | 3 | 15 | 20 | 28 | 37 | 48 | 66 | 88 | 117 | 144 | 175 | 222 | 269 | 312 | 355 | 417 | 490 | 573 | 666 | 768 | 879 | 996 | 1119 | 1248 | 1383 | 1524 | 1671 | 1824 | 1983 |
| | | | 2 | - | 19.5 | 26 | 35 | 46 | 63 | 85 | 112 | 138 | 168 | 213 | 258 | 299 | 344 | 392 | 461 | 540 | 627 | 723 | 828 | 942 | 1065 | 1196 | 1333 | 1476 | 1623 | 1773 | 1926 |
| | | | 3 | - | 15.5 | 21 | 28 | 36 | 57 | 76 | 101 | 125 | 151 | 192 | 232 | 269 | 309 | 353 | 415 | 485 | 561 | 642 | 729 | 822 | 921 | 1026 | 1137 | 1254 | 1386 | 1533 | 1695 |
| cavi in aria libera a trifoglio | 11-12-21-25 43-52-53 | PVC | 2 | - | 24 | 33 | 45 | 58 | 80 | 107 | 142 | 175 | 212 | 270 | 327 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | | 3 | - | 20 | 28 | 37 | 48 | 71 | 96 | 127 | 157 | 190 | 242 | 293 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | 3 | - | 19.5 | 26 | 35 | 46 | 63 | 85 | 110 | 137 | 167 | 216 | 264 | 308 | 356 | 409 | 485 | 561 | 642 | 729 | 822 | 921 | 1026 | 1137 | 1254 | 1386 | 1533 | 1695 | |
| cavi in aria libera in piano a contatto | 13-14-15-16-17 | PVC | 2 | - | 22 | 30 | 40 | 52 | 71 | 96 | 131 | 162 | 196 | 251 | 304 | 352 | 406 | 463 | 546 | 629 | 754 | 868 | 1005 | 1138 | 1281 | 1431 | 1587 | 1749 | 1917 | 2091 | |
| | | | 3 | - | 19.5 | 26 | 35 | 46 | 63 | 85 | 114 | 143 | 174 | 225 | 275 | 321 | 372 | 427 | 507 | 587 | 689 | 789 | 905 | 1032 | 1164 | 1303 | 1449 | 1601 | 1758 | 1920 | |
| | | | 2 | - | 27 | 37 | 50 | 64 | 88 | 119 | 161 | 200 | 242 | 310 | 377 | 437 | 504 | 575 | 679 | 783 | 940 | 1083 | 1254 | 1431 | 1615 | 1806 | 2004 | 2208 | 2418 | 2634 | |
| cavi in aria libera distanziati su un piano orizzontale(2) | 14-15-16 | PVC | 2 | - | 24 | 33 | 45 | 58 | 80 | 107 | 141 | 176 | 216 | 279 | 342 | 400 | 464 | 533 | 634 | 736 | 868 | 998 | 1151 | 1318 | 1491 | 1671 | 1857 | 2049 | 2247 | 2451 | |
| | | | 3 | - | 20 | 28 | 37 | 48 | 71 | 96 | 127 | 157 | 190 | 242 | 293 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | 3 | - | 14.5 | 19.5 | 26 | 34 | 42 | 51 | 61 | 73 | 88 | 106 | 127 | 152 | 182 | 216 | 255 | 300 | 351 | 408 | 472 | 544 | 624 | 719 | 833 | 968 | 1138 | 1338 | 1538 |
| cavi in aria libera distanziati su un piano verticale (2) | 13-14-15-16 | EPR | 2 | - | 18.2 | 24.6 | 32.8 | 43.2 | 57.0 | 75.6 | 99.6 | 129.6 | 166.8 | 211.2 | 261.6 | 318.0 | 380.4 | 448.8 | 533.2 | 634.4 | 741.6 | 865.2 | 996.0 | 1132.8 | 1276.8 | 1428.0 | 1585.2 | 1748.4 | 1917.6 | 2092.8 | |
| | | | 3 | - | 16.1 | 21.5 | 28.3 | 37.0 | 48.6 | 63.5 | 83.3 | 108.4 | 139.7 | 177.6 | 222.0 | 271.2 | 326.4 | 387.6 | 465.6 | 550.4 | 652.0 | 760.4 | 875.6 | 997.6 | 1126.4 | 1262.4 | 1405.6 | 1556.8 | 1716.0 | 1883.2 | 2057.6 |
| | | | 3 | - | 16.1 | 21.5 | 28.3 | 37.0 | 48.6 | 63.5 | 83.3 | 108.4 | 139.7 | 177.6 | 222.0 | 271.2 | 326.4 | 387.6 | 465.6 | 550.4 | 652.0 | 760.4 | 875.6 | 997.6 | 1126.4 | 1262.4 | 1405.6 | 1556.8 | 1716.0 | 1883.2 | 2057.6 |

Tabella 7 - Portata cavi unipolari con e senza guaina con isolamento in PVC o EPR ¹

¹ PVC: miscela termoplastica a base di polivinilcloruro (temperatura massima del conduttore uguale a 70 °C). EPR: miscela elastomerica reticolata a base di gomma etilenpropilenica o similari (temperatura massima del conduttore uguale a 90 °C)

| Metod. di install. | Altri tipi di posa della CEI 64-8 | Isol. | n° conduttori caricati | Portata [A] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------|------------------------------|-------------------------------------|------|------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | Sezione nominale [mm ²] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 | 400 | 500 | 630 |
| cavo in tubo | | | 2 | - | 14 | 18,5 | 25 | 32 | 43 | 57 | 75 | 92 | 110 | 139 | 167 | 192 | 219 | 248 | 291 | 334 | - | - | - |
| incassato in parete isolante | 2-51-73-74 | PVC | 3 | - | 13 | 17,5 | 23 | 29 | 39 | 52 | 68 | 83 | 99 | 125 | 150 | 172 | 196 | 223 | 261 | 298 | - | - | - |
| | | EPR | 2 | - | 18,5 | 25 | 33 | 42 | 57 | 76 | 99 | 121 | 145 | 183 | 220 | 253 | 290 | 329 | 386 | 442 | - | - | - |
| | | EPR | 3 | - | 16,5 | 22 | 30 | 38 | 51 | 68 | 89 | 109 | 130 | 164 | 197 | 227 | 259 | 295 | 346 | 396 | - | - | - |
| cavo in tubo | 3A-4A-5A-21 | | 2 | 13,5 | 16,5 | 23 | 30 | 38 | 52 | 69 | 90 | 111 | 133 | 168 | 201 | 232 | 258 | 294 | 344 | 394 | - | - | - |
| in aria | 22A-24A-25 | PVC | 3 | 12 | 15 | 20 | 27 | 34 | 46 | 62 | 80 | 99 | 118 | 149 | 179 | 206 | 225 | 255 | 297 | 339 | - | - | - |
| | 33A-31-34A | | 2 | 17 | 22 | 30 | 40 | 51 | 69 | 91 | 119 | 146 | 175 | 221 | 265 | 305 | 334 | 384 | 459 | 532 | - | - | - |
| | 43-32 | EPR | 3 | 15 | 19,5 | 26 | 35 | 44 | 60 | 80 | 105 | 128 | 154 | 194 | 233 | 268 | 300 | 340 | 398 | 455 | - | - | - |
| cavo in aria | | | 2 | 15 | 22 | 30 | 40 | 51 | 70 | 94 | 119 | 148 | 180 | 232 | 282 | 328 | 379 | 434 | 514 | 593 | - | - | - |
| libera, distanziato dalla parete/soffitti o su passerella | 13-14-15-16- 17 | PVC | 3 | 13,6 | 18,5 | 25 | 34 | 43 | 60 | 80 | 101 | 126 | 153 | 196 | 238 | 276 | 319 | 364 | 430 | 497 | - | - | - |
| | | EPR | 2 | 19 | 26 | 36 | 49 | 63 | 86 | 115 | 149 | 185 | 225 | 289 | 352 | 410 | 473 | 542 | 641 | 741 | - | - | - |
| cavo in aria | 11-11A-52- 53- | | 3 | 17 | 23 | 32 | 42 | 54 | 75 | 100 | 127 | 158 | 190 | 246 | 288 | 346 | 399 | 456 | 538 | 621 | - | - | - |
| | | PVC | 2 | 15 | 19,5 | 27 | 36 | 46 | 63 | 85 | 112 | 138 | 168 | 213 | 258 | 299 | 344 | 392 | 461 | 530 | - | - | - |
| libera, fissato alla parete/ soffitto | 12 | | 3 | 13,5 | 17,5 | 24 | 32 | 41 | 57 | 76 | 96 | 119 | 144 | 184 | 223 | 259 | 299 | 341 | 403 | 464 | - | - | - |
| | | EPR | 2 | 19 | 24 | 33 | 45 | 58 | 80 | 107 | 138 | 171 | 209 | 269 | 328 | 382 | 441 | 506 | 599 | 693 | - | - | - |
| | | EPR | 3 | 17 | 22 | 30 | 40 | 52 | 71 | 96 | 119 | 147 | 179 | 229 | 278 | 322 | 371 | 424 | 500 | 576 | - | - | - |

Tabella 8 - Portata cavi multipolari con e senza guaina con isolamento in PVC o EPR ³

2 I cavi unipolari affiancati che compongono il circuito trifase si considerano distanziati se posati in modo che la distanza tra di essi sia superiore o uguale a due volte il diametro esterno del singolo cavo unipolare.

3 PVC: mescola termoplastica a base di polivinilcloruro (temperatura massima del conduttore uguale a 70 °C). EPR: mescola elastomerica reticolata a base di gomma etilenpropilenica o similari (temperatura massima del conduttore uguale a 90 °C)

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUZZORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

6.2.3.2 Cavi interrati (CEI-UNEL 35026)

Per la determinazione della portata dei cavi in rame con isolamento elastomerico o termoplastico si fa riferimento alla tabella CEI-UNEL 35026.

In particolare:

- il coefficiente k_{tot} è ottenuto dal prodotto dei coefficienti k_1 , k_2 , k_3 e k_4 , ricavati dalle tabelle 9, 10, 11, 12.
- la portata nominale è ricavata dalla tabella 13 in relazione al numero della posa (secondo CEI 64-8/5), all'isolante e al numero di conduttori attivi (riferita a d una temperatura del terreno di 20°C).

k_1 è il coefficiente di correzione relativo alla temperatura del terreno

k_2 è il coefficiente di correzione per gruppi di circuiti installati sullo stesso piano

k_3 è il coefficiente di correzione relativo alla profondità di interramento

k_4 è il coefficiente di correzione relativo alla resistività termica del terreno

| | | | | |
|---|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUSSIONI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

| Temperatura terreno [°C] | PVC | EPR |
|-----------------------------|------|------|
| 10 | 1.1 | 1.07 |
| 15 | 1.05 | 1.04 |
| 20 | 1 | 1 |
| 25 | 0.95 | 0.96 |
| 30 | 0.89 | 0.93 |
| 35 | 0.84 | 0.89 |
| 40 | 0.77 | 0.85 |
| 45 | 0.71 | 0.8 |
| 50 | 0.63 | 0.76 |
| 55 | 0.55 | 0.71 |
| 60 | 0.45 | 0.65 |
| 65 | - | 0.6 |
| 70 | - | 0.53 |
| 75 | - | 0.46 |
| 80 | - | 0.38 |

Tabella 9 - Influenza della temperatura del terreno – k_1

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

| un cavo multipolare per ciascun tubo | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|------|------|------|
| n° circuiti | distanza fra i circuiti [m] | | | |
| | a contatto | 0.25 | 0.5 | 1 |
| 2 | 0.85 | 0.9 | 0.95 | 0.95 |
| 3 | 0.75 | 0.85 | 0.9 | 0.95 |
| 4 | 0.7 | 0.8 | 0.85 | 0.9 |
| 5 | 0.65 | 0.8 | 0.85 | 0.9 |
| 6 | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| un cavo unipolare per ciascun tubo | | | | |
| n° circuiti | distanza fra i circuiti [m] | | | |
| | a contatto | 0.25 | 0.5 | 1 |
| 2 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.95 |
| 3 | 0.7 | 0.8 | 0.85 | 0.9 |
| 4 | 0.65 | 0.75 | 0.8 | 0.9 |
| 5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| 6 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |

Tabella 10 - Gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano – k_2

| | | | | | |
|------------------------|------|-----|------|------|------|
| profondità di posa [m] | 0.5 | 0.8 | 1 | 1.2 | 1.5 |
| fattore di correzione | 1.02 | 1 | 0.98 | 0.96 | 0.94 |

Tabella 11 - Influenza della profondità di posa – k_3

| cavi unipolari | | | | | |
|---------------------------------|------|------|-----|------|------|
| resistività del terreno [K m/W] | 1 | 1.2 | 1.5 | 2 | 2.5 |
| fattore di correzione | 1.08 | 1.05 | 1 | 0.9 | 0.82 |
| cavi multipolari | | | | | |
| resistività del terreno [K m/W] | 1 | 1.2 | 1.5 | 2 | 2.5 |
| fattore di correzione | 1.06 | 1.04 | 1 | 0.91 | 0.84 |

Tabella 12 - Influenza della resistività termica del terreno – k_4



| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

| Metod. di install. | Altri tipi di pesa della CEI 64-8 | Isol. | n° conduttori caricati | Portata [A] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|-------|------------------------|------------------------|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | Sezione nominale [mm²] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 1.5 | 2.5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 | 400 | 500 | 630 |
| cavi unipolari in tubi interrati a contatto (1 cavo per tubo) | | PVC | 2 | 22 | 29 | 38 | 47 | 63 | 82 | 105 | 127 | 157 | 191 | 225 | 259 | 294 | 330 | 386 | | | | |
| | | | 3 | 20 | 26 | 34 | 43 | 57 | 74 | 95 | 115 | 141 | 171 | 201 | 231 | 262 | 293 | 342 | | | | |
| | | | 2 | 26 | 34 | 44 | 54 | 73 | 95 | 122 | 148 | 182 | 222 | 261 | 301 | 343 | 385 | 450 | 509 | 666 | 759 | |
| cavi unipolari in tubo interrato | 61 | PVC | 3 | 23 | 31 | 40 | 49 | 67 | 85 | 110 | 133 | 163 | 198 | 233 | 268 | 304 | 340 | 397 | 448 | 519 | 663 | |
| | | | 2 | 21 | 27 | 36 | 45 | 61 | 78 | 101 | 123 | 153 | 187 | 222 | 256 | 292 | 328 | 385 | | | | |
| | | | 3 | 18 | 23 | 30 | 38 | 51 | 66 | 86 | 104 | 129 | 158 | 187 | 216 | 246 | 277 | 325 | | | | |
| cavi multipolari in tubo interrato | 61 | EPR | 2 | 24 | 32 | 41 | 52 | 70 | 91 | 118 | 144 | 178 | 218 | 258 | 298 | 340 | 383 | 450 | 510 | 695 | 671 | 767 |
| | | | 3 | 21 | 27 | 35 | 44 | 59 | 77 | 100 | 121 | 150 | 184 | 217 | 251 | 287 | 323 | 379 | 429 | 500 | 565 | 645 |
| | | | 2 | 19 | 25 | 33 | 41 | 56 | 73 | 94 | 115 | 143 | 175 | 208 | 240 | 273 | 307 | 360 | | | | |
| | | EPR | 3 | 16 | 21 | 28 | 35 | 47 | 61 | 79 | 97 | 120 | 148 | 175 | 202 | 231 | 259 | 304 | | | | |
| | | | 2 | 23 | 30 | 39 | 49 | 66 | 86 | 111 | 136 | 168 | 207 | 245 | 284 | 324 | 364 | 428 | | | | |
| | | | 3 | 19 | 25 | 32 | 41 | 55 | 72 | 93 | 114 | 141 | 174 | 206 | 238 | 272 | 306 | 360 | | | | |

Tabella 13 - Portata cavi unipolari con/senza guaina e cavi multipolari con isolamento in PVC o EPR

6.2.4 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

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm²;;
- 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 16 mm² se il conduttore è in rame e a 25 mm² se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm² (conduttore in rame) e 25 mm² (conduttore in alluminio), il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase.

$$\begin{aligned}
 S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\
 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\
 S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2
 \end{aligned}$$

Qualora, in base a esigenze progettuali, si scelga di dimensionare il neutro per la reale corrente circolante, dovranno essere fatte le medesime considerazioni relative ai conduttori di fase.

6.2.5 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.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned}
 S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\
 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\
 S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2
 \end{aligned}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- S_p è la sezione del conduttore di protezione (mm²);
- I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5 mm² se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm² se non è prevista una protezione meccanica;

6.2.6 Calcolo della temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$

$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

esprese in °C.

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

Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

6.3 Cadute di tensione

La caduta di tensione in una linea percorsa dalla corrente I_b è rappresentata dalla formula seguente:

$$\Delta V = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \sqrt{(R_L \cdot L_c)^2 + (X_L \cdot L_c)^2}$$

dove

- R_L = resistenza alla temperatura di funzionamento (per unità di lunghezza);
- X_L = reattanza della linea (per unità di lunghezza);
- k_{cdt} = coefficiente pari a 2 per i sistemi monofase e 1.73 per i sistemi trifase.

I parametri R_L e X_L per i cavi sono ricavati dalla tabella 35023 in funzione della tipologia (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori (espressi in unità di lunghezza).

Il calcolo può essere anche essere semplificato secondo la seguente formula seguente:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot L_c \cdot (R_L \cdot \cos \varphi + X_L \cdot \sin \varphi)$$



Nei calcoli di verifica, il carico è ipotizzato concentrato a fondo della linea per le utenze singole e distribuito lungo la linea per le utenze multiple alimentate da dorsali.

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma vettoriale delle cadute di tensione, riferite ad un solo conduttore.

Nel caso in cui siano presenti trasformatori, il calcolo della caduta di tensione tiene conto della caduta interna e della presenza di eventuali prese di regolazione del rapporto spire.

La caduta di tensione percentuale è riferita alla tensione nominale dell'utenza in esame.

La verifica prevede il confronto tra il valore massimo calcolato nelle tre fasi e il limiti prestabiliti dalla Norma CEI 64-8 (par. 525).

| | | | | |
|---|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUSSIONI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

6.4 Rifasamento

Dato un carico che assorbe la potenza attiva P_n e la potenza reattiva Q , per diminuire φ e quindi aumentare $\cos \varphi$ senza variare P_n (cioè per passare a $\Theta < \varphi$), si deve introdurre una potenza Q_{rif} di segno opposto a quello di Q , tale che:

$$Q_{rif} = P_n \cdot (\tan \varphi - \tan \Theta)$$

nella quale Θ è l'angolo corrispondente al fattore di potenza a cui si vuole rifasare. Tale valore oscilla tra 0.8 e 0.9 a seconda delle esigenze progettuali.

Il rifasamento può essere eseguito in due modalità:

- distribuito;
- centralizzato.

Tale scelta va valutata al fine di ottimizzare i costi ed i risultati finali, quindi le batterie di condensatori potranno essere inseriti localmente in parallelo ad un carico terminale, oppure centralizzato per rifasare un determinato nodo della rete.

Se la rete dispone di trasformatori, possono essere inserite anche batterie di rifasamento a valle degli stessi per compensare l'energia reattiva assorbita a vuoto dalla macchina.

La corrente nominale della batteria di condensatori viene calcolata tramite la:

$$I_{nc} = \frac{Q_{rif}}{k_{ca} \cdot V_n}$$



Le correnti nominali e di taratura delle protezioni devono tenere conto (CEI 33-5) che ogni batteria di condensatori può sopportare costantemente un sovraccarico del 30% dovuto alle armoniche; inoltre deve essere ammessa una tolleranza del +15% sul valore reale della capacità dei condensatori. Pertanto la corrente nominale dell'interruttore deve essere almeno di $I_{arth} = 1.53 I_{nc}$.

Infine la taratura della protezione magnetica non dovrà essere inferiore a $I_{tarmag} = 10 I_{nc}$

6.5 Calcolo dei guasti

Le tipologie di guasto considerate, sulla base della modellizzazione delle apparecchiature che compongono la rete, sono le seguenti:

- guasto trifase (simmetrico);

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto fase terra (disimmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico).

Per i diversi casi, i risultati del calcolo riguardano le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

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

Nel seguito è riportato il metodo di calcolo utilizzato, con particolare riferimento a quanto indicato nella norma CEI 11-25. Qualora si ritenga necessario, nei casi specifici, sono talvolta introdotte alcune approssimazioni, sotto opportune ipotesi, per mezzo di formule semplificate.

6.5.1 Modellizzazione delle apparecchiature in rete

6.5.1.1 Trasformatori



Le caratteristiche dei trasformatori in rete sono ricavate a partire dai seguenti dati di targa:

- Potenza nominale P_n (in kVA);
- Perdite di cortocircuito P_{cc} (in W);
- Tensione di cortocircuito v_{cc} (in %)
- Rapporto tra la corrente di inserzione e la corrente nominale I_{lr}/I_{rt} ;
- Rapporto tra la impedenza alla sequenza omopolare e quella di corto circuito;
- Tipo di collegamento;
- Tensione nominale del primario V_1 (in kV);
- Tensione nominale del secondario V_02 (in V).

Impedenza di cortocircuito del trasformatore espressa in $m\Omega$:

$$Z_{cct} = \frac{v_{cc}}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

Resistenza di cortocircuito del trasformatore espressa in $m\Omega$:

| | | | | |
|---|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUSSIONI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

$$R_{cct} = \frac{P_{cc}}{1000} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n^2}$$

Reattanza di cortocircuito del trasformatore espressa in mΩ:

$$X_{cct} = \sqrt{Z_{cct}^2 - R_{cct}^2}$$

L'impedenza a vuoto omopolare del trasformatore viene ricavata dal rapporto con l'impedenza di cortocircuito dello stesso:

$$Z_{vot} = Z_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

dove il rapporto Z_{vot}/Z_{cct} vale usualmente 10-20.

In uscita al trasformatore si otterranno pertanto i parametri alla sequenza diretta, in mΩ:

$$Z_d = |Z_{cct}| = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

nella quale:



$$\begin{aligned} R_d &= R_{cct} \\ X_d &= X_{cct} \end{aligned}$$

I parametri alla sequenza omopolare dipendono invece dal tipo di collegamento del trasformatore in quanto, in base ad esso, abbiamo un diverso circuito equivalente.

Pertanto, se il trasformatore è collegato triangolo/stella (Dy), si ha:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \frac{\left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \frac{\left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUZZORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \frac{\left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)}{1 + \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)}$$

Diversamente, se il trasformatore è collegato stella/stella (Yy) si ha:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

Fattore di correzione per trasformatori, CEI 11-25 (3.3.3)

Per i trasformatori a due avvolgimenti, con e senza variazione sotto carico, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza K_T tale che:

$$\begin{aligned} Z_{cctK} &= K_T \cdot Z_{cct} \\ Z_{otK} &= K_T \cdot Z_{ot} \\ K_T &= 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_T} \end{aligned}$$

dove la reattanza relativa del trasformatore è calcolata con la formula seguente:

$$x_T = \frac{X_{cct}}{V_{02}^2 / P_n}$$

Tale fattore deve essere applicato sia alla impedenza diretta che a quelle omopolari e non va applicato nel caso di autotrasformatori.

6.5.1.2 Generatori

Le caratteristiche dei generatori in rete sono ricavate a partire dai seguenti dati di targa:

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUZZORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

- potenza nominale P_n (in kVA);
- reattanza sincrona percentuale x_S;
- reattanza subtransitoria percentuale x'';
- rapporto tra l'impedenza omopolare e l'impedenza sincrona Z_{og}/Z_S.

L'impedenza subtransitoria si calcola con la formula:

$$X'' = \frac{x''}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

dalla quale si ricavano le componenti alla sequenza diretta:

$$\begin{aligned} R_d &= 0 \\ X_d &= X'' \end{aligned}$$

La componente resistiva si trascura rispetto alla componente reattiva del generatore.

L'impedenza sincrona si calcola con la formula:

$$X_S = \frac{x_S}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$



Dalla quale, tramite il rapporto Z_{og}/Z_S, si ricavano le componenti omopolari:

$$\begin{aligned} R_0 &= 0 \\ X_0 &= \frac{Z_{og}}{Z_S} \cdot X_S \end{aligned}$$

6.5.1.3 Motori asincroni

Le caratteristiche dei motori asincroni in rete sono ricavate a partire dai seguenti dati di targa:

- U_{rm} tensione nominale del motore [V] (concatenata per motori trifasi, di fase per motori monofasi collegati fase neutro o fase fase);
- I_{rm} corrente nominale del motore [A];
- S_{rm} potenza elettrica apparente nominale [kVA];
- P numero di coppie polari;

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

- I_{lr}/I_{rm} rapporto tra la corrente a motore bloccato (di c.c.) e la corrente nominale del motore;
- Fattore di potenza allo spunto.
- Possibilità di avviamento stella/triangolo per i motori trifasi, per cui si diminuisce I_{lr}/I_{rm} di 3.

L'impedenza del motore si calcola con la formula:

$$Z_M = \frac{1}{I_{lr}/I_{rm}} \cdot \frac{U_{rm}^2}{S_{rm}}$$

Per i motori asincroni si considera la corrente di interruzione i_b tenendo conto del tempo di ritardo di default pari a 0.02s. per calcolare i coefficienti m e μ .

Il coefficiente m si calcola secondo la seguente tabella:

$$\begin{aligned} \mu &= 0.84 + 0.26 \cdot e^{-0.26 \cdot (I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &= 0.02 \text{ s} \\ \mu &= 0.71 + 0.51 \cdot e^{-0.30 \cdot (I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &= 0.05 \text{ s} \\ \mu &= 0.62 + 0.72 \cdot e^{-0.32 \cdot (I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &= 0.10 \text{ s} \\ \mu &= 0.56 + 0.94 \cdot e^{-0.38 \cdot (I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &\geq 0.25 \text{ s} \end{aligned}$$

se $I_{lr}/I_{rm} \leq 2$ allora $\mu = 1$.

Per il coefficiente q si deve prendere la potenza attiva meccanica espressa in MW e dividerla per il numero di coppie polari P al fine di ottenere la variabile m :

$$m = \frac{S_{rm} \cdot \cos \varphi \cdot \eta}{1000 \cdot P}$$



con $\cos \varphi$ fattore di potenza e η rendimento del motore.

Quindi:

$$\begin{aligned} q &= 1.03 + 0.12 \cdot \ln m & t_{\min} &= 0.02 \text{ s} \\ q &= 0.79 + 0.12 \cdot \ln m & t_{\min} &= 0.05 \text{ s} \\ q &= 0.57 + 0.12 \cdot \ln m & t_{\min} &= 0.10 \text{ s} \\ q &= 0.26 + 0.10 \cdot \ln m & t_{\min} &\geq 0.25 \text{ s} \end{aligned}$$

Se $q > 1$ si pone $q = 1$.

Si divide Z_M per i coefficienti μ e q per ottenere l'impedenza equivalente vista al momento del guasto:

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUZZORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

$$Z_{Mib} = \frac{Z_M}{\mu \cdot q}$$

Da cui, a seconda della tensione e della potenza del motore, si possono avere:

| | |
|---|--|
| $X_M = 0.995 \cdot Z_{Mib}$ $R_M = 0.10 \cdot X_M$ | per motori a media tensione con potenza P_{rm} per coppie di poli ≥ 1 MW |
| $X_M = 0.989 \cdot Z_{Mib}$ $R_M = 0.15 \cdot X_M$ | per motori a media tensione con potenza P_{rm} per coppie di poli < 1 MW |
| $X_M = 0.922 \cdot Z_{Mib}$ $R_M = 0.42 \cdot X_M$ | per motori a bassa tensione |

Per le componenti alle sequenze si considerano le sole componenti dirette mentre quelle omopolari non vengono considerate, in quanto il contributo ai guasti lo danno solo i motori trifasi. Essi contribuiscono ai guasti trifasi e a quelli bifasi nelle utenze trifasi e bifasi.

$$R_d = R_M$$

$$X_d = X_M$$

6.5.2 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito



Le condizioni di calcolo sono le seguenti:

- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione C_{max} (CEI 11-25 tab.1);
- impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza a 80 °C, data dalle tabelle UNEL 35023-70, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left(\frac{1}{1 + (60 \cdot 0.004)} \right)$$

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se f è la frequenza d'esercizio, risulta:

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

$$X_{dcavo} = \frac{X_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

L'impedenza di guasto minima a fine utenza è ricavata dalla somma dei parametri diretti di cui sopra con quelli relativi all'utenza a monte.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{dsbarra} = \frac{R_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{dsbarra} = \frac{X_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$R_{0cavoNeutro} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro}$$

$$X_{0cavoNeutro} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$R_{0cavoPE} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE}$$

$$X_{0cavoPE} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

dove le resistenze $R_{dcavoNeutro}$ e $R_{dcavoPE}$ vengono calcolate come la R_{dcavo} .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

$$R_{0sbarraNeutro} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro}$$

$$X_{0sbarraNeutro} = 3 \cdot X_{dsbarra}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$R_{0sbarraPE} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE}$$

$$X_{0sbarraPE} = 2 \cdot X_{anello_guasto}$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, della utenza a monte, espressi in mΩ:

$$R_d = R_{dcavo} + R_{dmonte}$$

$$X_d = X_{dcavo} + X_{dmonte}$$

$$R_{0Neutro} = R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro}$$

$$X_{0Neutro} = X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro}$$

$$R_{0PE} = R_{0cavoPE} + R_{0montePE}$$

$$X_{0PE} = X_{0cavoPE} + X_{0montePE}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire *sbarra a cavo*.
 Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k \min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$



Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutro \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase I_{kmax} , fase neutro $I_{k1Neutro \max}$, fase terra

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

$I_{k1PEmax}$ e bifase I_{k2max} espresse in kA:

$$I_{k \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \min}}$$

$$I_{k1Neutr \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr \min}}$$

$$I_{k1PE \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \min}}$$

$$I_{k2 \max} = \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k \min}}$$

Infine dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti (CEI 11-25 par. 9.1.1.):

$$I_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k \max}$$

$$I_{p1Neuro} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutr \max}$$

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE \max}$$

$$I_{p2} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max}$$

dove:



$$\kappa \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \frac{R_d}{X_d}}$$

6.5.3 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 11.25 par 2.5.

La tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione c_{\min} di cui alla tab. 1 della norma CEI 11-25.

Per la temperatura dei conduttori ci si riferisce al rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario dal cavo. Essa viene indicata dalla norma CEI 64-8/4 par 434.3 nella quale sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

- isolamento in PVC Tmax = 70°C
- isolamento in G Tmax = 85°C
- isolamento in G5/G7 Tmax = 90°C
- isolamento serie L rivestito Tmax = 70°C
- isolamento serie L nudo Tmax = 105°C
- isolamento serie H rivestito Tmax = 70°C
- isolamento serie H nudo Tmax = 105°C

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d\max} = R_d \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0\text{Neutro}} = R_{0\text{Neutro}} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0PE} = R_{0PE} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, determinano le resistenze minime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase $I_{k1\min}$ e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\max}}$$

$$I_{k1\text{Neutro}\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1\text{Neutro}\max}}$$

$$I_{k1PE\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\max}}$$

$$I_{k2\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k\max}}$$

| | | | | |
|---|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUSSIONI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

6.6 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

6.6.1 Generalità

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:

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

dove:

- I: corrente di corto circuito [A] espressa in valore efficace
- t: durata del corto circuito
- S: sezione del conduttore [mm²]
- K: coefficiente che dipende dal tipo di cavo e dall'isolamento (descritto nei paragrafi successivi)

Pertanto, 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. Le condizioni sono pertanto:

- Le intersezioni sono due:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters \ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ia);
 - $I_{ccmax} \leq I_{inters \ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ib).
- L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters \ min}$.

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

- L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
 - $I_{cc\ max} \leq I_{inters\ max}$.

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo.

6.6.2 Integrale di Joule

La verifica a corto circuito, come riportato nel paragrafo precedente, fa riferimento al calcolo dell'integrale di Joule:

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



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. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

| | |
|--|---------|
| Cavo in rame e isolato in PVC: | K = 115 |
| Cavo in rame e isolato in gomma G: | K = 135 |
| Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7: | K = 143 |
| Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: | K = 115 |
| Cavo in rame serie L nudo: | K = 200 |
| Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: | K = 115 |
| Cavo in rame serie H nudo: | K = 200 |
| Cavo in alluminio e isolato in PVC: | K = 74 |
| Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7: | K = 87 |

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

| | |
|--|---------|
| Cavo in rame e isolato in PVC: | K = 143 |
| Cavo in rame e isolato in gomma G: | K = 166 |
| Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7: | K = 176 |

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

| | |
|--|---------|
| Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: | K = 143 |
| Cavo in rame serie L nudo: | K = 228 |
| Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: | K = 143 |
| Cavo in rame serie H nudo: | K = 228 |
| Cavo in alluminio e isolato in PVC: | K = 95 |
| Cavo in alluminio e isolato in gomma G: | K = 110 |
| Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7: | K = 116 |

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

| | |
|--|---------|
| Cavo in rame e isolato in PVC: | K = 115 |
| Cavo in rame e isolato in gomma G: | K = 135 |
| Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7: | K = 143 |
| Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: | K = 115 |
| Cavo in rame serie L nudo: | K = 228 |
| Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: | K = 115 |
| Cavo in rame serie H nudo: | K = 228 |
| Cavo in alluminio e isolato in PVC: | K = 76 |
| Cavo in alluminio e isolato in gomma G: | K = 89 |
| Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7: | K = 94 |

6.6.3 Massima lunghezza protetta

Il calcolo della massima lunghezza protetta è eseguito mediante il criterio proposto dalla norma CEI 64-8 al paragrafo 533.3, secondo cui la corrente di cortocircuito presunta è calcolata come:

$$I_{ctocto} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{L_{\max prot}}{S_f}}$$

partendo da essa e nota la taratura magnetica della protezione è possibile calcolare la massima lunghezza del cavo protetta in base ad essa.

Pertanto:

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

$$L_{\max prot} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{I_{ctocto}}{S_f}}$$

Dove:

- U: è la tensione concatenata per i neutro non distribuito e di fase per neutro distribuito;
- ρ : è la resistività a 20°C del conduttore;
- m: rapporto tra sezione del conduttore di fase e di neutro (se composti dello stesso materiale);
- I_{mag} : taratura della magnetica.

Viene tenuto conto, inoltre, dei fattori di riduzione (per la reattanza):

- 0.9 per sezioni di 120 mm²;
- 0.85 per sezioni di 150 mm²;
- 0.8 per sezioni di 185 mm²;
- 0.75 per sezioni di 240 mm²;

Per ulteriori dettagli si veda norma CEI 64-8 par.533.3 sezione commenti.

6.7 Verifica contatti indiretti

La verifica della protezione contro i contatti indiretti è eseguita secondo i criteri descritti dalla Norma CEI 64-8 e di seguito riportati, relativamente ai diversi sistemi di distribuzione.

Per assicurare la protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica del circuito è necessario adottare i seguenti accorgimenti:

- Collegamento a terra di tutte le masse metalliche;
- Collegamento al collettore di terra dell'edificio dei conduttori di protezione, delle masse estranee (ad esempio: le delle tubazioni metalliche entranti nel fabbricato) tramite collegamenti equipotenziali principali e supplementari.

6.7.1 Sistema di distribuzione TN

La protezione contro i contatti indiretti, in un sistema TN, deve essere garantita mediante una o più

| | | | | |
|---|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUSSIONI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

delle seguenti misure:

- Tempestivo intervento delle protezioni di massima corrente degli interruttori preposti alla protezione delle linee e, laddove ciò non risultasse possibile, tramite protezioni di tipo differenziale
- Utilizzo di componenti di classe II
- Realizzazione di separazione elettrica con l'uso di trasformatore di isolamento

Nel primo caso, affinché sia verificata la protezione contro i contatti indiretti, è necessario che in ogni punto dell'impianto sia rispettata la condizione:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_g}$$

dove:

- U_0 è la tensione di fase (stellata)
- Z_g è l'impedenza dell'anello di guasto
- I_a è la corrente di intervento entro i tempi previsti dalla Norma

I tempi di intervento (dipendenti dalla tensione nominale), sono indicati nella tabella seguente (rif. CEI 64-8/4 tab.41A):

| U_0 [V] | Tempi di interruzione [s] |
|-----------|---------------------------|
| 120 | 0.8 |
| 230 | 0.4 |
| 400 | 0.2 |
| >400 | 0.1 |

I dati in tabella sono validi per circuiti terminali protetti da dispositivi con corrente nominale non superiore a 32 A.

Tempi di interruzione convenzionali non superiori a 5 s sono ammessi negli altri casi.

Se il dispositivo di protezione è equipaggiato con una protezione differenziale, la corrente utilizzata per la verifica è la soglia di intervento nominale del dispositivo differenziale.

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

6.8 Calcoli dimensionali linee BT

I calcoli e le verifiche delle linee BT sono stati condotti con software dedicato AMPERE PROFESSIONAL® (versione 2009 - 7.3.5.), che tiene conto dei vincoli e dei procedimenti sopra indicati.

Il software si caratterizza per le seguenti funzioni principali:

- simulazione e dimensionamento reti BT
- dimensionamento cavi BT secondo norme CEI 64-8
- dimensionamento condotti sbarre
- determinazione della potenza dissipata dalle reti
- equilibratura dei carichi monofase
- verifica linee e protezioni
- tarature e coordinamento delle protezioni
- verifica termica dei quadri elettrici

I report di calcolo delle linee BT sono riportati nell'Allegato 1

7 Dimensionamento rete MT

7.1 Protezione da sovraccarico

Per il calcolo della sezione dei conduttori delle linee si utilizzerà il seguente procedimento:

- determinazione della corrente di impiego I_b dei circuiti a partire dalle potenze assorbite da ciascuna utenza e tenendo conto dei relativi fattori di utilizzo e di contemporaneità.
- scelta della sezione del cavo in maniera tale che risulti:

$$I_b \leq I_z$$



dove:

I_b = corrente di impiego della linea;

I_z = portata della conduttura.

- determinazione della corrente di taratura della soglia di sovraccarico della protezione di massima corrente di media tensione a protezione della linea in cavo, inferiore alla I_z ;

Nella determinazione della portata I_z dei cavi in regime permanente si considerano gli opportuni coefficienti di riduzione relativi al cambiamento delle condizioni di riferimento nella posa,

| | | | | |
|---|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUSSIONI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

utilizzando la seguente espressione:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

dove con I_0 si indica la portata di conduttori unipolari interrati direttamente.

k_1 = coefficiente che tiene conto della temperatura ambientale per posa interrata;

k_2 = coefficiente che tiene conto della profondità di posa;

k_3 = coefficiente che tiene conto delle condizioni di posa (più cavi o tubi affiancati).

La portata viene calcolata in base alla norma IEC 60287 per le seguenti condizioni:

- temperatura del terreno: 20°C - $K_1=1$;
- profondità di posa: >0,60 m (resistività termica del terreno: 1 K*m/W) - $K_2= 1$;
- una sola terna di cavi entro tubo interrato - $K_3 = 0,82$.

7.2 Verifica della caduta di tensione

La verifica della caduta di tensione viene basata su un calcolo di load flow. Tale verifica consente di:

- valutare se la caduta di tensione eccede il limite fissato tra i dati di partenza in condizioni normali ed in condizioni di emergenza.

7.3 Tenuta termica al corto circuito massimo

Sulla base di un calcolo della corrente di corto circuito trifase massima (eseguito secondo la IEC 60909-2001) si determinano:

- la corrente massima di corto circuito che interessa il tratto di cavo;
- l'energia massima K^2S^2 tollerabile dal cavo, determinando il tempo massimo "tmax" entro il quale la protezione deve intervenire per non superarla in corrispondenza alla massima corrente di corto circuito sopra calcolata.

dove:

- K = coefficiente di dispersione del calore, dipendente dal tipo di cavo (per cavi in rame isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato, vale 143)
- S = sezione del conduttore in mm²
- I = corrente massima di guasto in A

| | | | | |
|---|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUSSIONI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

- t = durata del guasto in s

7.4 Analisi e verifiche della rete MT

L'analisi e le verifiche della rete MT sono stati condotti con software dedicato NEPLAN® (versione. 5.4.3). Con tale software sono possibili i seguenti studi:

- load-flow su reti simmetriche ed asimmetriche
- load-flow con profili di carico
- correnti di corto circuito (secondo IEC 60909)
- armoniche
- selettività e coordinamento delle protezioni di massima corrente
- coordinamento protezioni distanziometriche
- verifica portata cavi
- verifica TA
- affidabilità delle reti
- stabilità transitoria
- transitori elettromagnetici
- ottimizzazione posizione batterie di rifasamento su reti MT

I report di calcolo e verifica delle reti MT sono riportati nell'Allegato 2.

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

8 Dimensionamento impianti di ventilazione e climatizzazione locali tecnici

La stima del fabbisogno di potenza per il raffreddamento estivo e il riscaldamento invernale dei locali tecnici è stata effettuata in funzione delle temperature limiti ammissibili all'interno dei locali stessi, considerando la tipologia dell'involucro edilizio, le condizioni esterne estive ed invernali, gli apporti di potenza da parte di apparecchiature ed ausiliari contenuti, l'eventuale presenza di persone ed altri dati desunti dalla letteratura esistente in materia.

Quando risulti necessario raffreddare l'ambiente, la potenza sarà smaltita tramite ventilazione naturale e/o meccanica (qualora la temperatura ambiente possa superare di qualche grado la temperatura esterna massima) ovvero sarà smaltita tramite condizionatore (nel caso la temperatura ambiente debba essere mantenuta più bassa).

Quando risulti necessario riscaldare l'ambiente, la potenza sarà invece erogata da una pompa di calore o termoconvettore elettrico.

I calcoli effettuati per il dimensionamento dei ventilatori e delle macchine di condizionamento dei locali tecnici sono riassunti nell'allegato 3, organizzato con schede suddivise per locale, di cui si fornisce una breve spiegazione.

Nella prima parte di ciascuna scheda, "Dati iniziali", sono indicati i parametri termo-igrometrici di riferimento utilizzati per il calcolo (parametri esterni della località di installazione e parametri interni che si vogliono garantire), nonché le caratteristiche geometriche del locale.

Nella parte successiva, viene riportato il calcolo della potenza termica massima da smaltire nel periodo estivo (agli apporti interni dovuti alle perdite per effetto joule delle apparecchiature elettriche e/o elettroniche installate, si sommano gli eventuali apporti estivi delle strutture).

In modo analogo viene calcolata la potenza termica massima da garantire nel periodo invernale affinché la temperatura dell'ambiente non scenda sotto il valore prefissato (in questo caso, gli apporti interni devono essere sottratti alla potenza termica richiesta).

Infine, si riporta il calcolo della portata di ventilazione necessaria per garantire le prestazioni sopra indicate e i dati del relativo impianto ovvero le caratteristiche del sistema di condizionamento / riscaldamento.

8.1 Ventilazione e caratteristiche del locale batterie

Nei locali in cui sono presenti delle batterie sussiste il pericolo di esplosione dovuto all'emissione

| | | | | |
|--|---|---|-----------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI | | <i>Codice documento</i> CS0893.doc | <i>Rev</i> 0 | <i>Data</i> 09/03/2011 |

nell'ambiente di idrogeno, che si sprigiona a seguito dell'elettrolisi dell'acqua.

Vanno pertanto previste opportune aperture per la ventilazione, in modo da diluirne la concentrazione nei locali stessi.

Di seguito si descrivono le verifiche in accordo alla Norma EN 50272, in relazione a:

- portata d'aria di ventilazione necessaria in un locale
- superficie delle aperture di ventilazione che garantiscono la portata d'aria necessaria

La portata d'aria Q necessaria per questo scopo può essere calcolata con la seguente formula:

$$Q = 0.05 \cdot n \cdot I_{gas} \cdot C_{rt} / 1000 \quad [m^3 / h]$$

dove:

- 0.05 = coefficiente che tiene conto dell'usuale quantità di idrogeno prodotta nel processo di elettrolisi (0.42 l/h per ogni Ah), la necessaria percentuale di diluizione (<30%) e un coefficiente di sicurezza pari a 5;
- n = numero di elementi;
- I_{gas} = corrente che produce gas [mA/Ah];
- C_{rt} = capacità nominale della batteria [Ah].

L'area necessaria per le aperture di ventilazione è quindi:

$$S = \frac{Q}{v} \quad [m^2]$$

dove:

- Q = flusso d'aria [m³/s]
- v = velocità dell'aria per ventilazione naturale [m/s] = 0.1 m/s

Nelle immediate vicinanze di una batteria in carica, la norma EN 50272 prevede l'esistenza di una zona pericolosa che deve essere classificata secondo quanto previsto dalla Norma EN 60079-10, come zona 1.

Si definisce la distanza d, variabile con le caratteristiche delle batterie e rappresentativa di un'area attorno alle sorgenti presenti, che è calcolata con la formula seguente:

$$d = 28.8 \cdot \sqrt[3]{I_{gas}} \cdot \sqrt[3]{C_{rt}} \quad [m]$$

| | | | | |
|---|---|---|-------------------------|-----------------------------------|
|  |  | <p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p> | | |
| <p align="center">RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI</p> | | <p><i>Codice documento</i> CS0893.doc</p> | <p><i>Rev</i> 0</p> | <p><i>Data</i> 09/03/2011</p> |

per batterie monoblocco con N celle per monoblocco, la distanza va moltiplicata per il coefficiente $\sqrt[3]{N}$

9 Allegati

Gli allegati sono organizzati nei seguenti documenti:

- Allegato 1: Calcoli linee BT
- Allegato 2: Dimensionamento rete di media tensione (MT)
- Allegato 3: Dimensionamento ventilazione e condizionamento locali tecnici

ALLEGATO 1
CALCOLI LINEE BT

Nel presente documento, per l'opera in oggetto, sono riportati i risultati di calcolo relativi al seguente quadro elettrico di bassa tensione:

- Q_BT

Per le diverse utenze derivate dai suddetti quadri elettrici, sono riportati i seguenti dati:

- caratteristiche elettriche dell'utenza (P, I, V, $\cos \varphi$, etc.);
- caratteristiche delle condutture elettriche di alimentazione.

Inoltre, per ogni utenza, sono riportati i risultati delle principali verifiche elettriche (cadute di tensione, sovraccarico, corto circuito, coordinamento con dispositivi di protezione, etc.).

| Sigla utenza | Pn [kW] | Coef. | Pd [kW] | Carichi | Qn [kVAR] | Qrif [kVAR] | Cos ϕ | Vn [V] | Sistema | Cond. att. | Ib [A] | In [A] | Iz [A] |
|--------------|---------|-------|---------|---------|-----------|-------------|------------|--------|---------|------------|--------|--------|--------|
|--------------|---------|-------|---------|---------|-----------|-------------|------------|--------|---------|------------|--------|--------|--------|

+CABINA.Q_BT

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------|---|--------|---|--------|------|-------|-----|------|----------|------|-------|--------|
| IG1 | 35,755 | 1 | 35,755 | 1 | 16,829 | n.d. | 0,905 | 400 | TN-S | 3 | 61,5 | 150 | 1039,8 |
| IG2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 400 | TN-S | 3 | 0 | 146,2 | 1039,8 |
| BT1 | 0 | 1 | 0 | 1 | -5 | n.d. | 0 | 400 | TN-S | 3 | 7,2 | 63 | 70,2 |
| BT2 | 8,02 | 1 | 8,02 | 1 | 4,369 | n.d. | 0,878 | 400 | TN-S | 3 | 17,5 | 150 | 133,2 |
| BT3 | 16,858 | 1 | 16,858 | 1 | 12,192 | n.d. | 0,81 | 400 | TN-S | 3 | 32,9 | 125 | 161,4 |
| BT4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 400 | TN-S | 3 | 0 | 125 | 133,2 |
| BT5 | 10,877 | 1 | 10,877 | 1 | 5,268 | n.d. | 0,9 | 400 | TN-S | 3 | 18 | 62 | n.d. |
| BT2/1 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,375 | n.d. | 0,8 | 400 | TN-S | 3 | 0,9 | 16 | 21 |
| BT2/2 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,375 | n.d. | 0,8 | 400 | TN-S | 3 | 0,9 | 16 | 21 |
| BT2/3 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,375 | n.d. | 0,8 | 400 | TN-S | 3 | 0,9 | 16 | 21 |
| BT2/4 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,375 | n.d. | 0,8 | 400 | TN-S | 3 | 0,9 | 16 | 21 |
| BT2/5 | 0,069 | 1 | 0,069 | 1 | 0,02 | n.d. | 0,96 | 231 | TN-S | 2 (L1-N) | 0,3 | 1 | 18 |
| BT2/6 | 0,1 | 1 | 0,1 | 1 | 0,029 | n.d. | 0,96 | 231 | TN-S | 2 (L1-N) | 0,5 | 1,6 | 18 |
| BT2/7 | 0,1 | 1 | 0,1 | 1 | 0,029 | n.d. | 0,96 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 0,5 | 1,6 | 18 |
| BT2/8 | 3,2 | 1 | 3,2 | 1 | 1,55 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L1-N) | 15,4 | 32 | 41,4 |
| BT2/9 | 3,2 | 1 | 3,2 | 1 | 1,55 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 15,4 | 32 | 41,4 |
| BT2/10 | 2,9 | 1 | 2,9 | 1 | 1,405 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L3-N) | 13,9 | 25 | 30,6 |
| BT2/11 | 2,9 | 1 | 2,9 | 1 | 1,405 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L3-N) | 13,9 | 25 | 30,6 |
| BT2/12 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 400 | TN-S | 3 | 0 | 10 | 41 |
| BT2/13 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 400 | TN-S | 3 | 0 | 16 | 15,6 |
| BT2/14 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 400 | TN-S | 3 | 0 | 16 | 15,6 |
| BT2/15 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 0 | 16 | 15,6 |
| BT2/16 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 400 | TN-S | 3 | 0 | 16 | 15,6 |
| BT5/7 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 400 | TN-S | 3 | 0 | 10 | 30,7 |
| BT5/8 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 400 | TN-S | 3 | 0 | 10 | 30,7 |
| BT5/9 | 0,2 | 1 | 0,2 | 1 | 0,097 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 1 | 6 | 30,7 |

+CABINA.Q_BT_SEZ_CA

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|---|-------|---|--------|------|-------|-----|------|---|------|------|-------|
| IGCA | 16,52 | 1 | 16,52 | 1 | 12,029 | n.d. | 0,808 | 400 | TN-S | 3 | 32,3 | 95,3 | 123,2 |
| IGCA_LT | 5,623 | 1 | 5,623 | 1 | 4,387 | n.d. | 0,788 | 400 | TN-S | 3 | 11,9 | 78 | 18,2 |

| Sigla utenza | Pn [kW] | Coef. | Pd [kW] | Carichi | Qn [kVAR] | Qrif [kVAR] | Cos ϕ | Vn [V] | Sistema | Cond. att. | Ib [A] | In [A] | Iz [A] |
|--------------|---------|-------|---------|---------|-----------|-------------|------------|--------|---------|------------|--------|--------|--------|
| IGCA_EX | 10,897 | 1 | 10,897 | 1 | 7,642 | n.d. | 0,819 | 400 | TN-S | 3 | 20,4 | 58 | 18,2 |
| SAC_LT1 | 0,09 | 1 | 0,09 | 1 | 0,044 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 0,4 | 6 | 15,6 |
| SAC_LT2 | 0,09 | 1 | 0,09 | 1 | 0,044 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 0,4 | 6 | 15,6 |
| SAC_LT3 | 0,09 | 1 | 0,09 | 1 | 0,044 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L3-N) | 0,4 | 6 | 15,6 |
| SAC_LT4 | 0,09 | 1 | 0,09 | 1 | 0,044 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L3-N) | 0,4 | 6 | 15,6 |
| SAC_LT5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,242 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 2,4 | 16 | 20,8 |
| SAC_LT6 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1,5 | n.d. | 0,8 | 231 | TN-S | 2 (L1-N) | 10,8 | 16 | 20,8 |
| SAC_LT7 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,375 | n.d. | 0,8 | 231 | TN-S | 2 (L3-N) | 2,7 | 6 | 15,6 |
| SAC_LT8 | 0,218 | 1 | 0,218 | 1 | 0,188 | n.d. | 0,758 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 1,2 | 6 | 19,2 |
| SAC_LT9 | 0,167 | 1 | 0,167 | 1 | 0,195 | n.d. | 0,65 | 231 | TN-S | 2 (L1-N) | 1,1 | 6 | n.d. |
| SAC_LT10 | 0,12 | 1 | 0,12 | 1 | 0,058 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 0,6 | 6 | 24 |
| SAC_LT11 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1 | 1,53 | n.d. | 0,7 | 231 | TN-S | 2 (L3-N) | 9,3 | 16 | 20,8 |
| SAC_LT12 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1 | 1,53 | n.d. | 0,7 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 9,3 | 16 | 20,8 |
| SAC_LT13 | 0,26 | 1 | 0,26 | 1 | 0,126 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L3-N) | 1,3 | 6 | 20,2 |
| SAC_LT15 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 400 | TN-S | 3 | 0 | 16 | 19,2 |
| SAC_LT16 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L1-N) | 0 | 6 | 19,2 |
| SAC_LT17 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 0 | 6 | 19,2 |
| SAC_LT18 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L3-N) | 0 | 6 | 19,2 |
| SAC_EX1 | 8,198 | 1 | 8,198 | 1 | 6,148 | n.d. | 0,8 | 400 | TN-S | 3 | 15,2 | 20 | 56,9 |
| SAC_EX2 | 0,3 | 1 | 0,3 | 1 | 0,225 | n.d. | 0,8 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 1,6 | 6 | 22,2 |
| SAC_EX3 | 0,1 | 1 | 0,1 | 1 | 0,075 | n.d. | 0,8 | 231 | TN-S | 2 (L3-N) | 0,5 | 6 | 22,2 |
| SAC_EX4 | 0,3 | 1 | 0,3 | 1 | 0,225 | n.d. | 0,8 | 231 | TN-S | 2 (L1-N) | 1,6 | 6 | 22,2 |
| SAC_EX5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,484 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L3-N) | 4,8 | 20 | 37,6 |
| SAC_EX6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,484 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L1-N) | 4,8 | 20 | 67,2 |
| SAC_EX7 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 231 | TN-S | 2 (L1-N) | 0 | 6 | 22,2 |
| SAC_EX8 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | n.d. | 0,9 | 400 | TN-S | 3 | 0 | 6 | 22,2 |
| TR_24 | 0,218 | 1 | 0,218 | 1 | 0,188 | n.d. | 0,758 | 231 | TN-S | 2 (L2-N) | 1,2 | 1,9 | 19,2 |
| RAD | 0,167 | 1 | 0,167 | 1 | 0,195 | n.d. | 0,65 | 231 | TN-S | 2 (L1-N) | 1,1 | 11 | n.d. |
| AUX_AC | 0,2 | 1 | 0,2 | 1 | 0,097 | n.d. | 0,9 | 24 | TN-S | 2 (L2-N) | 9,3 | 17,7 | 19,2 |
| AUX_DC | 0,15 | 1 | 0,15 | 1 | | | | 24 | TN-S | 2 | 6,3 | 11 | 35,9 |

| Sigla utenza | Pn [kW] | Coef. | Pd [kW] | Carichi | Qn [kVAR] | Qrif [kVAR] | Cos ϕ | Vn [V] | Sistema | Cond. att. | Ib [A] | In [A] | Iz [A] |
|--------------|---------|-------|---------|---------|-----------|-------------|------------|--------|---------|------------|--------|--------|--------|
|--------------|---------|-------|---------|---------|-----------|-------------|------------|--------|---------|------------|--------|--------|--------|

Legenda

Pn: potenza nominale dei carichi a valle dell'utenza.

Pd: potenza di dimensionamento dell'utenza.

Qn: potenza reattiva dei carichi a valle dell'utenza

Qrif: potenza reattiva nominale di rifasamento locale di un'utenza terminale



| Sigla utenza | Formazione | Designazione | Isol. | Mat. | Lc | Prx. | T | k | Iz [A] | IzN [A] | K ² S ² (F) [A ² s] | Cdt % | CdtIn% |
|----------------------------|--------------------|-----------------|-------|-------|-----|------|----|------|--------|---------|--|-------|--------|
| +CABINA.Q_BT | | | | | | | | | | | | | |
| BT1 | 3x(1x25)+1G16 | FG7M1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 10 | 5 | 30 | 0,6 | 70 | 0 | 1,278E+07 | 1,01 | 2,85 |
| BT3 | 3x(1x95)+1x50+1G50 | FG7M1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 10 | 5 | 30 | 0,6 | 161 | 105 | 1,846E+08 | 1,06 | 2,97 |
| BT4 | 3x(1x70)+1x35+1G35 | FG7M1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 10 | 5 | 30 | 0,6 | 133 | 86 | 1,002E+08 | 0 | 0 |
| BT2/1 | 5G4 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 5 | 30 | 0,6 | 21 | 21 | 3,272E+05 | 1,05 | 3,46 |
| BT2/2 | 5G4 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 15 | 5 | 30 | 0,6 | 21 | 21 | 3,272E+05 | 1,05 | 3,3 |
| BT2/3 | 5G4 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 10 | 5 | 30 | 0,6 | 21 | 21 | 3,272E+05 | 1,04 | 3,14 |
| BT2/4 | 5G4 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 5 | 30 | 0,6 | 21 | 21 | 3,272E+05 | 1,05 | 3,46 |
| BT2/5 | 3G2.5 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 25 | 5 | 30 | 0,6 | 18 | 18 | 1,278E+05 | 1,09 | 3,01 |
| BT2/6 | 3G2.5 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 5 | 30 | 0,6 | 18 | 18 | 1,278E+05 | 1,1 | 3,06 |
| BT2/7 | 3G2.5 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 5 | 30 | 0,6 | 18 | 18 | 1,278E+05 | 1,09 | 3,06 |
| BT2/8 | 3G10 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 10 | 5 | 30 | 0,6 | 41 | 41 | 2,045E+06 | 1,31 | 3,4 |
| BT2/9 | 3G10 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 10 | 5 | 30 | 0,6 | 41 | 41 | 2,045E+06 | 1,3 | 3,4 |
| BT2/10 | 3G6 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 5 | 30 | 0,6 | 31 | 31 | 7,362E+05 | 1,88 | 4,31 |
| BT2/11 | 3G6 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 5 | 30 | 0,6 | 31 | 31 | 7,362E+05 | 1,88 | 4,31 |
| +CABINA.Q_BT_SEZ_CA | | | | | | | | | | | | | |
| SAC_LT1 | 3G2.5 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 25 | 8 | 30 | 0,52 | 16 | 16 | 1,278E+05 | 1,15 | 4,16 |
| SAC_LT2 | 3G2.5 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 8 | 30 | 0,52 | 16 | 16 | 1,278E+05 | 1,14 | 3,95 |
| SAC_LT3 | 3G2.5 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 10 | 8 | 30 | 0,52 | 16 | 16 | 1,278E+05 | 1,12 | 3,52 |
| SAC_LT4 | 3G2.5 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 8 | 30 | 0,52 | 16 | 16 | 1,278E+05 | 1,15 | 3,95 |
| SAC_LT5 | 3G4 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 8 | 30 | 0,52 | 21 | 21 | 3,272E+05 | 1,29 | 4,52 |
| SAC_LT6 | 3G4 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 5 | 8 | 30 | 0,52 | 21 | 21 | 3,272E+05 | 1,32 | 3,41 |
| SAC_LT7 | 3G2.5 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 5 | 8 | 30 | 0,52 | 16 | 16 | 1,278E+05 | 1,17 | 3,28 |
| SAC_LT10 | 3G4 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 5 | 30 | 0,6 | 24 | 24 | 3,272E+05 | 1,13 | 3,63 |
| SAC_LT11 | 3G4 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 8 | 30 | 0,52 | 21 | 21 | 3,272E+05 | 1,73 | 4,22 |
| SAC_LT12 | 3G4 | FG7OM1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 8 | 30 | 0,52 | 21 | 21 | 3,272E+05 | 1,73 | 4,22 |
| SAC_LT13 | 3G2.5 | FG7M1 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 20 | 5 | 15 | 0,67 | 20 | 20 | 1,278E+05 | 1,26 | 3,95 |
| SAC_EX1 | 3x(1x25)+1x16+1G16 | FG7R 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 495 | 8 | 30 | 0,57 | 57 | 44 | 1,278E+07 | 3,88 | 6,67 |
| SAC_EX2 | 3G4 | FG7OR 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 75 | 8 | 30 | 0,57 | 22 | 22 | 3,272E+05 | 1,56 | 4,89 |
| SAC_EX3 | 3G4 | FG7OR 0.6/1 KV | EPR | RAAME | 75 | 8 | 30 | 0,57 | 22 | 22 | 3,272E+05 | 1,25 | 4,89 |

| Sigla utenza | Formazione | Designazione | Isol. | Mat. | Lc | Prx. | T | k | Iz [A] | IzN [A] | K ² S ² (F) [A ² s] | Cdt % | CdtIn% |
|--------------|---------------|----------------|-------|-------|-----|------|----|------|--------|---------|--|-------|--------|
| SAC_EX4 | 3G4 | FG70R 0.6/1 kV | EPR | RAIME | 50 | 8 | 30 | 0,57 | 22 | 22 | 3,272E+05 | 1,42 | 4,29 |
| SAC_EX5 | 3G10 | FG70R 0.6/1 kV | EPR | RAIME | 165 | 8 | 30 | 0,57 | 38 | 38 | 2,045E+06 | 2,51 | 9,05 |
| SAC_EX6 | 2x(1x25)+1G16 | FG7R 0.6/1 kV | EPR | RAIME | 460 | 8 | 30 | 0,57 | 67 | 67 | 1,278E+07 | 2,72 | 9,85 |

Legenda

- Lc: lunghezza cavo [m]
- Prx.: numero circuiti in prossimità
- T: temperatura ambiente [°C]
- Cdt %: caduta di tensione alla corrente Ib
- CdtIn %: caduta di tensione alla corrente In
- [C]: il Conduttore dell'utenza è comune ad altre utenze
- [C]: il Conduttore dell'utenza è comune ad altre utenze (neutri separati)
- Ci: utilizza il Conduttore di un'altra utenza
- [PE]: il PE dell'utenza è comune ad altre utenze
- PEi: utilizza il PE di un'altra utenza

| Sigla utenza | Coord. Ib<In<Iz | PdI | K ² S ² >I ² t | Sg. mag.<I magmax | Contatti ind. |
|----------------------------|------------------------|-------------|---|--------------------------|---------------|
| +CABINA.Q_BT | | | | | |
| IG1 | 61,5<=150 A (Ib < In) | 25>=4 kA | Verificato | 1.250<3.086 A | Verificato |
| IG2 | 0<=146,2 A (Ib < In) | 25>=0 kA | Verificato | Prot. contatti indiretti | Verificato |
| BT1 | 7,2<=63<=70,2 A | 10>=4 kA | Verificato | 630<2.877 A | Verificato |
| BT2 | 17,5<=150 A (Ib < In) | | Verificato | | Verificato |
| BT3 | 32,9<=125<=161,4 A | 25>=4 kA | Verificato | 1.250<3.002 A | Verificato |
| BT4 | 0<=125<=133,2 A | 25>=4 kA | Verificato | Prot. contatti indiretti | Verificato |
| BT5 | 18<=62 A (Ib < In) | | Verificato | | Verificato |
| BT2/1 | 0,9<=16<=21 A | 10>=4 kA | Verificato | 160<834 A | Verificato |
| BT2/2 | 0,9<=16<=21 A | 10>=4 kA | Verificato | 160<1.065 A | Verificato |
| BT2/3 | 0,9<=16<=21 A | 10>=4 kA | Verificato | 160<1.456 A | Verificato |
| BT2/4 | 0,9<=16<=21 A | 10>=4 kA | Verificato | 160<834 A | Verificato |
| BT2/5 | 0,3<=1<=18 A | 100>=4 kA | Verificato | 10<444 A | Verificato |
| BT2/6 | 0,5<=1,6<=18 A | 100>=4 kA | Verificato | 16<547 A | Verificato |
| BT2/7 | 0,5<=1,6<=18 A | 100>=4 kA | Verificato | 16<547 A | Verificato |
| BT2/8 | 15,4<=32<=41,4 A | 20>=4 kA | Verificato | 320<2.435 A | Verificato |
| BT2/9 | 15,4<=32<=41,4 A | 20>=4 kA | Verificato | 320<2.435 A | Verificato |
| BT2/10 | 13,9<=25<=30,6 A | 20>=4 kA | Verificato | 250<1.171 A | Verificato |
| BT2/11 | 13,9<=25<=30,6 A | 20>=4 kA | Verificato | 250<1.171 A | Verificato |
| BT2/12 | 0<=10 A (Ib < In) | 100>=4 kA | Verificato | 100<3.086 A | Verificato |
| BT2/13 | 0<=16 A (Ib < In) | 10>=4 kA | Verificato | 160<3.086 A | Verificato |
| BT2/14 | 0<=16 A (Ib < In) | 10>=4 kA | Verificato | 160<3.086 A | Verificato |
| BT2/15 | 0<=16 A (Ib < In) | 20>=4 kA | Verificato | 160<3.577 A | Verificato |
| BT2/16 | 0<=16 A (Ib < In) | 10>=4 kA | Verificato | 160<3.086 A | Verificato |
| BT5/7 | 0<=10 A (Ib < In) | 10>=3,97 kA | Verificato | 50<3.086 A | Verificato |
| BT5/8 | 0<=10 A (Ib < In) | 10>=3,97 kA | Verificato | 50<3.086 A | Verificato |
| BT5/9 | 1<=6 A (Ib < In) | 20>=3,97 kA | Verificato | 30<3.577 A | Verificato |
| +CABINA.Q_BT_SEZ_CA | | | | | |
| IGCA | 32,3<=95,3 A (Ib < In) | | Verificato | | Verificato |
| IGCA_LT | 11,9<=78 A (Ib < In) | | Verificato | | Verificato |

| Sigla utenza | Coord. Ib<In<Iz | PdI | K²S²>I²t | Sg. mag.<I magmax | Contatti ind. |
|---------------------|------------------------------|-------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| IGCA_EX | 20,4<=58 A (Ib < In) | | Verificato | | Verificato |
| SAC_LT1 | 0,4<=6<=15,6 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<431 A | Verificato |
| SAC_LT2 | 0,4<=6<=15,6 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<528 A | Verificato |
| SAC_LT3 | 0,4<=6<=15,6 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<946 A | Verificato |
| SAC_LT4 | 0,4<=6<=15,6 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<528 A | Verificato |
| SAC_LT5 | 2,4<=16<=20,8 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 80<790 A | Verificato |
| SAC_LT6 | 10,8<=16<=20,8 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 80<1.944 A | Verificato |
| SAC_LT7 | 2,7<=6<=15,6 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<1.528 A | Verificato |
| SAC_LT8 | 1,2<=6 A (Ib < In) | 20>=3,53 kA | Verificato | 30<3.108 A | Verificato |
| SAC_LT9 | 1,1<=6 A (Ib < In) | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<3.108 A | Verificato |
| SAC_LT10 | 0,6<=6<=24 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<790 A | Verificato |
| SAC_LT11 | 9,3<=16<=20,8 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 80<790 A | Verificato |
| SAC_LT12 | 9,3<=16<=20,8 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 80<790 A | Verificato |
| SAC_LT13 | 1,3<=6<=20,2 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<528 A | Verificato |
| SAC_LT15 | 0<=16 A (Ib < In) | 10>=3,75 kA | Verificato | 80<2.919 A | Verificato |
| SAC_LT16 | 0<=6 A (Ib < In) | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<3.108 A | Verificato |
| SAC_LT17 | 0<=6 A (Ib < In) | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<3.108 A | Verificato |
| SAC_LT18 | 0<=6 A (Ib < In) | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<3.108 A | Verificato |
| SAC_EX1 | 15,2<=20<=56,9 A | 10>=3,75 kA | Verificato | 100<180 A | Verificato |
| SAC_EX2 | 1,6<=6<=22,2 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<239 A | Verificato |
| SAC_EX3 | 0,5<=6<=22,2 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<239 A | Verificato |
| SAC_EX4 | 1,6<=6<=22,2 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<351 A | Verificato |
| SAC_EX5 | 4,8<=20<=37,6 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 100<270 A | Verificato |
| SAC_EX6 | 4,8<=20<=67,2 A | 20>=3,65 kA | Verificato | 100<194 A | Verificato |
| SAC_EX7 | 0<=6 A (Ib < In) | 20>=3,65 kA | Verificato | 30<3.108 A | Verificato |
| SAC_EX8 | 0<=6 A (Ib < In) | 10>=3,75 kA | Verificato | 30<2.919 A | Verificato |
| TR_24 | 1,2<=1,9 A (Ib < In) | | Verificato | | Verificato |
| RAD | 1,1<=11 A (Ib < In) | | Verificato | | Verificato |
| AUX_AC | 9,3<=17,7 A (Ib < In) | 120>=1,2 kA | Verificato | | Verificato |
| AUX_DC | 6,3<=11 A (Ib < In) | 25>=0,11 kA | Verificato | | Verificato |

| Sigla utenza | Coord. $I_b < I_n < I_z$ | PdI | $K^2 S^2 > I^2 t$ | Sg. mag. $< I_{magmax}$ | Contatti ind. |
|--------------|--------------------------|-----|-------------------|-------------------------|---------------|
|--------------|--------------------------|-----|-------------------|-------------------------|---------------|

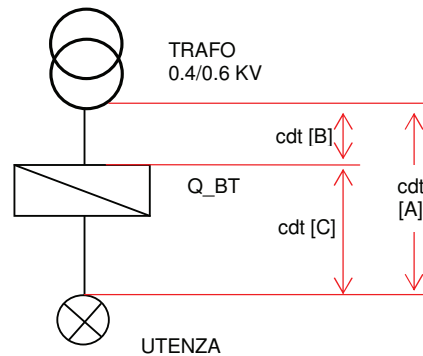
Legenda

- PdI: potere di interruzione o di corto circuito della protezione
- I_{magmax} : corrente magnetica massima pari alla corrente di guasto minima
- $K^2 S^2 > I^2 t$: verifica a cortocircuito della linea



Per quanto attiene il calcolo delle cadute di tensione (c.d.t.), al fine di agevolare la lettura dei dati riportati nelle tabelle di calcolo allegate, viene riportata la seguente nota di chiarimento.

Le partenze dedicate ai circuiti di alimentazione dell'illuminazione esterna dell'Area di sosta Solaro risultano direttamente alimentate dal quadro Q_BT della cabina elettrica MT/BT dello svincolo che è caratterizzato da una tensione nominale pari a 400V (vedi schema seguente).



L'origine dell'impianto, caratterizzato da tale livello di tensione nominale, coincide pertanto con i morsetti secondari del trasformatore MT/BT.

Ai sensi della Norma CEI 64-8/5 art. 525, si assume, per la caduta di tensione massima ammessa nella sezione di impianto evidenziata nello schema con la lettera [A], un valore pari al 4%.

Per quanto attiene alla sezione di impianto compresa fra la sezione di ingresso del quadro Q_BT e l'utenza terminale alimentata (indicata con la lettera [C] nello schema), la caduta di tensione massima ammessa risulta definita dalla differenza fra la c.d.t. globale massima ammessa [H=4%] e la c.d.t. dell'impianto a monte del Q_BT [relativa alla sezione [B] dell'impianto che, nel caso specifico, vale 1,02%]. Ne deriva una c.d.t. ammessa per la sezione [C] dell'impianto pari a 2,98% (=4 -1,02)

Si precisa inoltre che nelle schede di calcolo allegate e relative alle linee di illuminazione (C1-C6) con la dicitura "DV max (%)" si intende la c.d.t. relativa alla sezione di impianto evidenziata nello schema con la lettera [C] ovvero la c.d.t. tra la sezione di ingresso del quadro Q_BT e l'utenza terminale alimentata dal Q_BT stesso che, come sopra precisato, dovrà essere inferiore al 2,98%.

Titolo: **CALCOLO CADUTE DI TENSIONE**

Quadro illuminazione esterna area di sosta lato Salerno (Cabina Solaro) - Circuito C 1-2

DATI DI INGRESSO

| | |
|---|-------|
| Tensione nominale FN (V) | 230 |
| Sfasamento F1 - F2 (deg) | 120 |
| Sfasamento F1 - F3 (deg) | 240 |
| Fattore di potenza utenze | 0,9 |
| Tipo di isolante dei cavi (*) | G7 |
| Icc FFF inizio linea (A) | 4002 |
| Fattore di potenza in cortocircuito | 0,7 |
| Fattore di riduzione tensione | 0,95 |
| Temperatura limite isolamento cavi (°C) | 90 |
| Resistività cavi (Ω*m) | 0,023 |

RISULTATI

| | |
|----------------------------|----------|
| IF1 inizio linea (A) | 2,28 |
| IF2 inizio linea (A) | 2,28 |
| IF3 inizio linea (A) | 1,14 |
| IN inizio linea (A) | 1,14 |
| I max inizio linea (A) | 2,28 |
| Icc FFF fine linea (A) | 181 |
| Icc FF fine linea (A) | 157 |
| Icc FN fine linea (A) | 92 |
| DV max (%) | 1,15 |
| In sganciatore (A) | 6 |
| Caratteristica sganciatore | MATH - B |

VERIFICHE E COMMENTI

| | | |
|--|----|--------------------------------|
| | SI | Intervento entro 5s (CEI 64-8) |
| | SI | Entro limiti CEI 64-8 (4%) |
| | SI | Energia passante < ammissibile |
| | SI | I inserzione < I interruttore |

DATI LAMPADE

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Tipo (**) | | LED | LED | LED | LED | LED | LED | LED | LED | LED |
| Numero Led / Potenza nominale (W) | | 60 | 80 | 100 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Potenza totale assorbita (W) | | 145 | 190 | 236 | 284 | 284 | 284 | 284 | 284 | 284 |

Legenda (*)

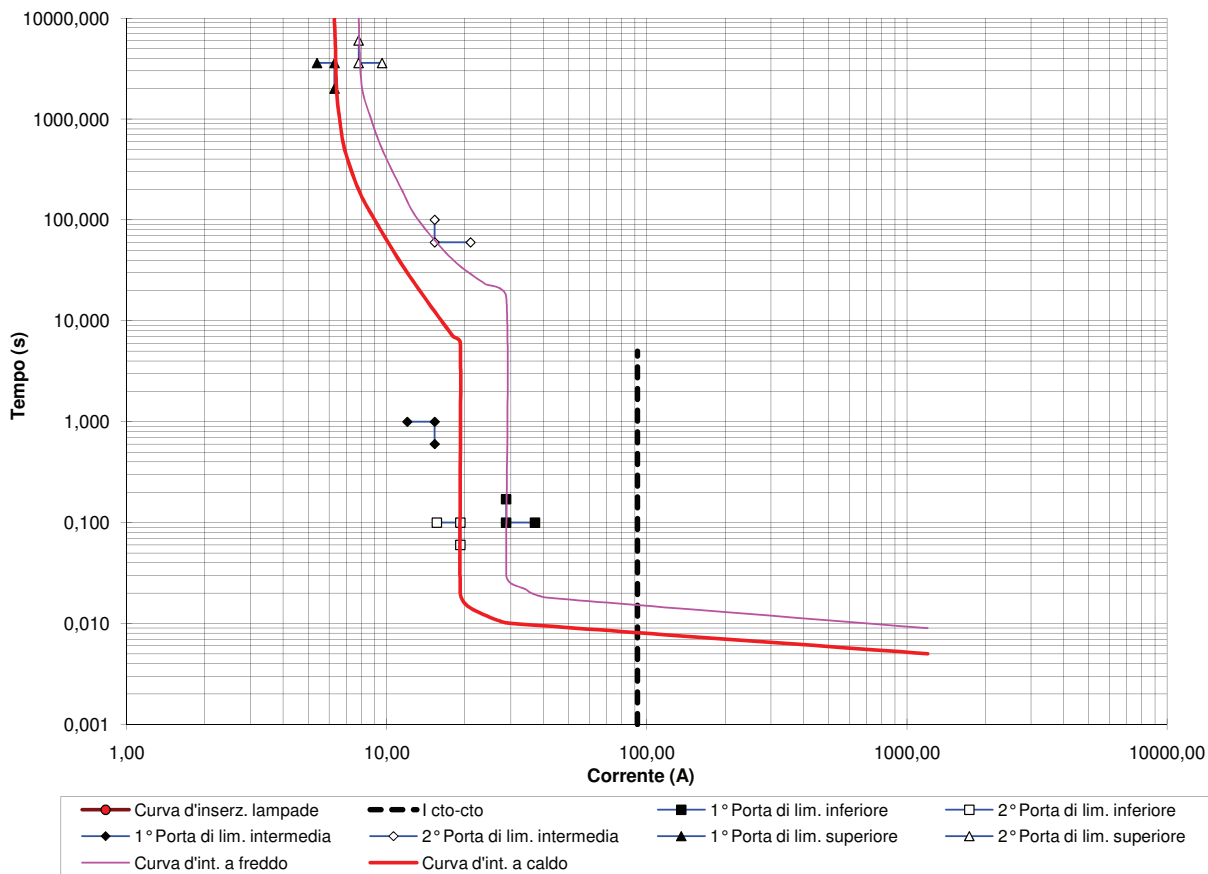
| | |
|------------------------|------|
| Polivinilcloruro | PVC |
| Gomma | G |
| Polietilene reticolato | XLPE |
| Etilpropilene | EPR |

Legenda ()**

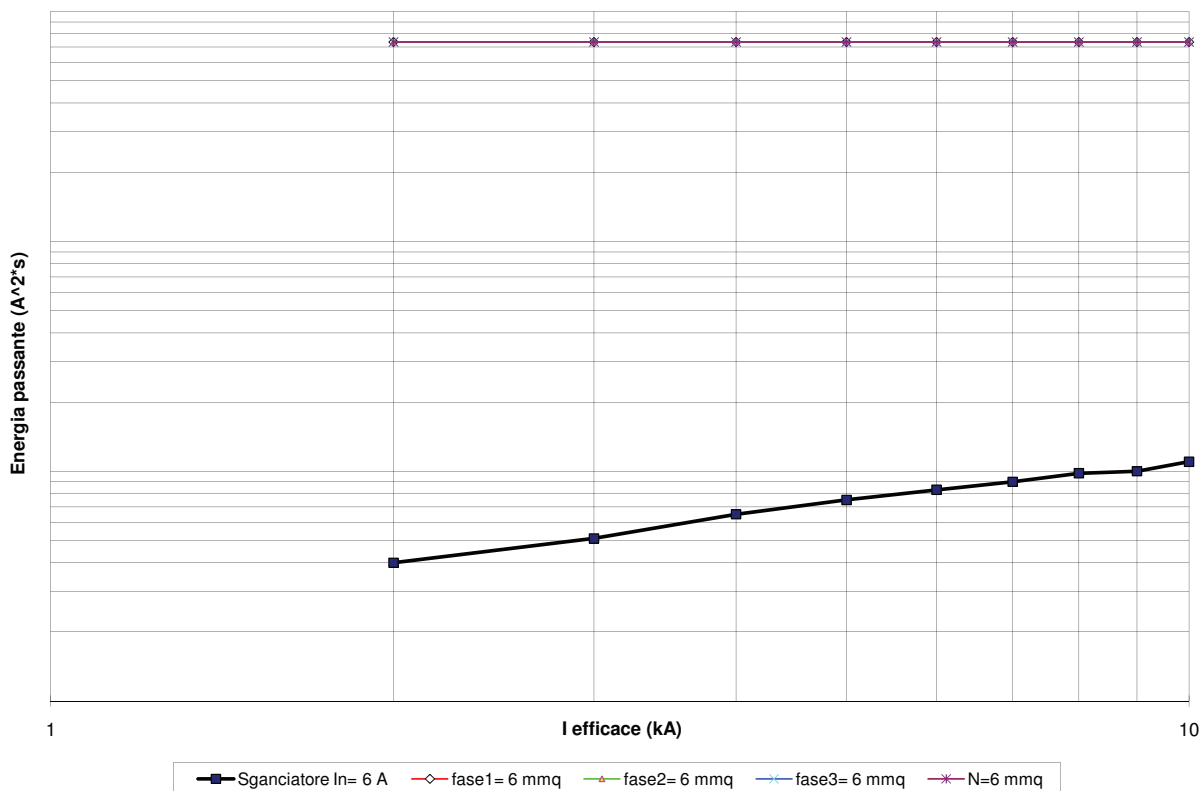
| | |
|-------------------------|----|
| Sodio ad alta pressione | SA |
| Sodio a bassa pressione | SB |
| A vapori di mercurio | M |
| Ad alogenuri metallici | A |

| Progressiva | d (m) | l (m) | PF1 (W) | PF2 (W) | PF3 (W) | sF1 (mmq) | sF2 (mmq) | sF3 (mmq) | sN (mmq) | DVF1 (%) | DVF2 (%) | DVF3 (%) |
|-------------|-------|-------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| QE | 0 | 15 | 472 | 472 | 236 | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 5 | 20 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,02 | 0,03 | 0,00 |
| 2 | 21 | 41 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,10 | 0,13 | 0,00 |
| 3 | 23 | 64 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,18 | 0,25 | 0,00 |
| 4 | 6 | 47 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 20 | 84 | 236 | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,25 | 0,35 | 0,00 |
| 6 | 30 | 114 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,26 | 0,50 | 0,05 |
| 7 | 29 | 143 | | 236 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,27 | 0,65 | 0,09 |
| 8 | 29 | 172 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,32 | 0,70 | 0,14 |
| 9 | 29 | 201 | | | 236 | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,37 | 0,76 | 0,19 |
| 10 | 29 | 230 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,42 | 0,85 | 0,14 |
| 11 | 29 | 259 | 236 | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,48 | 0,95 | 0,09 |
| 12 | 30 | 289 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,43 | 1,05 | 0,08 |
| 13 | 29 | 318 | | 236 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,39 | 1,15 | 0,08 |
| 14 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 15 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 16 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 19 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 24 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 25 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 26 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 27 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 28 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 29 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 30 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 31 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 32 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 33 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 34 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 35 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 36 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 37 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 38 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 39 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 40 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 41 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 42 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 43 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 44 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 45 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 46 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 47 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 48 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 49 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 50 | | 318 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Curva d'intervento interruttore automatico



Curva di limitazione dell'energia specifica passante interruttore Curve energia ammissibile nei cavi di sezione minore



Titolo: **CALCOLO CADUTE DI TENSIONE**

Quadro illuminazione esterna area di sosta lato Salerno (Cabina Solaro) - Circuito C 3-4

DATI DI INGRESSO

| | |
|---|-------|
| Tensione nominale FN (V) | 230 |
| Sfasamento F1 - F2 (deg) | 120 |
| Sfasamento F1 - F3 (deg) | 240 |
| Fattore di potenza utenze | 0,9 |
| Tipo di isolante dei cavi (*) | G7 |
| Icc FFF inizio linea (A) | 4002 |
| Fattore di potenza in cortocircuito | 0,7 |
| Fattore di riduzione tensione | 0,95 |
| Temperatura limite isolamento cavi (°C) | 90 |
| Resistività cavi (Ω*m) | 0,023 |

RISULTATI

| | |
|----------------------------|----------|
| IF1 inizio linea (A) | 4,12 |
| IF2 inizio linea (A) | 4,12 |
| IF3 inizio linea (A) | 2,74 |
| IN inizio linea (A) | 1,37 |
| I max inizio linea (A) | 4,12 |
| Icc FFF fine linea (A) | 208 |
| Icc FF fine linea (A) | 180 |
| Icc FN fine linea (A) | 106 |
| DV max (%) | 1,23 |
| In sganciatore (A) | 6 |
| Caratteristica sganciatore | MATH - B |

VERIFICHE E COMMENTI

| | | |
|--|----|--------------------------------|
| | SI | Intervento entro 5s (CEI 64-8) |
| | SI | Entro limiti CEI 64-8 (4%) |
| | SI | Energia passante < ammissibile |
| | SI | I inserzione < I interruttore |

DATI LAMPADE

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Tipo (**) | | LED | LED | LED | LED | LED | LED | LED | LED | LED |
| Numero Led / Potenza nominale (W) | | 60 | 80 | 100 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Potenza totale assorbita (W) | | 145 | 190 | 236 | 284 | 284 | 284 | 284 | 284 | 284 |

Legenda (*)

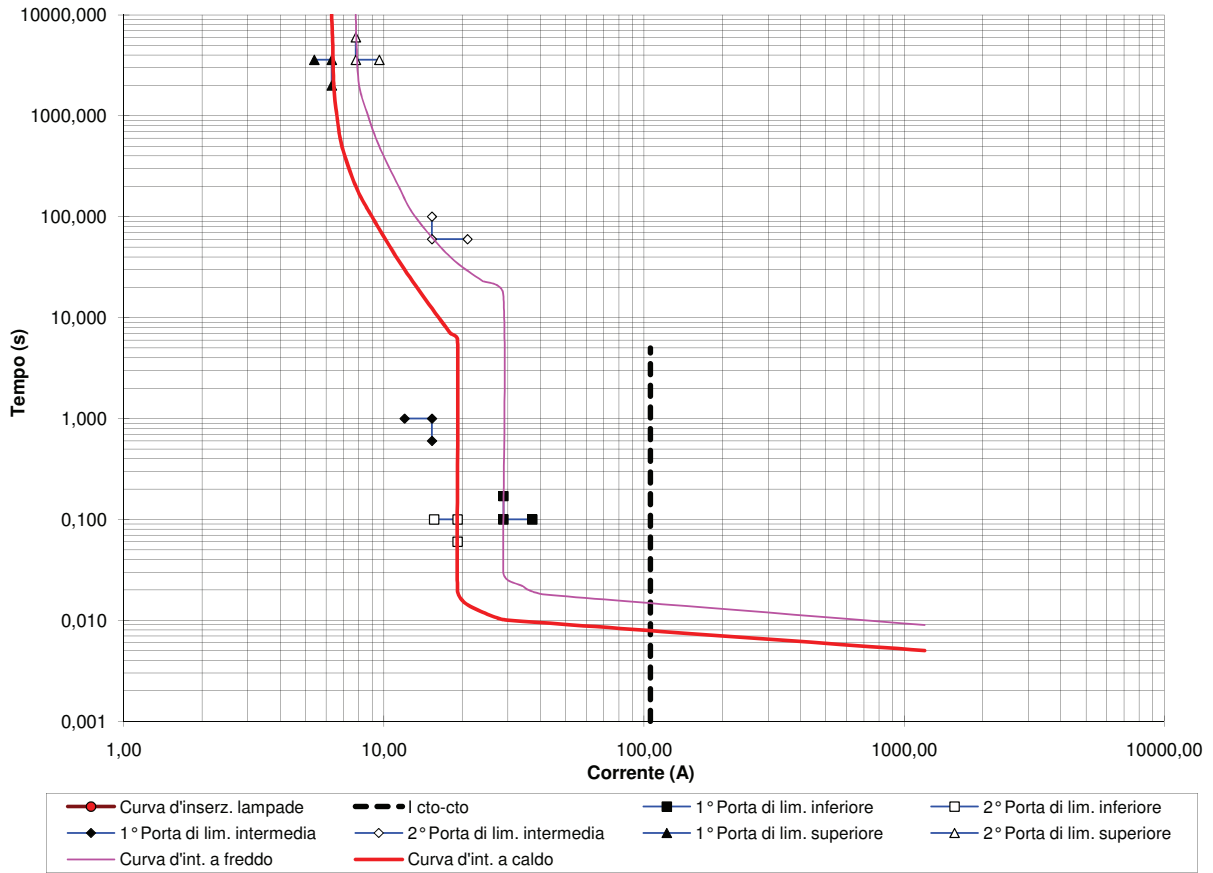
| | |
|------------------------|------|
| Polivinilcloruro | PVC |
| Gomma | G |
| Polietilene reticolato | XLPE |
| Etilpropilene | EPR |

Legenda ()**

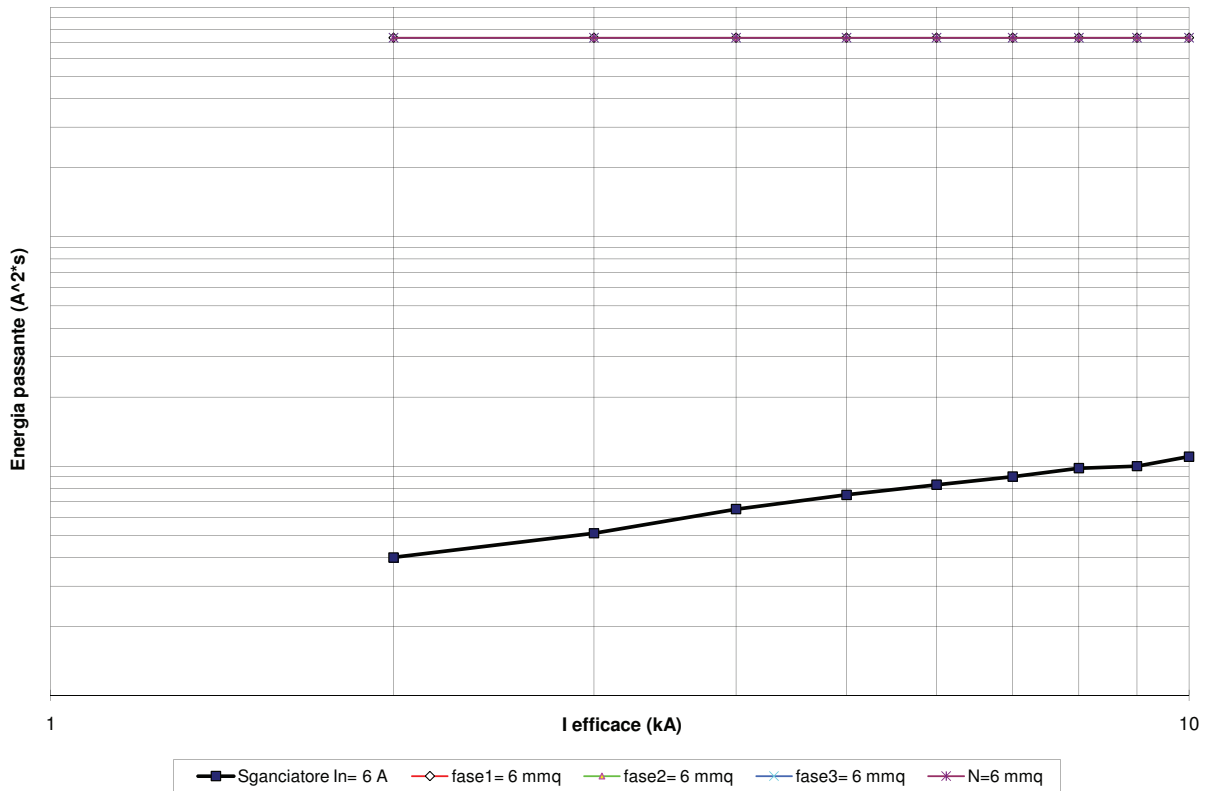
| | |
|-------------------------|----|
| Sodio ad alta pressione | SA |
| Sodio a bassa pressione | SB |
| A vapori di mercurio | M |
| Ad alogenuri metallici | A |

| Progressiva | d (m) | l (m) | PF1 (W) | PF2 (W) | PF3 (W) | sF1 (mmq) | sF2 (mmq) | sF3 (mmq) | sN (mmq) | DVF1 (%) | DVF2 (%) | DVF3 (%) |
|-------------|-------|-------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| QE | 0 | 15 | 852 | 852 | 568 | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 5 | 20 | 284 | 284 | 284 | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,033 | 0,041 | 0,010 |
| 2 | 21 | 41 | 284 | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,126 | 0,168 | 0,010 |
| 3 | 23 | 64 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,131 | 0,312 | 0,053 |
| 4 | 6 | 70 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,13 | 0,35 | 0,06 |
| 5 | 8 | 78 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,13 | 0,40 | 0,08 |
| 6 | 26 | 104 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,14 | 0,56 | 0,13 |
| 7 | 25 | 129 | | 284 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,15 | 0,72 | 0,17 |
| 8 | 25 | 154 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,20 | 0,77 | 0,23 |
| 9 | 25 | 179 | | | 284 | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,25 | 0,83 | 0,28 |
| 10 | 25 | 204 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,31 | 0,92 | 0,23 |
| 11 | 25 | 229 | 284 | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,37 | 1,02 | 0,17 |
| 12 | 25 | 254 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,32 | 1,13 | 0,17 |
| 13 | 24 | 278 | | 284 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,28 | 1,23 | 0,16 |
| 14 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 15 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 16 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 19 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 24 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 25 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 26 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 27 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 28 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 29 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 30 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 31 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 32 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 33 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 34 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 35 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 36 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 37 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 38 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 39 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 40 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 41 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 42 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 43 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 44 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 45 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 46 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 47 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 48 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 49 | | 278 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Curva d'intervento interruttore automatico



Curva di limitazione dell'energia specifica passante interruttore Curve energia ammissibile nei cavi di sezione minore



Titolo: **CALCOLO CADUTE DI TENSIONE**

Quadro illuminazione esterna area di sosta lato Salerno (Cabina Solaro) - Circuito C 5-6

DATI DI INGRESSO

| | |
|---|-------|
| Tensione nominale FN (V) | 230 |
| Sfasamento F1 - F2 (deg) | 120 |
| Sfasamento F1 - F3 (deg) | 240 |
| Fattore di potenza utenze | 0,9 |
| Tipo di isolante dei cavi (*) | G7 |
| Icc FFF inizio linea (A) | 4002 |
| Fattore di potenza in cortocircuito | 0,7 |
| Fattore di riduzione tensione | 0,95 |
| Temperatura limite isolamento cavi (°C) | 90 |
| Resistività cavi (Ω*m) | 0,023 |

RISULTATI

| | |
|----------------------------|----------|
| IF1 inizio linea (A) | 3,42 |
| IF2 inizio linea (A) | 3,42 |
| IF3 inizio linea (A) | 2,28 |
| IN inizio linea (A) | 1,14 |
| I max inizio linea (A) | 3,42 |
| Icc FFF fine linea (A) | 99 |
| Icc FF fine linea (A) | 86 |
| Icc FN fine linea (A) | 50 |
| DV max (%) | 2,78 |
| In sganciatore (A) | 6 |
| Caratteristica sganciatore | MATH - B |

VERIFICHE E COMMENTI

| | | |
|----|--------------------------------|--|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| SI | Intervento entro 5s (CEI 64-8) | |
| SI | Entro limiti CEI 64-8 (4%) | |
| SI | Energia passante < ammissibile | |
| SI | I inserzione < I interruttore | |

DATI LAMPADE

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Tipo (**) | | LED | LED | LED | LED | LED | LED | LED | LED | LED |
| Numero Led / Potenza nominale (W) | | 60 | 80 | 100 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Potenza totale assorbita (W) | | 145 | 190 | 236 | 284 | 284 | 284 | 284 | 284 | 284 |

Legenda (*)

| |
|------------------------|
| Polivinilcloruro |
| Gomma |
| Polietilene reticolato |
| Etilpropilene |

| |
|------|
| PVC |
| G |
| XLPE |
| EPR |

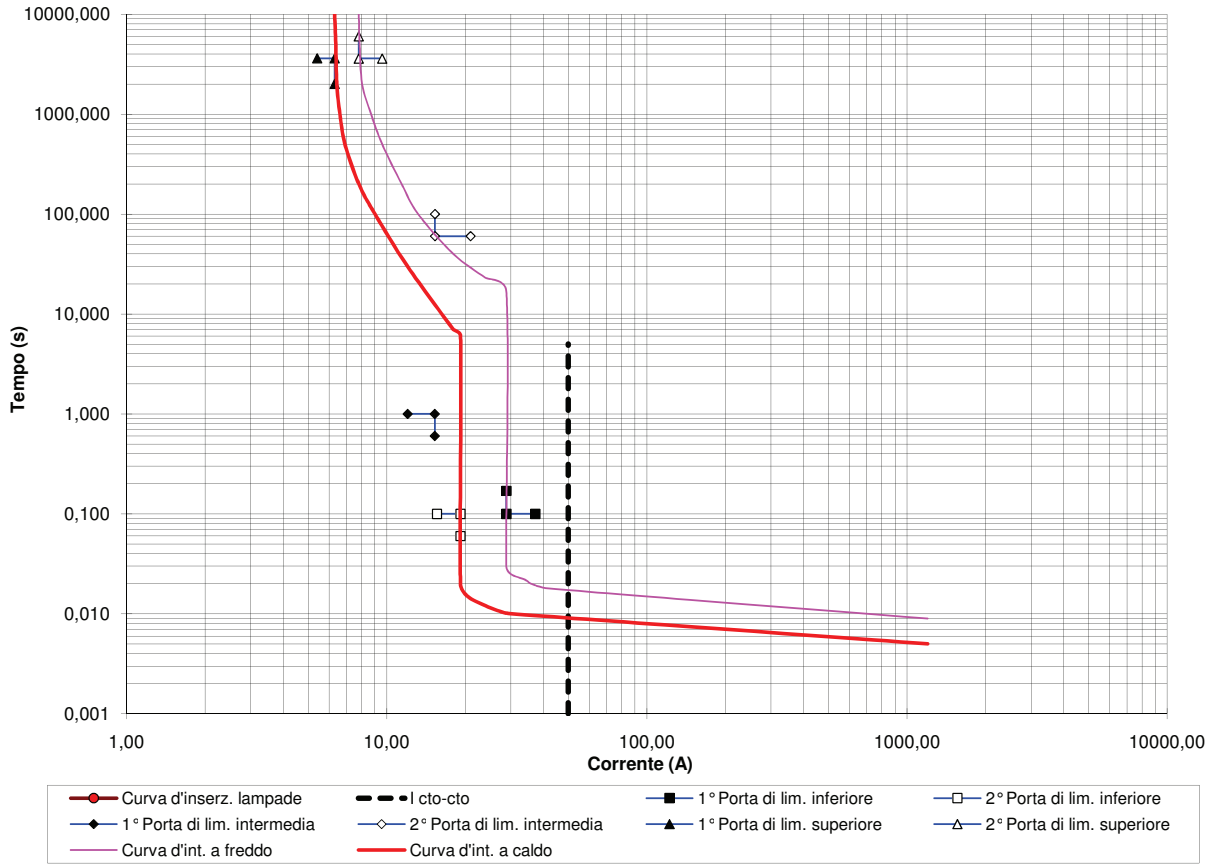
Legenda ()**

| |
|-------------------------|
| Sodio ad alta pressione |
| Sodio a bassa pressione |
| A vapori di mercurio |
| Ad alogenuri metallici |

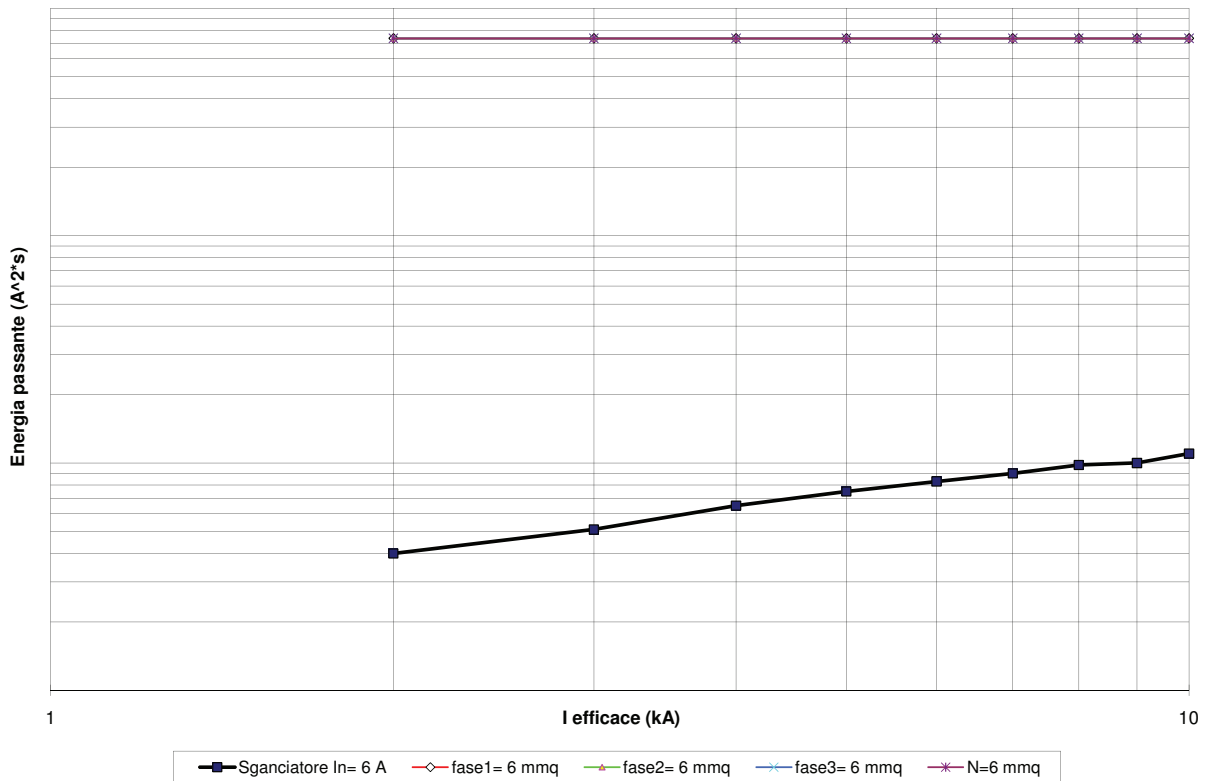
| |
|----|
| SA |
| SB |
| M |
| A |

| Progressiva | d (m) | l (m) | PF1 (W) | PF2 (W) | PF3 (W) | sF1 (mmq) | sF2 (mmq) | sF3 (mmq) | sN (mmq) | DVF1 (%) | DVF2 (%) | DVF3 (%) |
|-------------|-------|-------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| QE | 0 | 15 | 708 | 708 | 472 | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 5 | 20 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,027 | 0,034 | 0,009 |
| 2 | 24 | 44 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,157 | 0,196 | 0,050 |
| 3 | 24 | 68 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,287 | 0,358 | 0,092 |
| 4 | 25 | 93 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,42 | 0,53 | 0,14 |
| 5 | 24 | 117 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,55 | 0,69 | 0,18 |
| 6 | 25 | 142 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,69 | 0,86 | 0,22 |
| 7 | 24 | 166 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,82 | 1,02 | 0,26 |
| 8 | 22 | 188 | 236 | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,94 | 1,17 | 0,30 |
| 9 | 22 | 210 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 0,98 | 1,32 | 0,37 |
| 10 | 26 | 236 | | 236 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,03 | 1,50 | 0,46 |
| 11 | 29 | 265 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,13 | 1,60 | 0,56 |
| 12 | 28 | 293 | | | 236 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,23 | 1,70 | 0,66 |
| 13 | 28 | 321 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,33 | 1,84 | 0,66 |
| 14 | 29 | 350 | 236 | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,44 | 1,99 | 0,66 |
| 15 | 29 | 379 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,45 | 2,14 | 0,70 |
| 16 | 29 | 408 | | 236 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,45 | 2,29 | 0,75 |
| 17 | 29 | 437 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,50 | 2,34 | 0,80 |
| 18 | 29 | 466 | | | 236 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,55 | 2,39 | 0,85 |
| 19 | 29 | 495 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,61 | 2,49 | 0,80 |
| 20 | 28 | 523 | 236 | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,66 | 2,58 | 0,75 |
| 21 | 29 | 552 | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,62 | 2,68 | 0,74 |
| 22 | 28 | 580 | | 236 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 1,57 | 2,78 | 0,74 |
| 23 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 24 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 25 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 26 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 27 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 28 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 29 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 30 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 31 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 32 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 33 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 34 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 35 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 36 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 37 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 38 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 39 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 40 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 41 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 42 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 43 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 44 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 45 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 46 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 47 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 48 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 49 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 50 | | 580 | | | | | | | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Curva d'intervento interruttore automatico



Curva di limitazione dell'energia specifica passante interruttore Curve energia ammissibile nei cavi di sezione minore



ALLEGATO 2
DIMENSIONAMENTO RETE DI MEDIA TENSIONE (MT)

GENERALITA'

Nel presente allegato vengono riportati i risultati del calcolo di dimensionamento delle linee in media tensione (MT) che costituiscono la rete di alimentazione alle cabine MT/BT, asservite agli impianti tecnologici dei tunnel stradali lato Calabria.

La rete di media tensione è stata concepita ad anello, facente capo alla sottostazione MT-SS lato Calabria, da gestirsi normalmente aperto in un punto che consenta l'ottimizzazione delle perdite di rete nel funzionamento normale.

Tale rete dovrà tuttavia essere dimensionata e verificata nella condizione più sfavorevole di funzionamento, ovvero nel caso di fuori servizio di una delle due linee in partenza dalla sottostazione MT-SS di alimentazione dell'anello.

Lo schema della rete allo studio è riportato in Fig. 1

I dati generali di ingresso sono i seguenti:

- tensione nominale 20.000 V ac;
- frequenza 50 Hz;
- massima caduta di tensione in media tensione nel funzionamento normale: 2%
- massima caduta di tensione in media tensione nel funzionamento in emergenza: 5%.

La distribuzione è realizzata:

- tramite cavi di tipo RG7H1M1X 12/20 kV
- con posa a trifoglio entro cavidotti interrati dedicati realizzati in PE.

La rete è costituita dalle seguenti linee:

| Nome-Sigla | Lunghezza (m) | N. di cavi per fase | Da nodo | A nodo |
|-------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| L SS-RMPA | 655 | 1 | MT-SS CONSEGNA ENEL | CAB RAMPA A |
| L RMPA-RMPB | 775 | 1 | CAB RAMPA A | CAB RAMPA B |
| L RMPB-ASRC | 1780 | 1 | CAB RAMPA B | CAB A. SOSTA RC |
| L ASRC-RMPD | 1395 | 1 | CAB A. SOSTA RC | CAB RAMPA D |
| L RMPD-RMPC | 1380 | 1 | CAB RAMPA D | CAB RAMPA C |
| L RMPC-CDRZ | 1040 | 1 | CAB RAMPA C | CAB C. DIREZ. |
| L CDRZ-RMP | 35 | 1 | CAB C. DIREZ. | CAB RAMPE C. DIREZ. |
| L RMP-ASSA | 1500 | 1 | CAB RAMPE C. DIREZ. | CAB A. SOSTA SA |
| L ASSA-SS | 2095 | 1 | CAB A. SOSTA SA | MT-SS CONSEGNA ENEL |

Di seguito sono illustrati i criteri di dimensionamento adottati. La procedura prevede calcoli di load flow e corto circuito eseguiti tramite il software NEPLAN®, ver. 5.4.3, prodotto da BCP Zurigo.

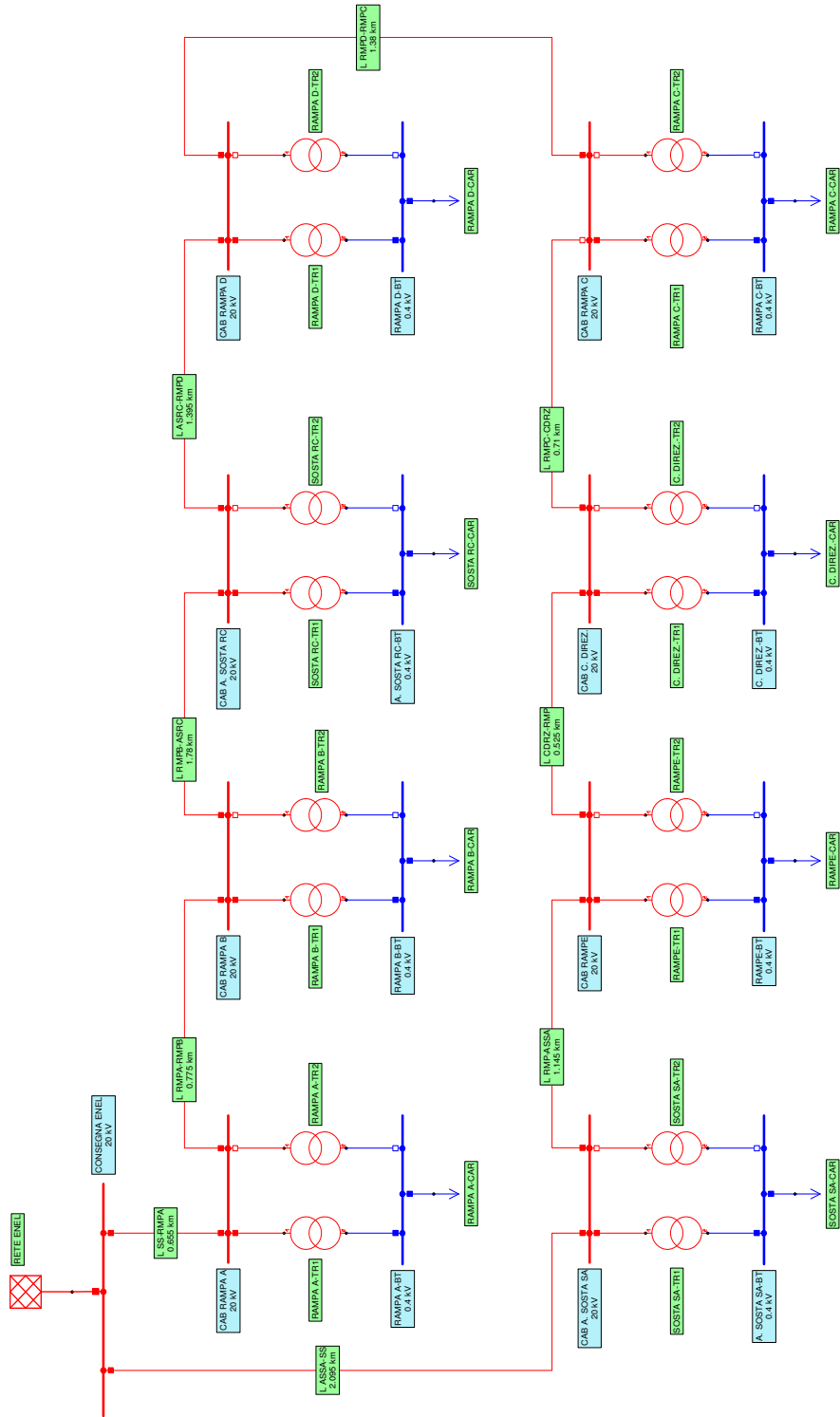



Figura 1 - Schema della rete MT/BT lato Calabria

| | | | |
|----------|--------------------------|--|------------|
| Project: | retelink_Calabria nepplj | Created: | AT/EB |
| Variant: | Rete Base | Changed: | |
| | | Checked: | |
| | | Approved: | |
| | | Date: | 05-02-2010 |
| | | NEPLAN | |
| | |  SINT Edinghera Srl via C. Colombo, 108 36010 Montebelluna (TV) www.sintedinghera.it | |

DISTRIBUZIONE CARICHI

I casi di studio considerati nell'analisi qui descritta sono riportati in seguito:

- funzionamento normale;
- funzionamento in emergenza.

Per funzionamento in emergenza si intende il caso più sfavorevole di carico per la rete, corrispondente ad una maggiore richiesta della Cabina lato Messina "Ramo A" per ragioni di emergenza (evento di incendio), associato alla indisponibilità della linea L SS-RMPA tra la cabina stessa e la sottostazione di consegna MT-SS.

I casi di cui sopra prevedono le seguenti distribuzioni dei carichi:

| Cabina | Potenza installata (kVA) | Potenza assorbita in funzionamento normale (kVA) | Potenza assorbita in funzionamento in emergenza (kVA) |
|---------------------------------------|--------------------------|--|---|
| Cabina lato Messina "Ramo A" | 800 | 518 | 687 |
| Cabina lato Reggio C. "Ramo B" | 630 | 432 | 432 |
| Cabina lato Reggio C. "Area di sosta" | 160 | 39 | 39 |
| Cabina lato Reggio C. "Ramo D" | 800 | 435 | 435 |
| Cabina lato Messina "Ramo C" | 630 | 378 | 378 |
| Centro direzionale | 1600 | 1.280 | 1.280 |
| Rampe centro direzionale | 800 | 245 | 245 |
| Cabina lato Salerno "Area di sosta" | 160 | 95 | 95 |

DETERMINAZIONE DELLA SEZIONE DEI CAVI

La sezione ipotizzata per tutte le tratte MT, oggetto di verifica, è pari a **1x185** mm².

Le caratteristiche di tale cavo sono le seguenti:

| Tipo di cavo | Formazione | R _d (Ω/km) | X _d (Ω/km) | C _d (μF/km) | R ₀ (Ω/km) | X ₀ (Ω/km) | C ₀ (μF/km) | I _{zmax} (A) | I _z (A) |
|----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|
| RG7H1M1X 12/20 kV | 3x1x185 | 0.101 | 0.11 | 0.29 | 0.739 | 0.294 | 0.29 | 456 | 374 |

dove:

- R_d: resistenza alla sequenza diretta
- X_d: reattanza alla sequenza diretta

- C_d : capacità alla sequenza diretta
- R_0 : resistenza alla sequenza zero (omopolare)
- X_0 : reattanza alla sequenza zero (omopolare)
- C_0 : capacità alla sequenza zero (omopolare)
- I_{zmax} : portata nominale del cavo
- I_z : portata reale del cavo ($I_z = I_{zmax} * k$ con $k= 0.82$)

I calcoli di verifica, secondo i criteri sopra esposti, sono di seguito presentati:

1) Verifica della condizione $I_b \leq I_z$ e delle cadute di tensione.

Il risultato del calcolo del load flow con rete in condizione di emergenza è riportato in Fig. 2, mentre quello con rete in condizioni normali è visibile in Fig. 3.

Dai risultati ottenuti si deduce che:

- il massimo carico si ha sulla linea in partenza dalla sottostazione in caso di indisponibilità dell'altra linea ed è pari al 28 % della I_z ;
- le cadute di tensione nei nodi di media tensione, in caso di funzionamento normale, sono contenute entro lo 0.2 %;
- le cadute di tensione nei nodi di media tensione, in caso di funzionamento in emergenza, sono contenute entro il 0.75 %;
- la caduta di tensione nei nodi di bassa tensione può essere limitata prevedendo di gestire i trasformatori MT/bt sulla tap -1.

La taratura per sovraccarico della protezione di linea dovrà essere inferiore a 374 A.

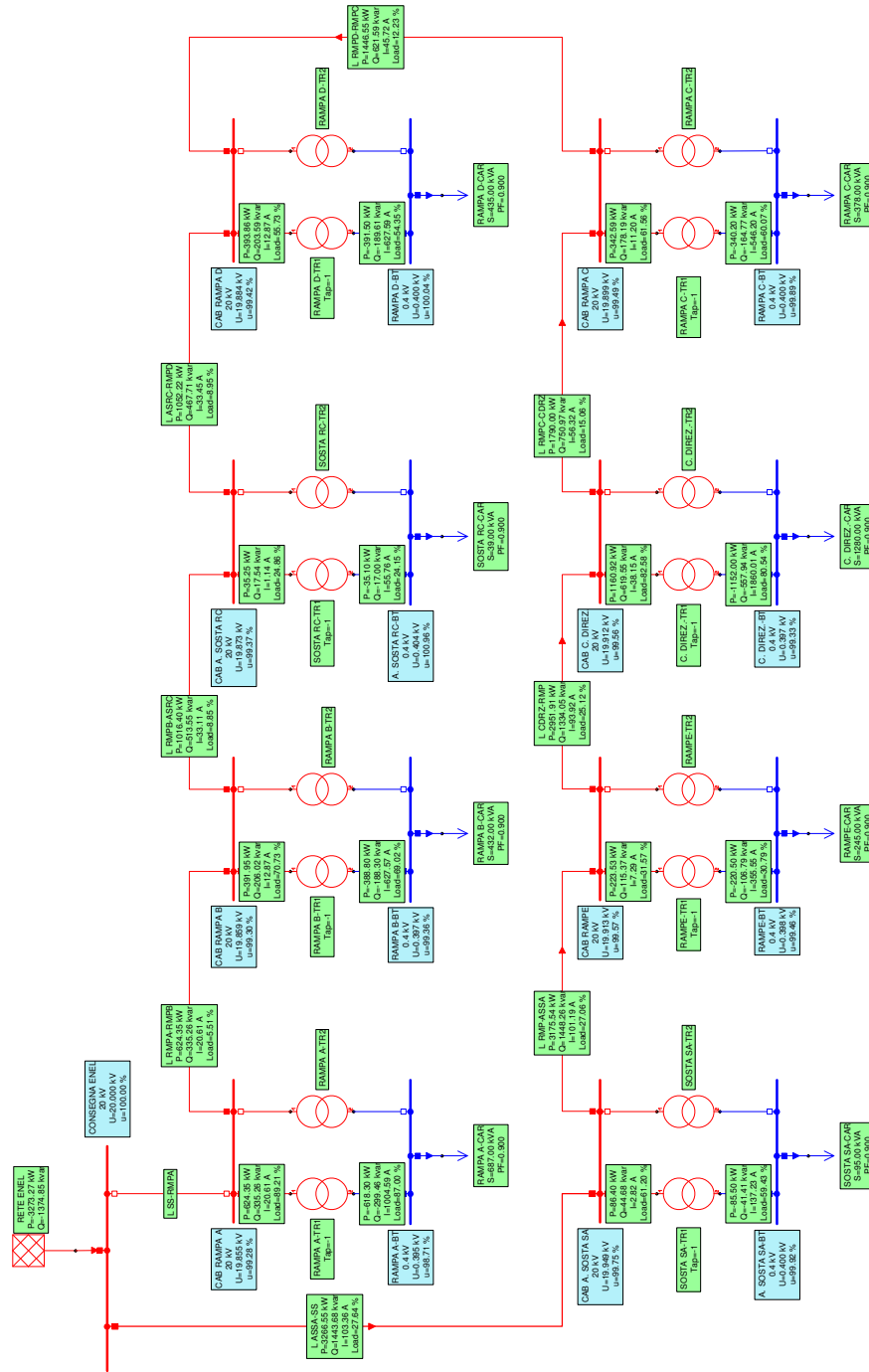


Figura 2 - Condizione di funzionamento in emergenza – Risultati calcolo di load flow

| | | | |
|---------|-----------------------|---|------|
| Projet: | emafT_Cabinis_3(empp) | Loaded | IFLB |
| Value: | Emergenza | Analysis | |
| | | Simulation | |
| | | Printed | |
| Date: | 16/06/2011 | | |
| | | NEPLAN | |
| | | SNT Ingoveresi Srl Via C. Colombo, 106 39067 - Trento (TN) www.sntingoveresi.com | |

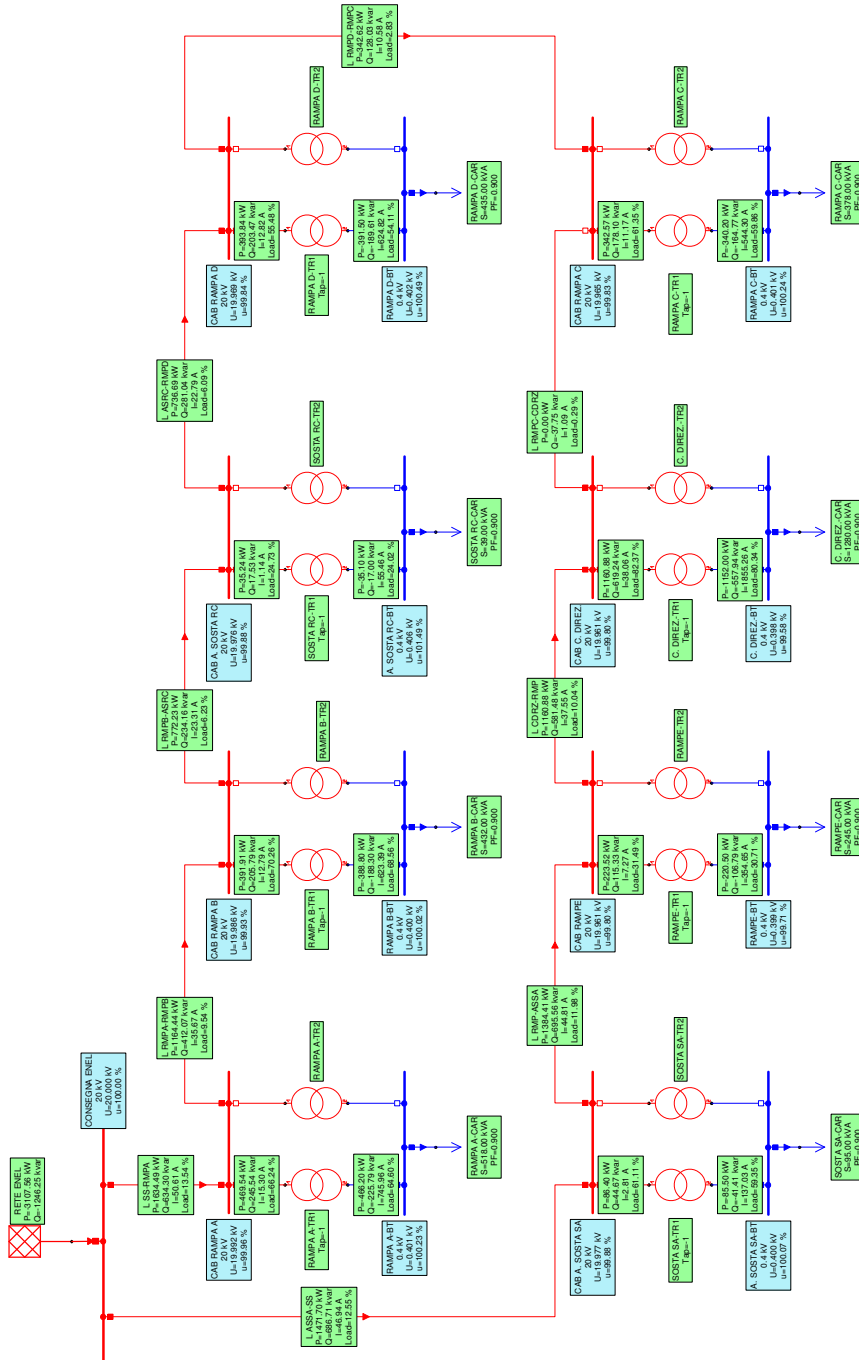


Figura 3 - Condizione di funzionamento normale – Risultati calcolo di load flow

| | | | |
|----------|-----------------------------|-----------|---|
| Progetto | veohit - Calabria - Siroppi | Versione | AT/1B |
| Varianti | Normale | Calcolato | |
| | | Calcolato | |
| | | Calcolato | |
| Data: | | | 10/06/2011 |
| | | | NEPLAN 30001 Bassano del Grappa (VI) www.neplan.com |

2) Verifica della tenuta al corto circuito

Nella configurazione di rete che porta alle massime correnti di corto circuito nei nodi, viene valutata l'energia specifica passante in ciascuna linea, verificando che il tempo massimo di tenuta del cavo sia superiore al tempo di eliminazione del guasto. Quest'ultimo viene assunto, conservativamente, pari ad 1 s.

La configurazione di rete considerata è quella in funzionamento normale.

La relazione valutata è:

$$K^2 S^2 > I^2 t$$

I risultati del calcolo delle correnti di corto circuito, eseguito in accordo alla norma IEC 60909-2001, per i nodi di interesse sono di seguito riportati:

| Nodo | $I_k''(RST)$ (kA) |
|-----------------|-------------------|
| CONSEGNA ENEL | 12.5 |
| CAB RAMPA A | 11.537 |
| CAB RAMPA B | 10.551 |
| CAB A. SOSTA RC | 8.775 |
| CAB RAMPA D | 7.73 |
| CAB RAMPA C | 6.904 |
| CAB C. DIREZ. | 8.434 |
| CAB RAMPE | 8.461 |
| CAB A. SOSTA SA | 9.817 |

La verifica sulla tenuta termica dei cavi è quindi la seguente:

| Linea | S [mm ²] | K | $I_{k''\max}$ [kA] | t_{\max} [s] = $K^2 S^2 / I_k''^2$ | Verifica $t_{\max} > 1$ s |
|-------------|----------------------|-----|--------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| L SS-RMPA | 185 | 143 | 12.5 | 4.48 | Positiva |
| L RMPA-RMPB | 185 | 143 | 11.537 | 5.26 | Positiva |
| L RMPB-ASRC | 185 | 143 | 10.551 | 6.29 | Positiva |
| L ASRC-RMPD | 185 | 143 | 8.775 | 9.09 | Positiva |
| L RMPD-RMPC | 185 | 143 | 7.73 | 11.71 | Positiva |
| L RMPC-CDRZ | 185 | 143 | 8.434 | 9.84 | Positiva |
| L CDRZ-RMP | 185 | 143 | 8.461 | 9.77 | Positiva |
| L RMP-ASSA | 185 | 143 | 9.817 | 7.26 | Positiva |
| L ASSA-SS | 185 | 143 | 12.5 | 4.48 | Positiva |

ALLEGATO 3
DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI

Titolo: **DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI
LOCALE MT**

Dati iniziali

| Dati climatici esterni | | inv. | est. per vent. | est. per cndz. |
|-------------------------|--|-------|----------------|----------------|
| Temperatura (°C) | | 2,0 | 34 | 34 |
| Umidità assoluta (g/kg) | | 3,00 | 13,35 | 13,35 |
| Entalpia (kJ/kg) | | 9,5 | 68,2 | 68,2 |
| Dati climatici interni | | inv. | est. per vent. | est. per cndz. |
| Temperatura (°C) | | 5,0 | 35,5 | 26 |
| Umidità assoluta (g/kg) | | 3,00 | 13,35 | 13,35 |
| Entalpia (kJ/kg) | | 12,5 | 69,8 | 60,0 |
| Dati geometrici | | | | |
| Superficie locale (mq) | | 18,00 | | |
| Altezza locale (m) | | 3,00 | | |
| Volume (mc) | | 54,00 | | |

Potenza termica da smaltire periodo estivo

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)

| Apporti per irraggiamento | | S Orientamento | Radiazione | Coef. Cor. | | Psest vent. | Psest cndz. | | |
|------------------------------|--|----------------|------------|----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | | (mq) | (W/mq) | | | (W) | (W) | | |
| Strutture vetrate | | 0,0 S | 125 | 1,00 | | 0,0 | 0,0 | | |
| Strutture vetrate | | 0,0 SO | 162 | 1,00 | | 0,0 | 0,0 | | |
| Strutture vetrate | | 0,0 E | 183 | 1,00 | | 0,0 | 0,0 | | |
| Strutture vetrate | | 0,0 N | 106 | 1,00 | | 0,0 | 0,0 | | |
| Apporti per trasmissione | | S | U | ti vent. | te vent. | ti cndz. | te cndz. | Psest vent. | Psest cndz. |
| | | (mq) | (W/mq*K) | (°C) | (°C) | (°C) | (°C) | (W) | (W) |
| Vetri esterni | | 0,0 | 0,00 | 35,5 | 34,0 | 26,0 | 34,0 | 0,0 | 0,0 |
| Pareti esterne | | 36,0 | 3,40 | 35,5 | 34,0 | 26,0 | 34,0 | 0,0 | 979,2 |
| Soffitto esterno | | 18,0 | 3,40 | 35,5 | 34,0 | 26,0 | 34,0 | 0,0 | 489,6 |
| Pavimento su terra | | 18,0 | 2,00 | 35,5 | 10,0 | 26,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 |
| Solaio | | 0,0 | 0,00 | 35,5 | 15,0 | 26,0 | 15,0 | 0,0 | 0,0 |
| Incidenza ponti termici (%) | | 5,0 | | | | | | 0,0 | 73,4 |
| Apporti per ricambi naturali | | Volume | Ricambi | Carico s vent. | Carico s cond. | | | Psest vent. | Psest cndz. |
| | | (mc) | (Vol/h) | (kJ/mc) | (kJ/mc) | | | (W) | (W) |
| | | 54,00 | 0,5 | -1,815 | 9,679 | | | 0,0 | 72,6 |
| TOTALE (W) | | | | | | | | 0,0 | 1.614,8 |

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

| Quadri | P | Rendim, | F carico | Valore noto | Ps |
|-----------------------------------|---------|---------|----------|-------------|-------|
| | (W) | (p.u.) | (p.u.) | (W) | (W) |
| Q_MT | 144.000 | 0,999 | 0,95 | | 137 |
| Altri valori | | | | | |
| Armadi rack | | | | | Ps |
| Illuminazione e ausiliari | | | | | (W) |
| Valori noti | | | | | 90 |
| | | | | | - |
| TOTALE (W) | | | | | |
| Totale | | | | | |
| Totale (W) | | | | | |
| Coefficiente di maggiorazione (%) | | | | | |
| Totale maggiorato (W) | | | | | |
| | | | | | 227 |
| | | | | | 1.842 |
| | | | | | 5 |
| | | | | | 5 |
| | | | | | 238 |
| | | | | | 1.934 |

Potenza termica da garantire periodo invernale

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne

| Apporti per trasmissione | S Orientamento (mq) | Coeff espos. | U (W/mq*K) | ti (°C) | te (°C) | Pinv (W) |
|------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------|------------|-------------|
| Vetri esterni | 0,0 | 1,00 | | 5,0 | 2,0 | 0,0 |
| Pareti esterne | 36,0 E | 1,15 | 3,40 | 5,0 | 2,0 | 422,3 |
| Soffitto esterno | 18,0 | 1,00 | 3,40 | 5,0 | 2,0 | 183,6 |
| Pavimento su terra | 18,0 | 1,00 | 2,00 | 5,0 | 5,0 | 0,0 |
| Solaio | 0,0 | 1,00 | | 5,0 | 10,0 | 0,0 |
| Incidenza ponti termici (%) | 10,0 | | | | | 60,6 |
| Apporti per ricambi naturali | Volume (mc) | Ricambi (Vol/h) | Carico s (kJ/mc) | | | Pinv (W) |
| | 54,00 | 0,5 | 3,671 | | | 27,5 |

TOTALE (W) Pinv.
694,0

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

TOTALE (W) -
 227

Totale

Totale (W) Pinv
467
 Coefficiente di maggiorazione (%) 5
 Totale maggiorato (W) 491

Raffreddamento con sola ventilazione con aria esterna

Calcolo portata d'aria di ventilazione

| | |
|--------------------------------------|-------|
| Temperatura media (°C) | 34,75 |
| Densità dell'aria (kg/mc) | 1,14 |
| Calore specifico dell'aria (kJ/kg K) | 1,03 |
| Portata aria di ventilazione (mc/s) | 0,13 |
| Volume locale (mc) | 54,00 |
| Numero ricambi (vol/h) | 9 |

Ventilazione forzata

| | |
|--|---|
| Numero di ventilatori in funzione | 1 |
| Portata aria ventilatore (mc/h) | 485 |
| Perdita di carico bocchetta aspirazione (Pa) | 20,0 |
| Perdita di carico bocchetta espulsione (Pa) | 20,0 |
| Metri di canale (m) | 0,0 |
| Perdita di carico lineare canale (Pa/m) | 0,0 |
| Perdite di carico concentrate (Pa) | 10,0 |
| Prevalenza ventilatore (Pa) | 50,0 |
| Marca | Systemair |
| Modello | AW 200 E2 |
| Accessori | Regolatore di velocità, serranda di sovrappressione |

Titolo: **DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI
LOCALE TRASFORMATORI MT/BT**

Dati iniziali

| Dati climatici esterni | | inv. | est. per vent. | est. per cndz. |
|-------------------------|--|-------|----------------|----------------|
| Temperatura (°C) | | 2,0 | 34 | 34 |
| Umidità assoluta (g/kg) | | 3,00 | 13,35 | 13,35 |
| Entalpia (kJ/kg) | | 9,5 | 68,2 | 68,2 |
| Dati climatici interni | | inv. | est. per vent. | est. per cndz. |
| Temperatura (°C) | | 10,0 | 39 | 26 |
| Umidità assoluta (g/kg) | | 3,00 | 13,35 | 13,35 |
| Entalpia (kJ/kg) | | 17,6 | 73,4 | 60,0 |
| Dati geometrici | | | | |
| Superficie locale (mq) | | 21,00 | | |
| Altezza locale (m) | | 3,00 | | |
| Volume (mc) | | 63,00 | | |

Potenza termica da smaltire periodo estivo

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)

| Apporti per irraggiamento | | S Orientamento | Radiazione | Coef. Cor. | | Psest vent. | Psest cndz. | | |
|------------------------------|--|----------------|------------|----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | | (mq) | (W/mq) | | | (W) | (W) | | |
| Strutture vetrate | | 0,0 S | 125 | 1,00 | | 0,0 | 0,0 | | |
| Strutture vetrate | | 0,0 SO | 162 | 1,00 | | 0,0 | 0,0 | | |
| Strutture vetrate | | 0,0 E | 183 | 1,00 | | 0,0 | 0,0 | | |
| Strutture vetrate | | 0,0 N | 106 | 1,00 | | 0,0 | 0,0 | | |
| Apporti per trasmissione | | S | U | ti vent. | te vent. | ti cndz. | te cndz. | Psest vent. | Psest cndz. |
| | | (mq) | (W/mq*K) | (°C) | (°C) | (°C) | (°C) | (W) | (W) |
| Vetri esterni | | 0,0 | 0,00 | 39,0 | 34,0 | 26,0 | 34,0 | 0,0 | 0,0 |
| Pareti esterne | | 21,0 | 3,40 | 39,0 | 34,0 | 26,0 | 34,0 | 0,0 | 571,2 |
| Soffitto esterno | | 21,0 | 3,40 | 39,0 | 34,0 | 26,0 | 34,0 | 0,0 | 571,2 |
| Pavimento su terra | | 21,0 | 2,00 | 39,0 | 10,0 | 26,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 |
| Solaio | | 0,0 | 0,00 | 39,0 | 15,0 | 26,0 | 15,0 | 0,0 | 0,0 |
| Incidenza ponti termici (%) | | 5,0 | | | | | | 0,0 | 57,1 |
| Apporti per ricambi naturali | | Volume | Ricambi | Carico s vent. | Carico s cond. | | | Psest vent. | Psest cndz. |
| | | (mc) | (Vol/h) | (kJ/mc) | (kJ/mc) | | | (W) | (W) |
| | | 63,00 | 0,5 | -6,050 | 9,679 | | | 0,0 | 84,7 |
| TOTALE (W) | | | | | | | | 0,0 | 1.284,2 |

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

| Trasformatori | PFe | PCu | F carico | Ps |
|-----------------------------------|-----|-------|----------|--------------|
| | (W) | (W) | (p.u.) | (W) |
| Trasformatore 160 kVA | 400 | 2.400 | 0,95 | 2.566 |
| Altri valori | | | | Ps |
| | | | | (W) |
| Armadi rack | | | | - |
| Illuminazione e ausiliari | | | | - |
| Valori noti | | | | - |
| TOTALE (W) | | | | 2.566 |
| Totale | | | | |
| Totale (W) | | | | 2.566 |
| Coefficiente di maggiorazione (%) | | | | 5 |
| Totale maggiorato (W) | | | | 2.694 |
| | | | | 3.850 |
| | | | | 5 |
| | | | | 4.043 |

Potenza termica da garantire periodo invernale

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne

| Apporti per trasmissione | S Orientamento (mq) | Coeff espos. | U (W/mq*K) | ti (°C) | te (°C) | Pinv (W) |
|------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------|------------|-------------|
| Vetri esterni | 0,0 | 1,00 | | 10,0 | 2,0 | 0,0 |
| Pareti esterne | 21,0 E | 1,15 | 3,40 | 10,0 | 2,0 | 656,9 |
| Soffitto esterno | 21,0 | 1,00 | 3,40 | 10,0 | 2,0 | 571,2 |
| Pavimento su terra | 21,0 | 1,00 | 2,00 | 10,0 | 5,0 | 210,0 |
| Solaio | 0,0 | 1,00 | | 10,0 | 10,0 | 0,0 |
| Incidenza ponti termici (%) | 10,0 | | | | | 143,8 |
| Apporti per ricambi naturali | Volume (mc) | Ricambi (Vol/h) | Carico s (kJ/mc) | | | Pinv (W) |
| | 63,00 | 0,5 | 9,789 | | | 85,7 |

TOTALE (W) Pinv.
1.667,5

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

TOTALE (W) - 2.566

Totale

Totale (W) Pinv
898
 Coefficiente di maggiorazione (%) 5
 Totale maggiorato (W) -

Raffreddamento con sola ventilazione con aria esterna

Calcolo portata d'aria di ventilazione

| | |
|--------------------------------------|-------|
| Temperatura media (°C) | 36,5 |
| Densità dell'aria (kg/mc) | 1,14 |
| Calore specifico dell'aria (kJ/kg K) | 1,03 |
| Portata aria di ventilazione (mc/s) | 0,46 |
| Volume locale (mc) | 63,00 |
| Numero ricambi (vol/h) | 26 |

Ventilazione forzata

| | |
|--|---|
| Numero di ventilatori in funzione | 2,0 |
| Portata aria ventilatore (mc/h) | 828 |
| Perdita di carico bocchetta aspirazione (Pa) | 20,0 |
| Perdita di carico bocchetta espulsione (Pa) | 25,0 |
| Metri di canale (m) | 0,0 |
| Perdita di carico lineare canale (Pa/m) | 0,0 |
| Perdite di carico concentrate (Pa) | 15,0 |
| Prevalenza ventilatore (Pa) | 60,0 |
| Marca | Systemair |
| Modello | AW 300 E4 |
| Accessori | Regolatore di velocità, serranda di sovrappressione |

Titolo: **DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI
LOCALE BT**

Dati iniziali

| Dati climatici esterni | inv. | est. per vent. | est. per cndz. |
|-------------------------|-------|----------------|----------------|
| Temperatura (°C) | 2,0 | 34 | 34 |
| Umidità assoluta (g/kg) | 3,00 | 13,35 | 13,35 |
| Entalpia (kJ/kg) | 9,5 | 68,2 | 68,2 |
| Dati climatici interni | inv. | est. per vent. | est. per cndz. |
| Temperatura (°C) | 15,0 | 39 | 26 |
| Umidità assoluta (g/kg) | 3,00 | 13,35 | 13,35 |
| Entalpia (kJ/kg) | 22,6 | 73,4 | 60,0 |
| Dati geometrici | | | |
| Superficie locale (mq) | 21,00 | | |
| Altezza locale (m) | 3,00 | | |
| Volume (mc) | 63,00 | | |

Potenza termica da smaltire periodo estivo

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)

| Apporti per irraggiamento | S Orientamento (mq) | Radiazione (W/mq) | Coef. Cor. | Psest vent. (W) | Psest cndz. (W) | | | |
|------------------------------|---------------------|-------------------|------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Strutture vetrate | 0,0 S | 125 | 1,00 | 0,0 | 0,0 | | | |
| Strutture vetrate | 0,0 SO | 162 | 1,00 | 0,0 | 0,0 | | | |
| Strutture vetrate | 0,0 E | 183 | 1,00 | 0,0 | 0,0 | | | |
| Strutture vetrate | 0,0 N | 106 | 1,00 | 0,0 | 0,0 | | | |
| Apporti per trasmissione | S (mq) | U (W/mq*K) | ti vent. (°C) | te vent. (°C) | ti cndz. (°C) | te cndz. (°C) | Psest vent. (W) | Psest cndz. (W) |
| Vetri esterni | 0,0 | 0,00 | 39,0 | 34,0 | 26,0 | 34,0 | 0,0 | 0,0 |
| Pareti esterne | 21,0 | 3,40 | 39,0 | 34,0 | 26,0 | 34,0 | 0,0 | 571,2 |
| Soffitto esterno | 21,0 | 3,40 | 39,0 | 34,0 | 26,0 | 34,0 | 0,0 | 571,2 |
| Pavimento su terra | 21,0 | 2,00 | 39,0 | 10,0 | 26,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 |
| Solaio | 0,0 | 0,00 | 39,0 | 15,0 | 26,0 | 15,0 | 0,0 | 0,0 |
| Incidenza ponti termici (%) | 5,0 | | | | | | 0,0 | 57,1 |
| Apporti per ricambi naturali | Volume (mc) | Ricambi (Vol/h) | Carico s vent. (kJ/mc) | Carico s cond. (kJ/mc) | Psest vent. (W) | Psest cndz. (W) | | |
| | 63,00 | 1,0 | -6,050 | 9,679 | 0,0 | 169,4 | | |
| TOTALE (W) | | | | | 0,0 | 1.368,9 | | |

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

| Apparecchiature | P (W) | Rendim. (p.u.) | F carico (p.u.) | Valore noto (W) | Ps (W) | |
|---|---------|----------------|-----------------|-----------------|--------|-------|
| UPS | 54.000 | 0,90 | 0,50 | | 2.700 | |
| Quadri | | | | | | |
| Q_BT | 144.000 | 0,997 | 0,95 | - | 410 | |
| Altri valori | | | | | Ps (W) | |
| Armadi rack Illuminazione e ausiliari Valori noti | | | | | 105 | |
| TOTALE (W) | | | | | 3.215 | |
| Totale | | | | | | |
| Totale (W) | | | | | 3.215 | 4.584 |
| Coefficiente di maggiorazione (%) | | | | | 5 | 5 |
| Totale maggiorato (W) | | | | | 3.376 | 4.814 |

Potenza termica da garantire periodo invernale

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne

| Apporti per trasmissione | S Orientamento (mq) | Coeff espos. | U (W/mq*K) | ti (°C) | te (°C) | Pinv (W) |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------|------------|-------------|
| Vetri esterni | 0,0 | 1,00 | | 15,0 | 2,0 | 0,0 |
| Pareti esterne | 21,0 E | 1,15 | 3,40 | 15,0 | 2,0 | 1.067,4 |
| Soffitto esterno | 21,0 | 1,00 | 3,40 | 15,0 | 2,0 | 928,2 |
| Pavimento su terra | 21,0 | 1,00 | 2,00 | 15,0 | 5,0 | 420,0 |
| Solaio | 0,0 | 1,00 | | 15,0 | 10,0 | 0,0 |
| Incidenza ponti termici (%) | 10,0 | | | | | 241,6 |
| Apporti per ricambi naturali | | | | | | |
| | Volume (mc) | Ricambi (Vol/h) | Carico s (kJ/mc) | | | Pinv (W) |
| | 63,00 | 0,5 | 15,907 | | | 139,2 |

TOTALE (W) Pinv
2.796,4

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

TOTALE (W) - 3.215

Totale

Totale (W) Pinv
419
 Coefficiente di maggiorazione (%) 5
 Totale maggiorato (W) -

Climatizzazione con condizionatore in pompa di calore

| | |
|--|-------------------------|
| Percentuale garantita da ogni condizionatore | 70 |
| Potenza sensibile frigorifera richiesta* (W) | 3.369 |
| Potenza di riscaldamento richiesta* (W) | 0 |
| Potenza sensibile frigorifera resa** (W) | 3.780 |
| Potenza di riscaldamento resa*** (W) | 5.260 |
| Potenza elettrica assorbita max (W) | 3.200 |
| Tensione/numero di fasi | 230/1 |
| Tipologia | condizionatore autonomo |
| Marca | Daikin |
| Modello | FHQ60B+RXS60F |

*alle condizioni di progetto (vedi dati iniziali)

**aria interna 26°C 50% aria esterna 35°C

***aria interna 20°C aria esterna -5°C

Ventilazione locali contenenti batterie ai fini della diluizione dell'idrogeno - Norma CEI EN 50272-2 (2002-08)

| | UPS1 | UPS2 | UPS3 | UPS4 | UPS5 | UPS6 | UPS7 | UPS8 | UPS9 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Fattore di sicurezza | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Diluizione necessaria Idrogeno | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 |
| Produzione di Idrogeno (mc/Ah) | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 |
| Parametro relativo alla batteria (A/Ah) | 0,001 | 0,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Numero elementi di batteria | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Capacità nominale di ciascuna batteria (Ah) | 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Portata aria di ventilazione (mc/h) | 2,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Portata aria totale (mc/h) 2,78
 Velocità aria ventilazione naturale (m/s) 0,10

Aperture nette ventilazione naturale (cmq) (**)
 Superficie lorda griglie di ventilazione (cmq) 110

(**) prevedere due aperture: una a filo soffitto ed una in basso e preferibilmente sulla parete opposta

Titolo: **DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI
LOCALE DI CONTROLLO**

Dati iniziali

| Dati climatici esterni | | inv. | est. per vent. | est. per cndz. |
|-------------------------------|--|-------|----------------|----------------|
| Temperatura (°C) | | 2,0 | 34 | 34 |
| Umidità assoluta (g/kg) | | 3,00 | 13,35 | 13,35 |
| Entalpia (kJ/kg) | | 9,5 | 68,2 | 68,2 |
| Dati climatici interni | | inv. | est. per vent. | est. per cndz. |
| Temperatura (°C) | | 20,0 | 39 | 26 |
| Umidità assoluta (g/kg) | | 3,00 | 13,35 | 13,35 |
| Entalpia (kJ/kg) | | 27,7 | 73,4 | 60,0 |
| Dati geometrici | | | | |
| Superficie locale (mq) | | 15,00 | | |
| Altezza locale (m) | | 3,00 | | |
| Volume (mc) | | 45,00 | | |

Potenza termica da smaltire periodo estivo

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)

| Apporti per irraggiamento | | S Orientamento | Radiazione | Coef. Cor. | | Psest vent. | Psest cndz. | | |
|------------------------------|--|----------------|------------|----------------|----------------|-------------|-------------|--------------------|--------------------|
| | | (mq) | (W/mq) | | | (W) | (W) | | |
| Strutture vetrate | | 0,0 S | 125 | 1,00 | | 0,0 | 0,0 | | |
| Strutture vetrate | | 0,0 SO | 162 | 1,00 | | 0,0 | 0,0 | | |
| Strutture vetrate | | 0,0 E | 183 | 1,00 | | 0,0 | 0,0 | | |
| Strutture vetrate | | 0,0 N | 106 | 1,00 | | 0,0 | 0,0 | | |
| Apporti per trasmissione | | S | U | ti vent. | te vent. | ti cndz. | te cndz. | Psest vent. | Psest cndz. |
| | | (mq) | (W/mq*K) | (°C) | (°C) | (°C) | (°C) | (W) | (W) |
| Vetri esterni | | 0,0 | 0,00 | 39,0 | 34,0 | 26,0 | 34,0 | 0,0 | 0,0 |
| Pareti esterne | | 33,0 | 3,40 | 39,0 | 34,0 | 26,0 | 34,0 | 0,0 | 897,6 |
| Soffitto esterno | | 15,0 | 3,40 | 39,0 | 34,0 | 26,0 | 34,0 | 0,0 | 408,0 |
| Pavimento su terra | | 15,0 | 2,00 | 39,0 | 10,0 | 26,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 |
| Solaio | | 0,0 | 0,00 | 39,0 | 15,0 | 26,0 | 15,0 | 0,0 | 0,0 |
| Incidenza ponti termici (%) | | 5,0 | | | | | | 0,0 | 65,3 |
| Apporti per ricambi naturali | | Volume | Ricambi | Carico s vent. | Carico s cond. | | | Psest vent. | Psest cndz. |
| | | (mc) | (Vol/h) | (kJ/mc) | (kJ/mc) | | | (W) | (W) |
| | | 45,00 | 1,0 | -6,050 | 9,679 | | | 0,0 | 121,0 |
| TOTALE (W) | | | | | | | | Psest vent. | Psest cndz. |
| | | | | | | | | 0,0 | 1.491,9 |

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

| Altri valori | | Ps |
|-----------------------------------|--|--------------|
| | | (W) |
| Armadi rack | | 3.000 |
| Illuminazione e ausiliari | | 75 |
| Valori noti | | 100 |
| TOTALE (W) | | 3.175 |
| Totale | | |
| Totale (W) | | 3.175 |
| Coefficiente di maggiorazione (%) | | 10 |
| Totale maggiorato (W) | | 3.493 |
| | | 4.667 |
| | | 10 |
| | | 5.134 |

Potenza termica da garantire periodo invernale

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne

| Apporti per trasmissione | S Orientamento (mq) | Coeff espos. | U (W/mq*K) | ti (°C) | te (°C) | Pinv (W) |
|------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------|------------|-------------|
| Vetri esterni | 0,0 | 1,00 | | 20,0 | 2,0 | 0,0 |
| Pareti esterne | 33,0 E | 1,15 | 3,40 | 20,0 | 2,0 | 2.322,5 |
| Soffitto esterno | 15,0 | 1,00 | 3,40 | 20,0 | 2,0 | 918,0 |
| Pavimento su terra | 15,0 | 1,00 | 2,00 | 20,0 | 5,0 | 450,0 |
| Solaio | 0,0 | 1,00 | | 20,0 | 10,0 | 0,0 |
| Incidenza ponti termici (%) | 10,0 | | | | | 369,1 |
| Apporti per ricambi naturali | Volume (mc) | Ricambi (Vol/h) | Carico s (kJ/mc) | | | Pinv (W) |
| | 45,00 | 0,5 | 22,025 | | | 137,7 |

TOTALE (W) 4.197,3

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

TOTALE (W) - 3.175

Totale

Totale (W) Pinv 1.022
 Coefficiente di maggiorazione (%) 5
 Totale maggiorato (W) 1.073

Climatizzazione con condizionatore in pompa di calore

| | |
|--|-------------------------|
| Percentuale garantita da ogni condizionatore | 60 |
| Potenza sensibile frigorifera richiesta* (W) | 3.080 |
| Potenza di riscaldamento richiesta* (W) | 644 |
| Potenza sensibile frigorifera resa** (W) | 3.375 |
| Potenza di riscaldamento resa*** (W) | 4.510 |
| Potenza elettrica assorbita max (W) | 2.900 |
| Tensione/numero di fasi | 230/1 |
| Tipologia | condizionatore autonomo |
| Marca | Daikin |
| Modello | FHQ50B+RXS50G |

*alle condizioni di progetto (vedi dati iniziali)

**aria interna 26°C 50% aria esterna 35°C

***aria interna 20°C aria esterna -5°C

Ventilazione locali contenenti batterie ai fini della diluizione dell'idrogeno - Norma CEI EN 50272-2 (2002-08)

| | UPS1 | UPS2 | UPS3 | UPS4 | UPS5 | UPS6 | UPS7 | UPS8 | UPS9 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Fattore di sicurezza | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Diluizione necessaria Idrogeno | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 |
| Produzione di Idrogeno (mc/Ah) | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 | 0,00042 |
| Parametro relativo alla batteria (A/Ah) | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Numero elementi di batteria | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Capacità nominale di ciascuna batteria (Ah) | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Portata aria di ventilazione (mc/h) | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Portata aria totale (mc/h) 0,24
 Velocità aria ventilazione naturale (m/s) 0,10

Aperture nette ventilazione naturale (cmq) (**)
 Superficie lorda griglie di ventilazione (cmq) 8
 (***) prevedere due aperture: una a filo soffitto ed una in basso e preferibilmente sulla parete opposta