

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</p> <p>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></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI SICILIA</p> <p>INFRASTRUTTURE STRADALI - IMPIANTI TECNOLOGICI</p> <p>ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p>GENERALE – STRADA PANORAMICA</p> <p>STRADA PANORAMICA – RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI</p>	<p>SS1016_F0</p>
---	--	------------------

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	4	R	D	S	S	I	0	0	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0</
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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)	26
6.2.4 Dimensionamento dei conduttori di neutro	29
6.2.5 Dimensionamento dei conduttori di protezione	30
6.2.6 Calcolo della temperatura dei cavi	31
6.3 Cadute di tensione	32
6.4 Rifasamento	32
6.5 Calcolo dei guasti	33
6.5.1 Modellizzazione delle apparecchiature in rete	34
6.5.1.1 Trasformatori	34
6.5.1.2 Generatori	36
6.5.1.3 Motori asincroni	37
6.5.2 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito	39
6.5.3 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito	42
6.6 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture	43
6.6.1 Generalità	44
6.6.2 Integrale di Joule	45
6.6.3 Massima lunghezza protetta	46
6.7 Verifica contatti indiretti	47

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.7.1	Sistema di distribuzione TN	47
6.8	Calcoli dimensionali linee BT	48
7	Dimensionamento rete MT	49
7.1	Protezione da sovraccarico.....	49
7.2	Verifica della caduta di tensione	50
7.3	Tenuta termica al corto circuito massimo	50
7.4	Analisi e verifiche della rete MT	50
8	Dimensionamento impianti di ventilazione e climatizzazione locali tecnici.....	52
8.1	Ventilazione e caratteristiche del locale batterie.....	52
9	Allegati.....	54

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 svincolo Panoramica prevista nel versante siciliano, 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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 I 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 I Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI 33-5 I 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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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, i gruppi elettrogeni 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 Panoramica	POTENZA INSTALLATA [KW]	
	BT	CA
Illuminazione viadotto Pantano	32	
Illuminazione Svincolo Panoramica	4	
Servizi ausiliari ordinari	8	
Servizi ausiliari di sicurezza		25
TOTALI PARZIALI (kW)	44	25
TOTALI PARZIALI (kVA) CON f.d.p.=0,9	49	28
TOTALE COMPLESSIVO (kW)	69	
TOTALE COMPLESSIVO (kVA) CON f.d.p.=0,9	77	
TAGLIA TRASFORMATORE E GE (kVA)	160	
MARGINE POTENZA (Trasformatore e GE)	108,70%	
TAGLIA UPS (kVA)	60	
MARGINE POTENZA (UPS)	92,00%	

Nota: CA sezione alimentata in emergenza da UPS

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

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

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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.

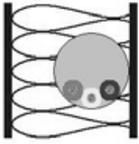
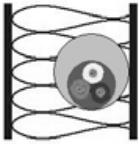
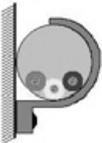
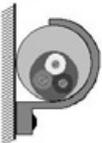
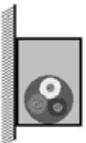
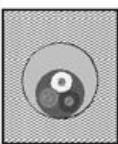
Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

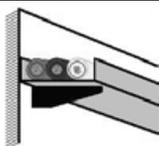
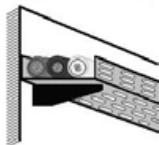
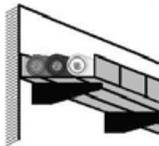
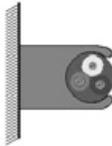
Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

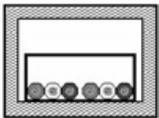
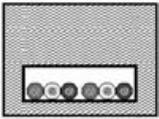
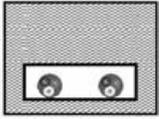
Nei capitoli che seguono sono specificate le modalità di posa contemplate dalla Norma CEI 64-8, le tabelle ricavate dalle norme di cui sopra e i diversi metodi per la determinazione della portata.

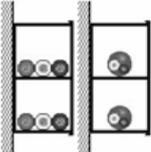
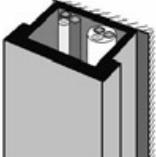
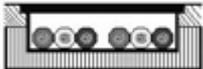
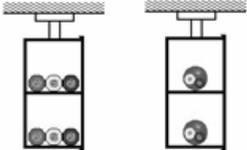
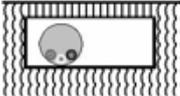
6.2.2 Modalità di posa

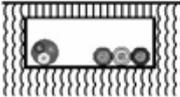
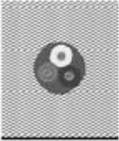
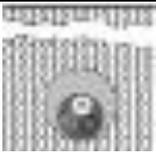
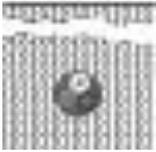
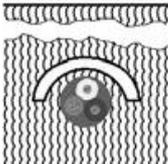
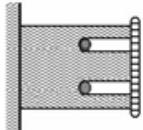
Con riferimento alla norma CEI 64-8/5, le tipologie di installazione previste sono riportate nella tabella seguente:

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 dalle 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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.

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	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500
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	-	-
parete isolante		EPR	2	-	18,5	25	33	42	57	76	99	121	145	183	220	253	290	329	386	442	-	-
			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	PVC	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		3	12	15	20	27	34	46	62	80	99	118	149	179	206	225	255	297	339	-	-
	33A-31-34A	EPR	2	17	22	30	40	51	69	91	119	146	175	221	265	305	334	384	459	532	-	-
	43-32		3	15	19,5	26	35	44	60	80	105	128	154	194	233	268	300	340	398	455	-	-
cavo in aria libera, distanziato		PVC	2	15	22	30	40	51	70	94	119	148	180	232	282	328	379	434	514	593	-	-
dalla parete/soffitto o su passerella	13-14-15-16-17		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 passarella	11-11A-52-53-		3	17	23	32	42	54	75	100	127	158	190	246	288	346	389	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	-	-
			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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUZZORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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
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	592
cavi unipolari in tubo interrato	61	PVC	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		
			2	24	32	41	52	70	91	118	144	178	218	258	298	340	383	450	510	595
cavi multipolari in tubo interrato	61	PVC	2	19	25	33	41	56	73	94	115	143	175	208	240	273	307	360		
			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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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).

6.4 Rifasamento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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 V₁ (in kV);
- Tensione nominale del secondario V₀₂ (in V).

Impedenza di cortocircuito del trasformatore espressa in mΩ:

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

Resistenza di cortocircuito del trasformatore espressa in mΩ:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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:

$$Z_d = |\dot{Z}_{cct}| = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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_m 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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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:

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

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$R_{0sbarraNeuro} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeuro}$$

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

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:

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

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

$$R_{0Neuro} = R_{0cavoNeuro} + R_{0monteNeuro}$$

$$X_{0Neuro} = X_{0cavoNeuro} + X_{0monteNeuro}$$

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

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

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):

$$Z_{k1Neuro \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neuro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neuro})^2}$$

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 $I_{k1Neuro \max}$, fase terra

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$I_{k1PEmax}$ 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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

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

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

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

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_{k1min} e fase terra, espresse in kA:

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

$$I_{k1Neutro\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutro\max}}$$

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

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

6.6 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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
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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUSSIONI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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);
- Imag: 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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUZZORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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, 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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
- 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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUPTORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 risulta 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 risulta 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		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
STRADA PANORAMICA - RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUITORI E QUADRI		<i>Codice documento</i> SS1016_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 Ø	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
+CABINA.Q_BT													
IGTR1	68,313	1	68,313	1	40,068	n.d.	0,863	400	TN-S	3	123,4	146,2	1039,8
IGTR2	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	146,2	1039,8
BT1	0	1	0	1	0	n.d.	0	400	TN-S	3	0	63	70,2
BT2	8,022	1	8,022	1	4,37	n.d.	0,878	400	TN-S	3	17,5	146,2	133,2
BT3	24,812	1	24,812	1	18,515	n.d.	0,801	400	TN-S	3	50,2	125	161,4
BT4	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	125	133,2
BT5	35,479	1	35,479	1	17,183	n.d.	0,9	400	TN-S	3	57,5	118	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	0,071	1	0,071	1	0,021	n.d.	0,96	231	TN-S	2 (L2-N)	0,3	0,6	18
BT2/6	0,1	1	0,1	1	0,029	n.d.	0,96	231	TN-S	2 (L2-N)	0,5	1	18
BT2/7	0,1	1	0,1	1	0,029	n.d.	0,96	231	TN-S	2 (L3-N)	0,5	1	18
BT2/8	3,2	1	3,2	1	1,55	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	15,4	20	24
BT2/9	3,2	1	3,2	1	1,55	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	15,4	20	24
BT2/10	2,9	1	2,9	1	1,405	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	13,9	20	24
BT2/11	2,9	1	2,9	1	1,405	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	13,9	20	24
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 (L3-N)	0	16	15,6
BT2/16	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	16	15,6
BT5/11	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	10	30,7
BT5/12	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	10	30,7
BT5/13	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	24,316	1	24,316	1	18,274	n.d.	0,799	400	TN-S	3	49,4	95,3	123,2
IGCA_LT	6,121	1	6,121	1	4,628	n.d.	0,798	400	TN-S	3	17	82	18,2

Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos Ø	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
IGCA_EX	18,195	1	18,195	1	13,646	n.d.	0,8	400	TN-S	3	33,5	70	18,2
SAC_LT1	0,09	1	0,09	1	0,044	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L3-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 (L2-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 (L3-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 (L1-N)	2,7	6	15,6
SAC_LT8	0,215	1	0,215	1	0,186	n.d.	0,756	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	18
SAC_LT11	1,5	1	1,5	1	1,53	n.d.	0,7	231	TN-S	2 (L2-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_LT14	0,5	1	0,5	1	0,242	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	2,4	32	34,3
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	41
SAC_EX2	8,198	1	8,198	1	6,148	n.d.	0,8	400	TN-S	3	15,2	20	41
SAC_EX3	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	1,6	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	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	1,6	6	22,2
SAC_EX6	0,4	1	0,4	1	0,3	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	2,2	6	22,2
SAC_EX7	0,2	1	0,2	1	0,15	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	1,1	6	22,2
SAC_EX8	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	1,6	6	22,2
SAC_EX9	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	0	6	22,2
SAC_EX10	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	0	6	22,2
SAC_EX11	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	6	22,2

Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos Ø	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
SAC_EX12	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	6	22,2
TR_24	0,215	1	0,215	1	0,186	n.d.	0,756	231	TN-S	2 (L2-N)	1,2	1,8	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.
SAC_EX1/1	4,099	1	4,099	1	3,074	n.d.	0,8	400	TN-S	3	9,7	20	72,6
SAC_EX1/2	4,099	1	4,099	1	3,074	n.d.	0,8	400	TN-S	3	9,7	20	43,2
SAC_EX2/1	4,099	1	4,099	1	3,074	n.d.	0,8	400	TN-S	3	9,7	20	72,6
SAC_EX2/2	4,099	1	4,099	1	3,074	n.d.	0,8	400	TN-S	3	9,7	20	33
SAC_EX5/1	0,15	1	0,15	1	0,113	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	0,8	6	23,4
SAC_EX5/2	0,15	1	0,15	1	0,113	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	0,8	6	23,4
SAC_EX6/1	0,15	1	0,15	1	0,113	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	0,8	6	23,4
SAC_EX6/2	0,25	1	0,25	1	0,188	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	1,4	6	23,4
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

Legenda

- Pn: potenza nominale dei carichi a valle dell'utenza.
- Pd: potenza di dimensionamento dell'utenza.
- Qn: potenza rettiva dei carichi a valle dell'utenza
- Qrif: potenza rettiva 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	RAME	10	5	30	0,6	70	0	1,278E+07	-0,209	0,5
BT3	3x(1x95)+1x50+1G50	FG7M1 0.6/1 KV	EPR	RAME	10	5	30	0,6	161	105	1,846E+08	-0,196	0,63
BT4	3x(1x70)+1x35+1G35	FG7M1 0.6/1 KV	EPR	RAME	10	5	30	0,6	133	86	1,002E+08	0	0
BT2/1	5G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	-0,185	1,11
BT2/2	5G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	15	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	-0,194	0,95
BT2/3	5G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	10	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	-0,203	0,79
BT2/4	5G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	-0,185	1,11
BT2/5	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	25	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	-0,121	0,59
BT2/6	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	-0,113	0,62
BT2/7	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	-0,127	0,62
BT2/8	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	10	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	0,51	1,36
BT2/9	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	10	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	0,49	1,36
BT2/10	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	1,08	2,26
BT2/11	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	1,08	2,26
+CABINA.Q_BT_SEZ_CA													
SAC_LT1	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	25	8	30	0,52	16	16	1,278E+05	-0,096	1,81
SAC_LT2	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	8	30	0,52	16	16	1,278E+05	-0,078	1,6
SAC_LT3	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	10	8	30	0,52	16	16	1,278E+05	-0,109	1,17
SAC_LT4	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	8	30	0,52	16	16	1,278E+05	-0,111	1,6
SAC_LT5	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	8	30	0,52	21	21	3,272E+05	0,04	2,17
SAC_LT6	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	5	8	30	0,52	21	21	3,272E+05	0,08	1,06
SAC_LT7	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	5	8	30	0,52	16	16	1,278E+05	-0,049	0,94
SAC_LT10	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	-0,058	1,6
SAC_LT11	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	8	30	0,52	21	21	3,272E+05	0,51	1,87
SAC_LT12	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	8	30	0,52	21	21	3,272E+05	0,51	1,87
SAC_LT13	3G2.5	FG7M1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	5	15	0,67	20	20	1,278E+05	0,01	1,6
SAC_LT14	3G6	FG7M1 0.6/1 KV	EPR	RAME	20	5	15	0,67	34	34	7,362E+05	0,01	2,66
SAC_EX3	3G4	FG7OR 0.6/1 KV	EPR	RAME	565	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	3,45	14,5
SAC_EX4	3G4	FG7OR 0.6/1 KV	EPR	RAME	225	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	1,31	6,17

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_EX7	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAME	795	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	3,26	20,23
SAC_EX8	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAME	50	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	0,15	1,94
SAC_EX1/1	3x(1x35)+1x16+1G16	FG7R 0.6/1 kV	EPR	RAME	795	8	20	0,6	73	46	2,505E+07	3,55	6,26
SAC_EX1/2	5G16	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAME	400	8	20	0,6	43	43	5,235E+06	2,39	6,54
SAC_EX2/1	3x(1x35)+1x16+1G16	FG7R 0.6/1 kV	EPR	RAME	810	8	20	0,6	73	46	2,505E+07	3,66	6,36
SAC_EX2/2	5G10	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAME	315	8	20	0,6	33	33	2,045E+06	2,92	7,91
SAC_EX5/1	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAME	975	8	20	0,6	23	23	3,272E+05	2,3	24,78
SAC_EX5/2	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAME	810	8	20	0,6	23	23	3,272E+05	1,79	20,61
SAC_EX6/1	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAME	975	8	20	0,6	23	23	3,272E+05	2,02	24,78
SAC_EX6/2	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAME	810	8	20	0,6	23	23	3,272E+05	1,83	20,61

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

PE: 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					
IGTR1	123,4<=146,2 A (Ib < In)	25>=4 kA	Verificato	1.250<3.086 A	Verificato
IGTR2	0<=146,2 A (Ib < In)	25>=0 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
BT1	0<=63<=70,2 A	10>=4 kA	Verificato	630<2.877 A	Verificato
BT2	17,5<=146,2 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
BT3	50,2<=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	57,5<=118 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<=0,6<=18 A	100>=4 kA	Verificato	8<444 A	Verificato
BT2/6	0,5<=1<=18 A	100>=4 kA	Verificato	10<547 A	Verificato
BT2/7	0,5<=1<=18 A	100>=4 kA	Verificato	10<547 A	Verificato
BT2/8	15,4<=20<=24 A	20>=4 kA	Verificato	200<1.457 A	Verificato
BT2/9	15,4<=20<=24 A	20>=4 kA	Verificato	200<1.457 A	Verificato
BT2/10	13,9<=20<=24 A	20>=4 kA	Verificato	200<835 A	Verificato
BT2/11	13,9<=20<=24 A	20>=4 kA	Verificato	200<835 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
BT5/11	0<=10 A (Ib < In)	10>=3,97 kA	Verificato	50<3.086 A	Verificato
BT5/12	0<=10 A (Ib < In)	10>=3,97 kA	Verificato	50<3.086 A	Verificato
BT5/13	1<=6 A (Ib < In)	20>=3,97 kA	Verificato	30<3.577 A	Verificato
+CABINA.Q_BT_SEZ_CA					
IGCA	49,4<=95,3 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
IGCA_LT	17<=82 A (Ib < In)		Verificato		Verificato

Sigla utenza	Coord. Ib<In<Iz	PdI	K ² S ² >I ² t	Sg. mag.<I magmax	Contatti ind.
IGCA_EX	33,5<=70 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<=18 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<528 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_LT14	2,4<=32<=34,3 A	20>=3,65 kA	Verificato	160<1.084 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 A (Ib < In)	10>=3,75 kA	Verificato	100<2.919 A	Verificato
SAC_EX2	15,2<=20 A (Ib < In)	10>=3,75 kA	Verificato	100<2.919 A	Verificato
SAC_EX3	1,6<=6<=22,2 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<33 A	Verificato
SAC_EX4	1,6<=6<=22,2 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<82 A	Verificato
SAC_EX5	1,6<=6 A (Ib < In)	20>=3,65 kA	Verificato	30<3.108 A	Verificato
SAC_EX6	2,2<=6 A (Ib < In)	20>=3,65 kA	Verificato	30<3.108 A	Verificato
SAC_EX7	1,1<=6<=22,2 A	20>=3,65 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAC_EX8	1,6<=6<=22,2 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<351 A	Verificato
SAC_EX9	0<=6 A (Ib < In)	20>=3,65 kA	Verificato	30<3.108 A	Verificato
SAC_EX10	0<=6 A (Ib < In)	20>=3,65 kA	Verificato	30<3.108 A	Verificato
SAC_EX11	0<=6 A (Ib < In)	10>=3,75 kA	Verificato	30<2.919 A	Verificato

Sigla utenza	Coord. Ib<In<Iz	PdI	K ² S ² >I ² t	Sg. mag.<I magmax	Contatti ind.
SAC_EX12	0<=6 A (Ib < In)	10>=3,75 kA	Verificato	30<2.919 A	Verificato
TR_24	1,2<=1,8 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
RAD	1,1<=11 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
SAC_EX1/1	9,7<=20<=72,6 A		Verificato		Verificato
SAC_EX1/2	9,7<=20<=43,2 A		Verificato		Verificato
SAC_EX2/1	9,7<=20<=72,6 A		Verificato		Verificato
SAC_EX2/2	9,7<=20<=33 A		Verificato		Verificato
SAC_EX5/1	0,8<=6<=23,4 A		Verificato		Verificato
SAC_EX5/2	0,8<=6<=23,4 A		Verificato		Verificato
SAC_EX6/1	0,8<=6<=23,4 A		Verificato		Verificato
SAC_EX6/2	1,4<=6<=23,4 A		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

Legenda

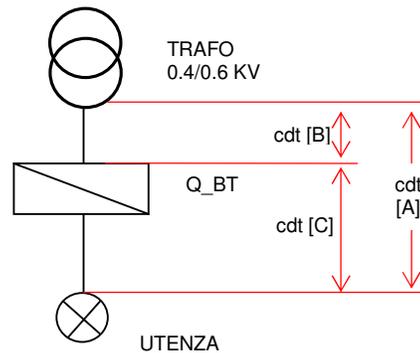
PdI: potere di interruzione o di corto circuito della protezione

I magmax: corrente magnetica massima pari alla corrente di guasto minima

K²S²>I²t: 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 dello svincolo panoramica 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 -0,21%. Il valore negativo deriva dal fatto che si è assunto il trasformatore funzionante sulla presa di regolazione - 1].

Cautelativamente si assume tuttavia una caduta di tensione massima ammessa, per la sezione C dell'impianto, del valore 4%.

Si precisa inoltre che nelle schede di calcolo allegate e relative alle linee di illuminazione (C1-C10) 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 4%.

Titolo: **CALCOLO CADUTE DI TENSIONE**

Quadro illuminazione esterna Cabina Panoramica - Circuito C1-2

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)	8,23
IF2 inizio linea (A)	8,23
IF3 inizio linea (A)	6,86
IN inizio linea (A)	1,37
I max inizio linea (A)	8,23
Icc FFF fine linea (A)	211
Icc FF fine linea (A)	183
Icc FN fine linea (A)	108
DV max (%)	2,37
In sganciatore (A)	10
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	A	A	A	A	A
Numero Led / Potenza nominale (W)		60	80	100	120	1000	1000	1000	1000	1000
Potenza totale assorbita (W)		145	190	236	284	1080	1080	1080	10800	1080

Legenda (*)

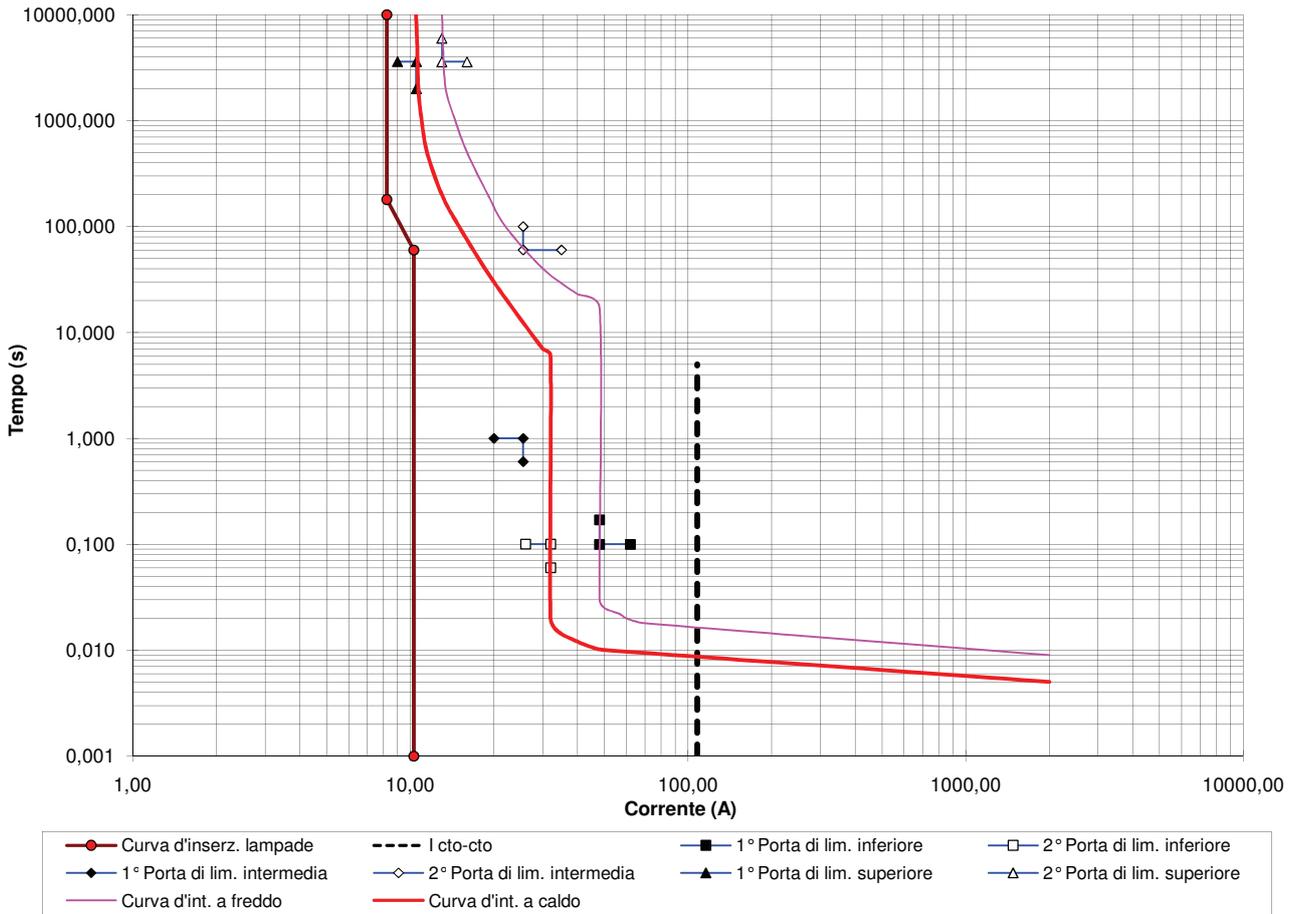
Polivinilcloruro	PVC
Gomma	G
Polietilene reticolato	XLPE
Etilpropilene	EPR

Legenda ()**

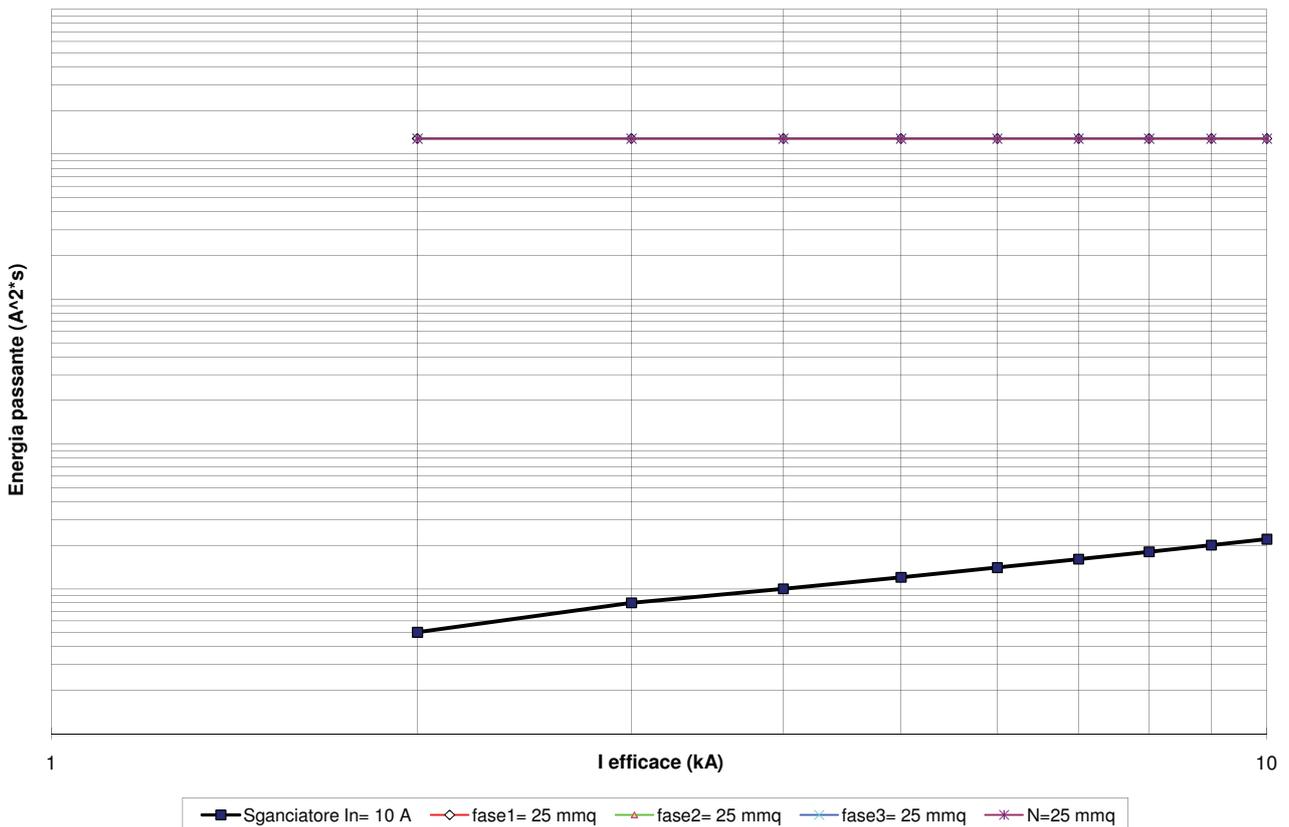
Sodio ad alta pressione	SA
Sodio a bassa pressione	SB
A vapori di mercurio	M
Ad alogenuri metallici	A

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	1704	1704	1420	25	25	25	25	0,00	0,00	0,00
1	11	26				25	25	25	25	0,04	0,04	0,02
2	30	56				25	25	25	25	0,13	0,15	0,09
3	45	101				25	25	25	25	0,28	0,31	0,18
4	17	118				25	25	25	25	0,33	0,37	0,22
5	9	127				25	25	25	25	0,36	0,40	0,23
6	12	139				25	25	25	25	0,40	0,44	0,26
7	14	153	284			25	25	25	25	0,45	0,49	0,29
8	30	183				25	25	25	25	0,51	0,60	0,36
9	31	214		284		25	25	25	25	0,58	0,71	0,44
10	31	245				25	25	25	25	0,66	0,80	0,52
11	31	276			284	25	25	25	25	0,74	0,88	0,60
12	31	307				25	25	25	25	0,83	0,97	0,65
13	31	338	284			25	25	25	25	0,91	1,06	0,70
14	31	369				25	25	25	25	0,96	1,16	0,76
15	31	400		284		25	25	25	25	1,02	1,26	0,82
16	31	431				25	25	25	25	1,08	1,32	0,89
17	31	462			284	25	25	25	25	1,15	1,39	0,95
18	31	493				25	25	25	25	1,21	1,47	0,99
19	8	501				25	25	25	25	1,23	1,49	0,99
20	13	514				25	25	25	25	1,26	1,52	1,01
21	16	530	284			25	25	25	25	1,29	1,56	1,03
22	27	557				25	25	25	25	1,33	1,63	1,06
23	27	584		284		25	25	25	25	1,36	1,70	1,10
24	28	612				25	25	25	25	1,40	1,74	1,15
25	26	638			284	25	25	25	25	1,44	1,78	1,19
26	29	667				25	25	25	25	1,49	1,84	1,20
27	28	695	284			25	25	25	25	1,54	1,90	1,22
28	26	721				25	25	25	25	1,55	1,95	1,24
29	27	748		284		25	25	25	25	1,57	2,01	1,27
30	29	777				25	25	25	25	1,60	2,04	1,30
31	26	803			284	25	25	25	25	1,63	2,07	1,33
32	29	832				25	25	25	25	1,66	2,11	1,33
33	27	859	284			25	25	25	25	1,69	2,15	1,33
34	28	887				25	25	25	25	1,69	2,19	1,34
35	27	914		284		25	25	25	25	1,70	2,23	1,35
36	27	941				25	25	25	25	1,71	2,25	1,36
37	27	968			284	25	25	25	25	1,73	2,26	1,38
38	27	995				25	25	25	25	1,74	2,29	1,36
39	28	1023	284			25	25	25	25	1,76	2,31	1,35
40	29	1052				25	25	25	25	1,75	2,35	1,35
41	28	1080		284		25	25	25	25	1,74	2,37	1,34
42		1080							0	0,00	0,00	0,00
43		1080							0	0,00	0,00	0,00
44		1080							0	0,00	0,00	0,00
45		1080							0	0,00	0,00	0,00
46		1080							0	0,00	0,00	0,00
47		1080							0	0,00	0,00	0,00
48		1080							0	0,00	0,00	0,00
49		1080							0	0,00	0,00	0,00
50		1080							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 Cabina Panoramica - Circuito C3-4

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)	8,23
IF2 inizio linea (A)	8,23
IF3 inizio linea (A)	6,86
IN inizio linea (A)	1,37
I max inizio linea (A)	8,23
Icc FFF fine linea (A)	202
Icc FF fine linea (A)	175
Icc FN fine linea (A)	103
DV max (%)	2,58
In sganciatore (A)	10
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	A	A	A	A	A
Numero Led / Potenza nominale (W)		60	80	100	120	1000	1000	1000	1000	1000
Potenza totale assorbita (W)		145	190	236	284	1080	1080	1080	10800	1080

Legenda (*)

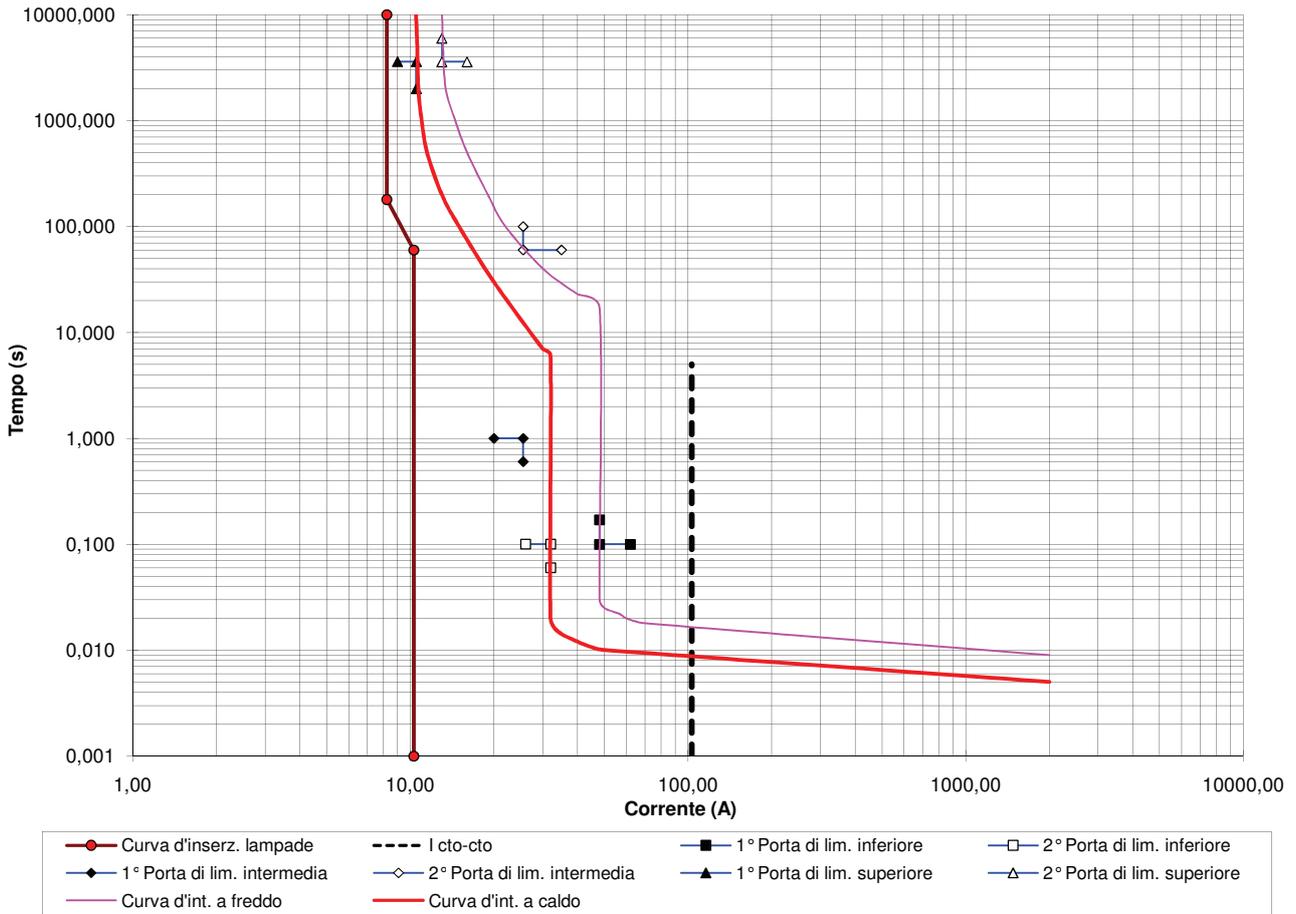
Polivinilcloruro	PVC
Gomma	G
Polietilene reticolato	XLPE
Etilpropilene	EPR

Legenda ()**

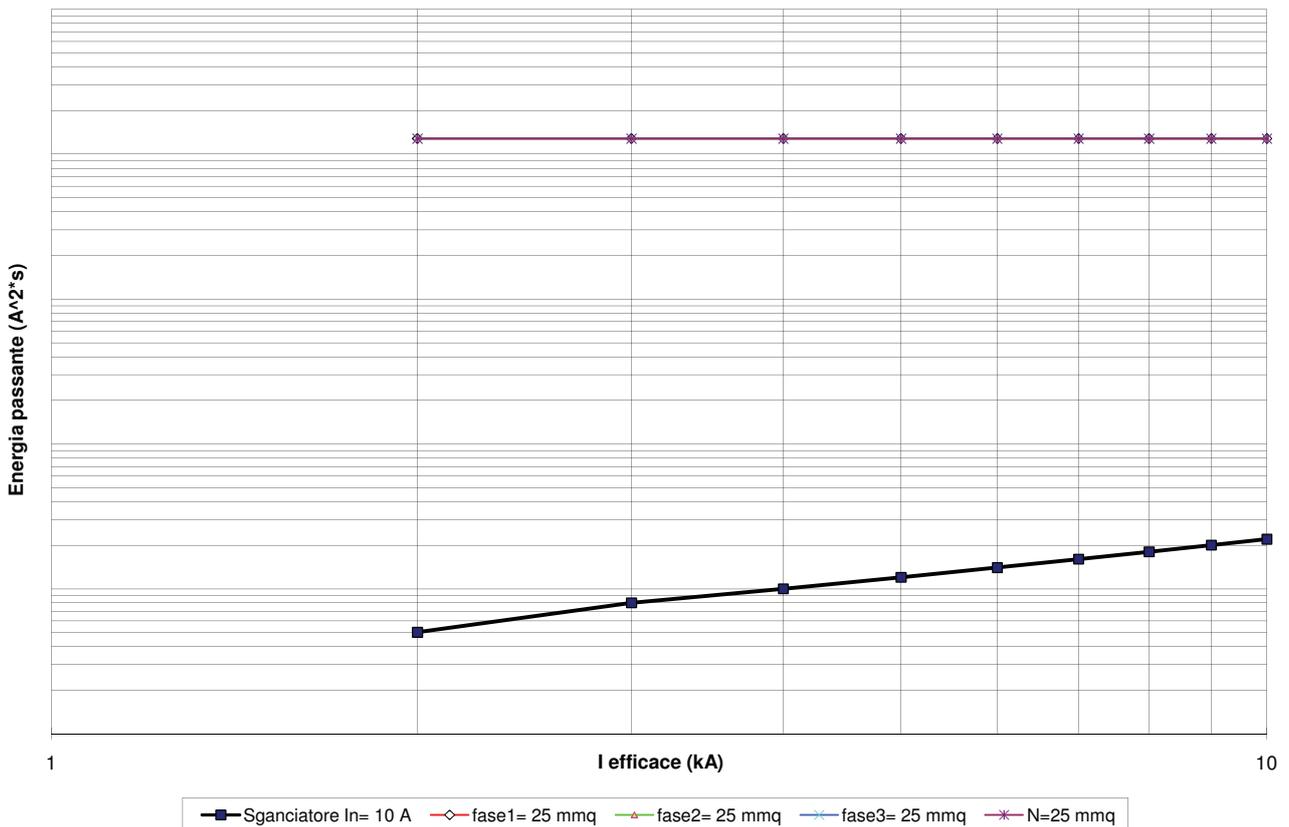
Sodio ad alta pressione	SA
Sodio a bassa pressione	SB
A vapori di mercurio	M
Ad alogenuri metallici	A

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	1704	1704	1420	25	25	25	25	0,00	0,00	0,00
1	11	26				25	25	25	25	0,036	0,039	0,023
2	30	56				25	25	25	25	0,133	0,146	0,086
3	45	101				25	25	25	25	0,279	0,306	0,180
4	17	118				25	25	25	25	0,33	0,37	0,22
5	9	127				25	25	25	25	0,36	0,40	0,23
6	12	139				25	25	25	25	0,40	0,44	0,26
7	14	153				25	25	25	25	0,45	0,49	0,29
8	13	166				25	25	25	25	0,49	0,54	0,32
9	45	211	284			25	25	25	25	0,64	0,70	0,41
10	31	242				25	25	25	25	0,70	0,81	0,49
11	31	273		284		25	25	25	25	0,77	0,92	0,57
12	31	304				25	25	25	25	0,85	1,00	0,65
13	31	335			284	25	25	25	25	0,93	1,09	0,73
14	32	367				25	25	25	25	1,02	1,18	0,78
15	32	399	284			25	25	25	25	1,11	1,28	0,83
16	31	430				25	25	25	25	1,16	1,38	0,89
17	31	461		284		25	25	25	25	1,21	1,47	0,95
18	31	492				25	25	25	25	1,28	1,54	1,02
19	31	523			284	25	25	25	25	1,34	1,60	1,08
20	31	554				25	25	25	25	1,41	1,68	1,11
21	11	565				25	25	25	25	1,43	1,71	1,12
22	14	579				25	25	25	25	1,46	1,74	1,14
23	11	590	284			25	25	25	25	1,49	1,77	1,15
24	28	618				25	25	25	25	1,52	1,85	1,19
25	26	644		284		25	25	25	25	1,55	1,91	1,23
26	27	671				25	25	25	25	1,59	1,96	1,27
27	27	698			284	25	25	25	25	1,63	2,00	1,31
28	26	724				25	25	25	25	1,68	2,05	1,33
29	27	751	284			25	25	25	25	1,72	2,10	1,34
30	27	778				25	25	25	25	1,74	2,16	1,37
31	27	805		284		25	25	25	25	1,76	2,22	1,39
32	27	832				25	25	25	25	1,79	2,24	1,42
33	27	859			284	25	25	25	25	1,81	2,27	1,45
34	27	886				25	25	25	25	1,84	2,31	1,45
35	27	913	284			25	25	25	25	1,88	2,35	1,45
36	27	940				25	25	25	25	1,88	2,39	1,46
37	27	967		284		25	25	25	25	1,88	2,44	1,47
38	27	994				25	25	25	25	1,90	2,45	1,49
39	27	1021			284	25	25	25	25	1,91	2,47	1,50
40	27	1048				25	25	25	25	1,93	2,49	1,49
41	27	1075	284			25	25	25	25	1,94	2,52	1,47
42	29	1104				25	25	25	25	1,93	2,55	1,47
43	29	1133		284		25	25	25	25	1,92	2,58	1,47
44		1133							0	0,00	0,00	0,00
45		1133							0	0,00	0,00	0,00
46		1133							0	0,00	0,00	0,00
47		1133							0	0,00	0,00	0,00
48		1133							0	0,00	0,00	0,00
49		1133							0	0,00	0,00	0,00
50		1133							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 Cabina Panoramica - Circuito C5-6

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)	2,80
IF2 inizio linea (A)	2,80
IF3 inizio linea (A)	2,80
IN inizio linea (A)	0,00
I max inizio linea (A)	2,80
Icc FFF fine linea (A)	60
Icc FF fine linea (A)	52
Icc FN fine linea (A)	30
DV max (%)	3,38
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	A	A	A	A	A
Numero Led / Potenza nominale (W)		60	80	100	120	1000	1000	1000	1000	1000
Potenza totale assorbita (W)		145	190	236	284	1080	1080	1080	10800	1080

Legenda (*)

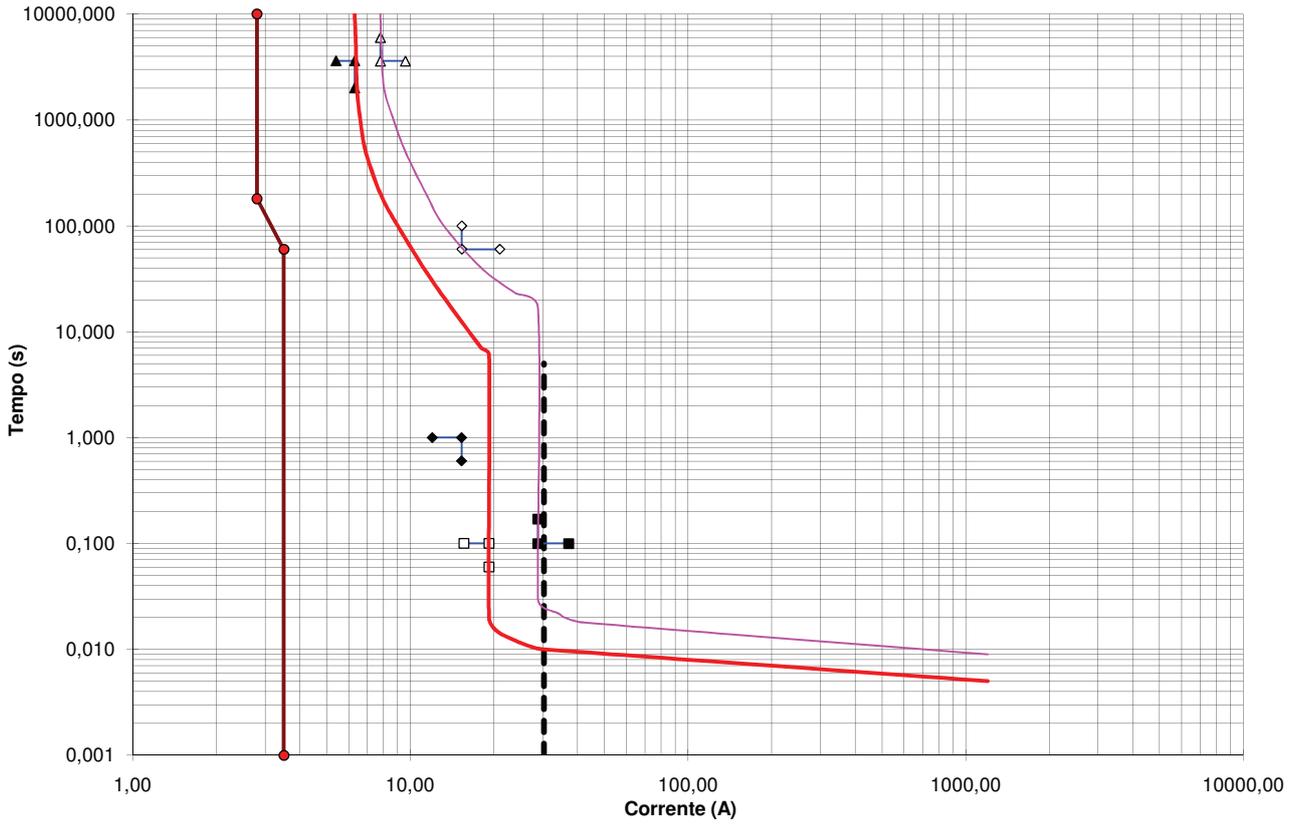
Polivinilcloruro	PVC
Gomma	G
Polietilene reticolato	XLPE
Etilpropilene	EPR

Legenda ()**

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

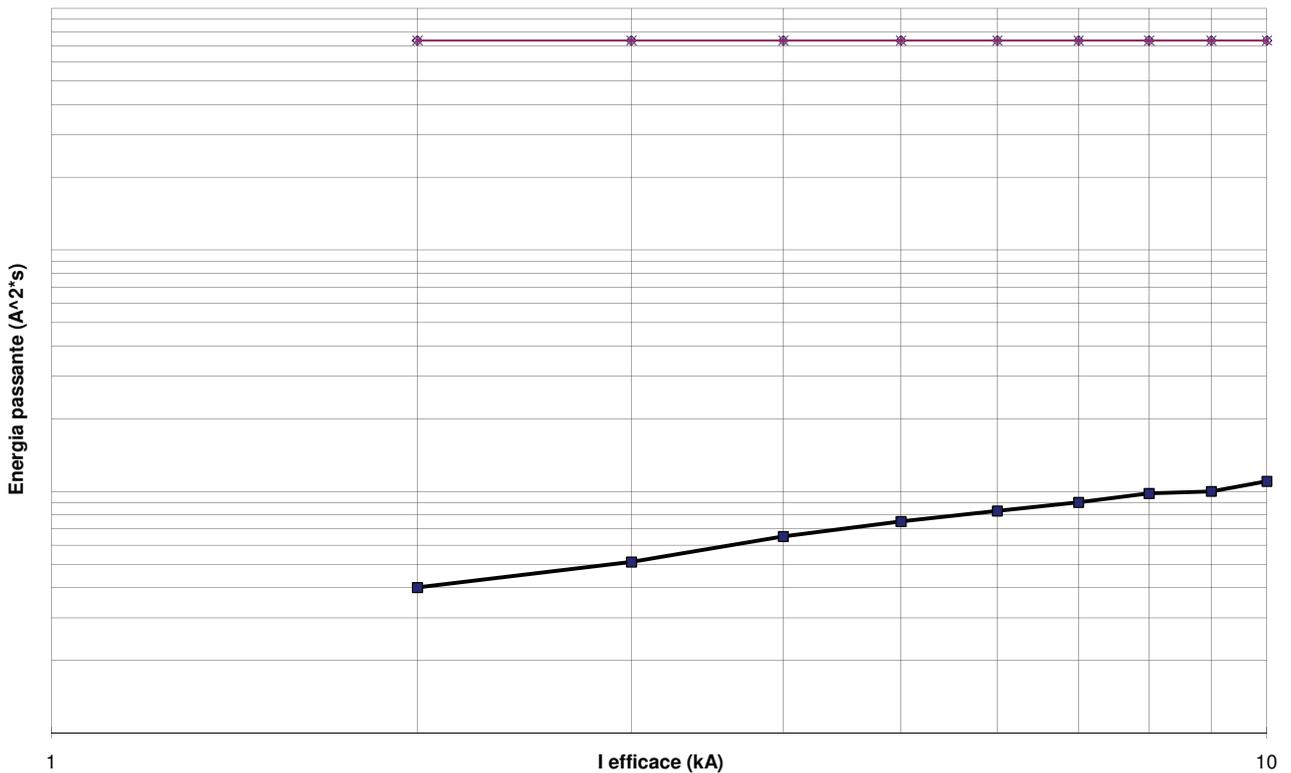
Progressiva	d (m)	l (m)	PF1 (W)	PF2 (W)	PF3 (W)	sF1 (mmq)	sF2 (mmq)	sF3 (mmq)	sN (mmq)	DVF1 (%)	DVF2 (%)	DVF3 (%)
QE	0	15	580	580	580	6	6	6	6	0,00	0,00	0,00
1	11	26				6	6	6	6	0,047	0,047	0,047
2	30	56				6	6	6	6	0,175	0,175	0,175
3	45	101				6	6	6	6	0,368	0,368	0,368
4	17	118				6	6	6	6	0,44	0,44	0,44
5	9	127				6	6	6	6	0,48	0,48	0,48
6	12	139				6	6	6	6	0,53	0,53	0,53
7	14	153				6	6	6	6	0,59	0,59	0,59
8	13	166				6	6	6	6	0,65	0,65	0,65
9	45	211				6	6	6	6	0,84	0,84	0,84
10	31	242				6	6	6	6	0,97	0,97	0,97
11	17	259	145			6	6	6	6	1,04	1,04	1,04
12	36	295				6	6	6	6	1,12	1,20	1,23
13	35	330		145		6	6	6	6	1,20	1,36	1,41
14	35	365				6	6	6	6	1,30	1,44	1,60
15	34	399			145	6	6	6	6	1,41	1,51	1,78
16	34	433				6	6	6	6	1,52	1,62	1,89
17	34	467	145			6	6	6	6	1,63	1,73	2,00
18	36	503				6	6	6	6	1,67	1,85	2,15
19	35	538		145		6	6	6	6	1,70	1,97	2,30
20	29	567				6	6	6	6	1,76	2,00	2,42
21	35	602	145		145	6	6	6	6	1,83	2,04	2,57
22	12	614				6	6	6	6	1,83	2,07	2,61
23	28	642				6	6	6	6	1,83	2,13	2,69
24	22	664		145		6	6	6	6	1,83	2,18	2,76
25	36	700				6	6	6	6	1,87	2,19	2,88
26	50	750			145	6	6	6	6	1,91	2,19	3,04
27	37	787				6	6	6	6	1,95	2,23	3,08
28	35	822	145			6	6	6	6	1,99	2,27	3,11
29	32	854				6	6	6	6	1,96	2,31	3,18
30	32	886		145		6	6	6	6	1,92	2,35	3,24
31	32	918				6	6	6	6	1,92	2,32	3,31
32	31	949			145	6	6	6	6	1,91	2,29	3,38
33		949							0	0,00	0,00	0,00
34		949							0	0,00	0,00	0,00
35		949							0	0,00	0,00	0,00
36		949							0	0,00	0,00	0,00
37		949							0	0,00	0,00	0,00
38		949							0	0,00	0,00	0,00
39		949							0	0,00	0,00	0,00
40		949							0	0,00	0,00	0,00
41		949							0	0,00	0,00	0,00
42		949							0	0,00	0,00	0,00
43		949							0	0,00	0,00	0,00
44		949							0	0,00	0,00	0,00
45		949							0	0,00	0,00	0,00
46		949							0	0,00	0,00	0,00
47		949							0	0,00	0,00	0,00
48		949							0	0,00	0,00	0,00
49		949							0	0,00	0,00	0,00
50		949							0	0,00	0,00	0,00

Curva d'intervento interruttore automatico



- Curva d'inserz. lampade
- ◆ 1° Porta di lim. intermedia
- Curva d'int. a freddo
- I cto-cto
- ◇ 2° Porta di lim. intermedia
- Curva d'int. a caldo
- 1° Porta di lim. inferiore
- ▲ 1° Porta di lim. superiore
- 2° Porta di lim. inferiore
- △ 2° Porta di lim. superiore

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



- Sganciatore In= 6 A
- ◇ fase1= 6 mmq
- ◇ fase2= 6 mmq
- ◇ fase3= 6 mmq
- * N=6 mmq

Titolo: **CALCOLO CADUTE DI TENSIONE**

Quadro illuminazione esterna Cabina Panoramica - Circuito C7-8

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)	5,49
IF2 inizio linea (A)	5,49
IF3 inizio linea (A)	4,12
IN inizio linea (A)	1,37
I max inizio linea (A)	5,49
Icc FFF fine linea (A)	116
Icc FF fine linea (A)	101
Icc FN fine linea (A)	59
DV max (%)	3,35
In sganciatore (A)	10
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

Tipo (**)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		LED	LED	LED	LED	A	A	A	A	A
Numero Led / Potenza nominale (W)		60	80	100	120	1000	1000	1000	1000	1000
Potenza totale assorbita (W)		145	190	236	284	1080	1080	1080	10800	1080

Legenda (*)

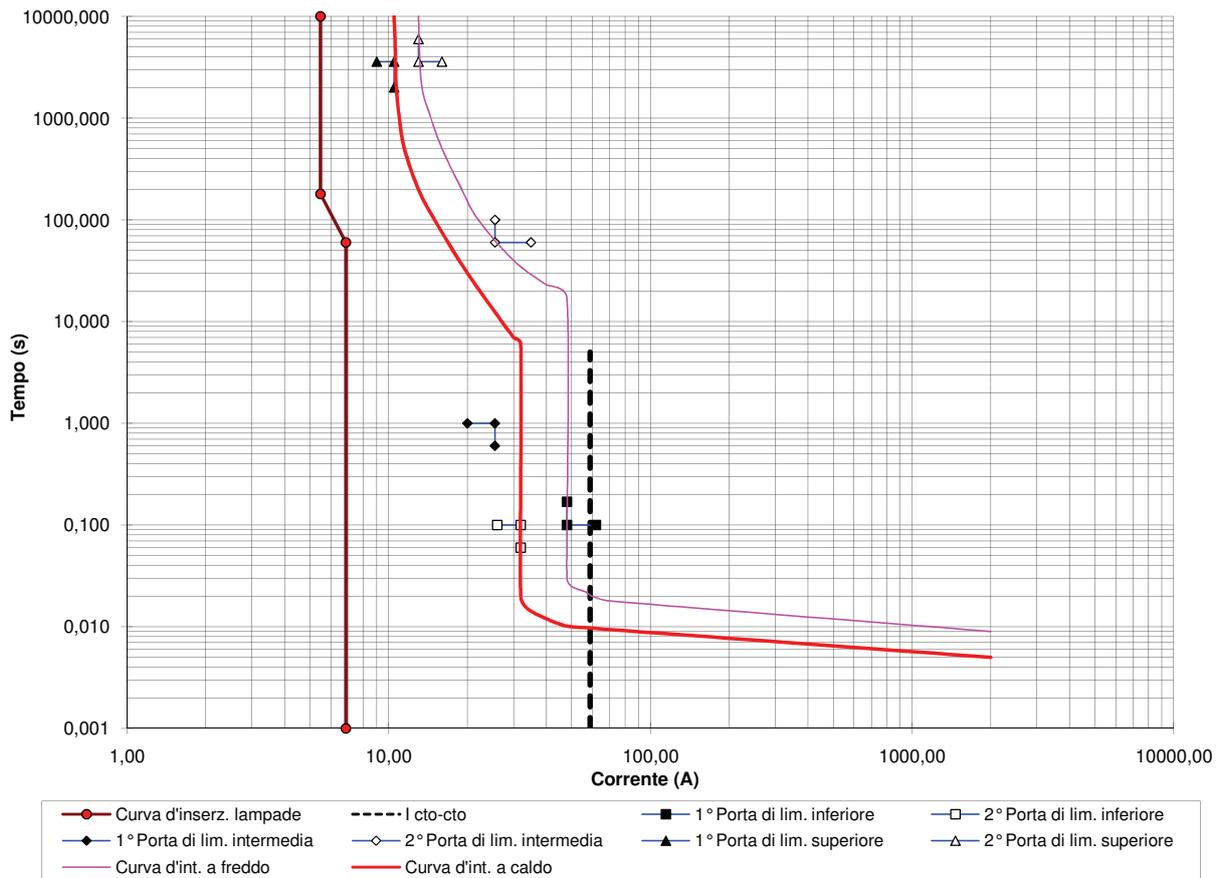
Polivinilcloruro	PVC
Gomma	G
Polietilene reticolato	XLPE
Etilpropilene	EPR

Legenda ()**

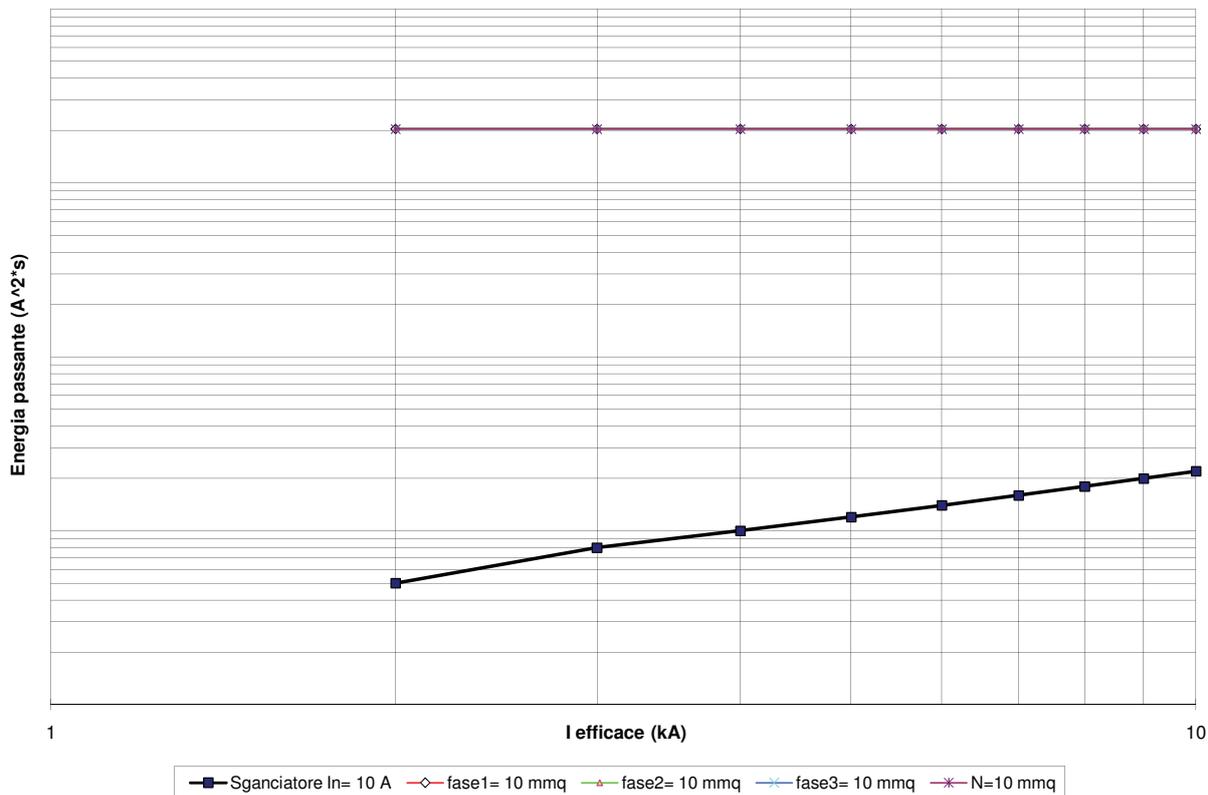
Sodio ad alta pressione	SA
Sodio a bassa pressione	SB
A vapori di mercurio	M
Ad alogenuri metallici	A

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	1136	1136	852	10	10	10	10	0,00	0,00	0,00
1	11	26				10	10	10	10	0,058	0,068	0,028
2	30	56				10	10	10	10	0,215	0,253	0,104
3	45	101				10	10	10	10	0,451	0,530	0,218
4	17	118				10	10	10	10	0,54	0,64	0,26
5	9	127				10	10	10	10	0,59	0,69	0,28
6	12	139				10	10	10	10	0,65	0,76	0,31
7	14	153				10	10	10	10	0,72	0,85	0,35
8	13	166				10	10	10	10	0,79	0,93	0,38
9	19	185				10	10	10	10	0,89	1,05	0,43
10	25	210	284			10	10	10	10	1,02	1,20	0,49
11	29	239				10	10	10	10	1,10	1,39	0,60
12	24	263		284		10	10	10	10	1,17	1,54	0,69
13	25	288				10	10	10	10	1,26	1,63	0,78
14	24	312			284	10	10	10	10	1,35	1,73	0,87
15	32	344				10	10	10	10	1,48	1,88	0,91
16	31	375	284			10	10	10	10	1,60	2,03	0,95
17	31	406				10	10	10	10	1,65	2,19	1,03
18	31	437		284		10	10	10	10	1,69	2,35	1,10
19	31	468				10	10	10	10	1,77	2,43	1,18
20	31	499			284	10	10	10	10	1,85	2,51	1,26
21	31	530				10	10	10	10	1,93	2,62	1,26
22	31	561	284			10	10	10	10	2,02	2,73	1,26
23	31	592				10	10	10	10	2,02	2,85	1,29
24	31	623		284		10	10	10	10	2,03	2,97	1,33
25	31	654				10	10	10	10	2,07	3,01	1,36
26	32	686			284	10	10	10	10	2,11	3,05	1,40
27	31	717				10	10	10	10	2,15	3,12	1,37
28	31	748	284			10	10	10	10	2,20	3,19	1,33
29	31	779				10	10	10	10	2,16	3,27	1,32
30	31	810		284		10	10	10	10	2,13	3,35	1,32
31		810							0	0,00	0,00	0,00
32		810							0	0,00	0,00	0,00
33		810							0	0,00	0,00	0,00
34		810							0	0,00	0,00	0,00
35		810							0	0,00	0,00	0,00
36		810							0	0,00	0,00	0,00
37		810							0	0,00	0,00	0,00
38		810							0	0,00	0,00	0,00
39		810							0	0,00	0,00	0,00
40		810							0	0,00	0,00	0,00
41		810							0	0,00	0,00	0,00
42		810							0	0,00	0,00	0,00
43		810							0	0,00	0,00	0,00
44		810							0	0,00	0,00	0,00
45		810							0	0,00	0,00	0,00
46		810							0	0,00	0,00	0,00
47		810							0	0,00	0,00	0,00
48		810							0	0,00	0,00	0,00
49		810							0	0,00	0,00	0,00
50		810							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 Cabina Panoramica - Circuito C9-10

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
lcc 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)	5,49
IF2 inizio linea (A)	5,49
IF3 inizio linea (A)	4,12
IN inizio linea (A)	1,37
I max inizio linea (A)	5,49
lcc FFF fine linea (A)	114
lcc FF fine linea (A)	99
lcc FN fine linea (A)	58
DV max (%)	3,50
In sganciatore (A)	10
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	A	A	A	A	A
Numero Led / Potenza nominale (W)		60	80	100	120	1000	1000	1000	1000	1000
Potenza totale assorbita (W)		145	190	236	284	1080	1080	1080	10800	1080

Legenda (*)

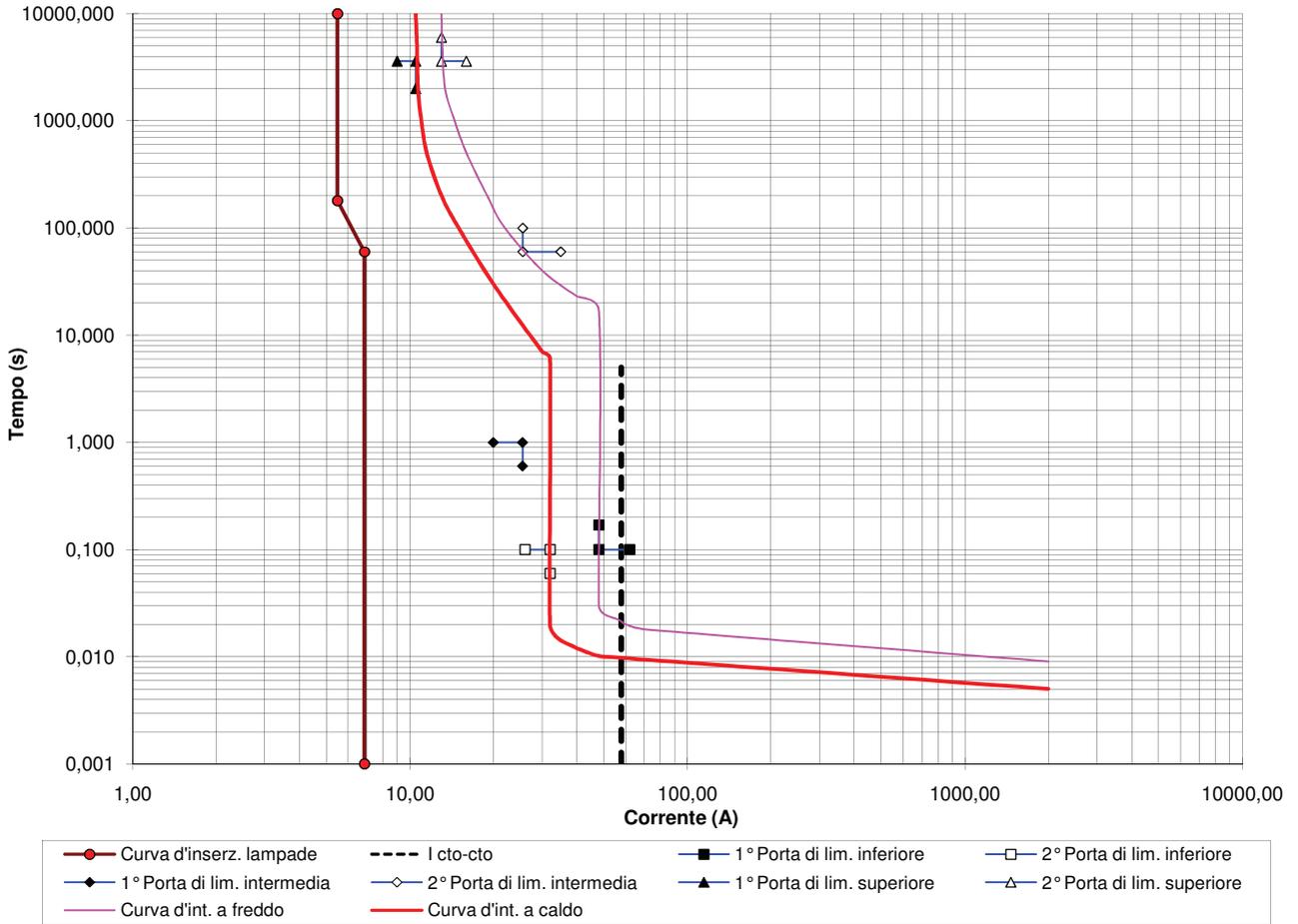
Polivinilcloruro	PVC
Gomma	G
Polietilene reticolato	XLPE
Etilpropilene	EPR

Legenda ()**

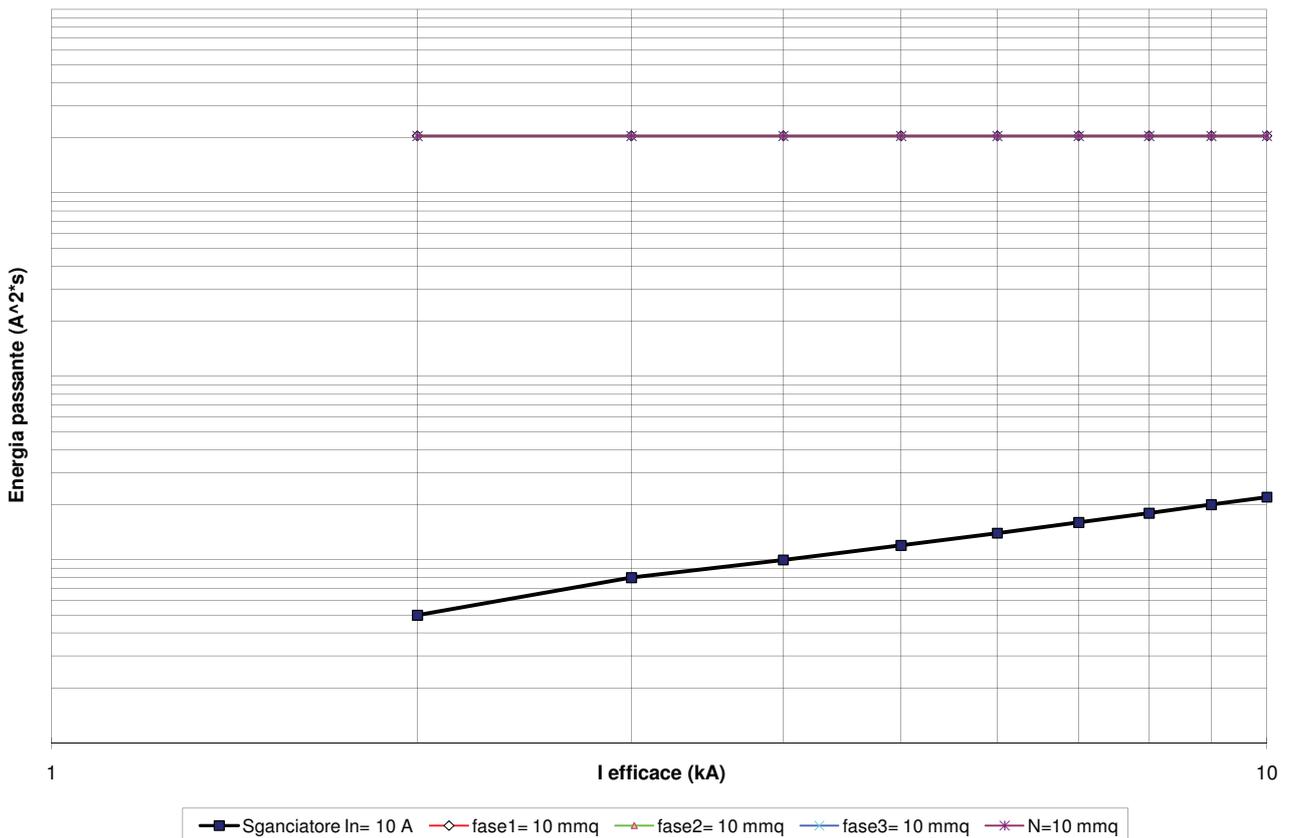
Sodio ad alta pressione	SA
Sodio a bassa pressione	SB
A vapori di mercurio	M
Ad alogenuri metallici	A

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	1136	1136	852	10	10	10	10	0,00	0,00	0,00
1	11	26				10	10	10	10	0,058	0,068	0,028
2	30	56				10	10	10	10	0,215	0,253	0,104
3	45	101				10	10	10	10	0,451	0,530	0,218
4	17	118				10	10	10	10	0,54	0,64	0,26
5	9	127				10	10	10	10	0,59	0,69	0,28
6	12	139				10	10	10	10	0,65	0,76	0,31
7	14	153				10	10	10	10	0,72	0,85	0,35
8	13	166				10	10	10	10	0,79	0,93	0,38
9	45	211				10	10	10	10	1,03	1,21	0,50
10	31	242	284			10	10	10	10	1,19	1,40	0,58
11	31	273				10	10	10	10	1,27	1,60	0,69
12	26	299		284		10	10	10	10	1,34	1,76	0,78
13	22	321				10	10	10	10	1,43	1,85	0,87
14	26	347			284	10	10	10	10	1,53	1,94	0,97
15	28	375				10	10	10	10	1,64	2,08	1,00
16	30	405	284			10	10	10	10	1,76	2,23	1,04
17	31	436				10	10	10	10	1,80	2,39	1,11
18	30	466		284		10	10	10	10	1,84	2,54	1,18
19	30	496				10	10	10	10	1,92	2,61	1,26
20	30	526			284	10	10	10	10	2,00	2,69	1,34
21	30	556				10	10	10	10	2,08	2,80	1,34
22	30	586	284			10	10	10	10	2,16	2,91	1,34
23	30	616				10	10	10	10	2,16	3,02	1,37
24	29	645		284		10	10	10	10	2,17	3,13	1,40
25	30	675				10	10	10	10	2,21	3,17	1,44
26	30	705			284	10	10	10	10	2,25	3,21	1,48
27	30	735				10	10	10	10	2,29	3,28	1,44
28	30	765	284			10	10	10	10	2,33	3,35	1,40
29	30	795				10	10	10	10	2,30	3,43	1,39
30	30	825		284		10	10	10	10	2,27	3,50	1,39
31		825							0	0,00	0,00	0,00
32		825							0	0,00	0,00	0,00
33		825							0	0,00	0,00	0,00
34		825							0	0,00	0,00	0,00
35		825							0	0,00	0,00	0,00
36		825							0	0,00	0,00	0,00
37		825							0	0,00	0,00	0,00
38		825							0	0,00	0,00	0,00
39		825							0	0,00	0,00	0,00
40		825							0	0,00	0,00	0,00
41		825							0	0,00	0,00	0,00
42		825							0	0,00	0,00	0,00
43		825							0	0,00	0,00	0,00
44		825							0	0,00	0,00	0,00
45		825							0	0,00	0,00	0,00
46		825							0	0,00	0,00	0,00
47		825							0	0,00	0,00	0,00
48		825							0	0,00	0,00	0,00
49		825							0	0,00	0,00	0,00
50		825							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 Sicilia.

La rete di media tensione è stata concepita ad anello, facente capo alla sottostazione MT-SS lato Sicilia, 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 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 in PE.

La rete è costituita dalle seguenti linee:

Nome	Lunghezza (m)	N. di cavi per fase	Da nodo	A nodo
L SS-ESA	1785	1	MT-SS CONSEGNA ENEL	CAB ESAZIONE
L ESA-FSRC	315	1	CAB ESAZIONE	CAB FARO SUP RC
L FSRC-FSME	3730	1	CAB FARO SUP RC	CAB FARO SUP ME
L FSME-LFRC	1795	1	CAB FARO SUP ME	CAB LE FOSSE RC
L LFRC-LFME	3035	1	CAB LE FOSSE RC	CAB LE FOSSE ME
L BAL-FOSSE	4495	1	CAB LE FOSSE ME	CAB BALENA
L BAL-PAN	5405	1	CAB BALENA	CAB PANORAMICA
L PAN-SS	1180	1	CAB PANORAMICA	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.

DISTRIBUZIONE CARICHI

I casi di studio considerati 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 delle cabine Faro Superiore per ragioni di emergenza (evento di incendio), associato alla indisponibilità della linea L SS-ESA tra la sottostazione di consegna ENEL MT-SS e la cabina "Esazione".

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 svincolo Panoramica	160	77	77
Fabbricato tecnologico barriera esazione	160	128	128
Cabina lato Reggio C. "Faro Superiore"	1600	816	1080
Cabina lato Messina "Faro Superiore"	1600	834	1143
Cabina lato Reggio C. "Balena"	1600	1004	1004
Cabina lato Reggio C "Le Fosse"	1250	654	654
Cabina lato Messina "Le Fosse"	1250	691	691

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 36 % della I_z
- le cadute di tensione nei nodi di media tensione in caso di funzionamento normale sono contenute entro lo 0.6 %
- le cadute di tensione nei nodi di media tensione in caso di funzionamento in emergenza sono contenute entro il 2.5 %
- 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.

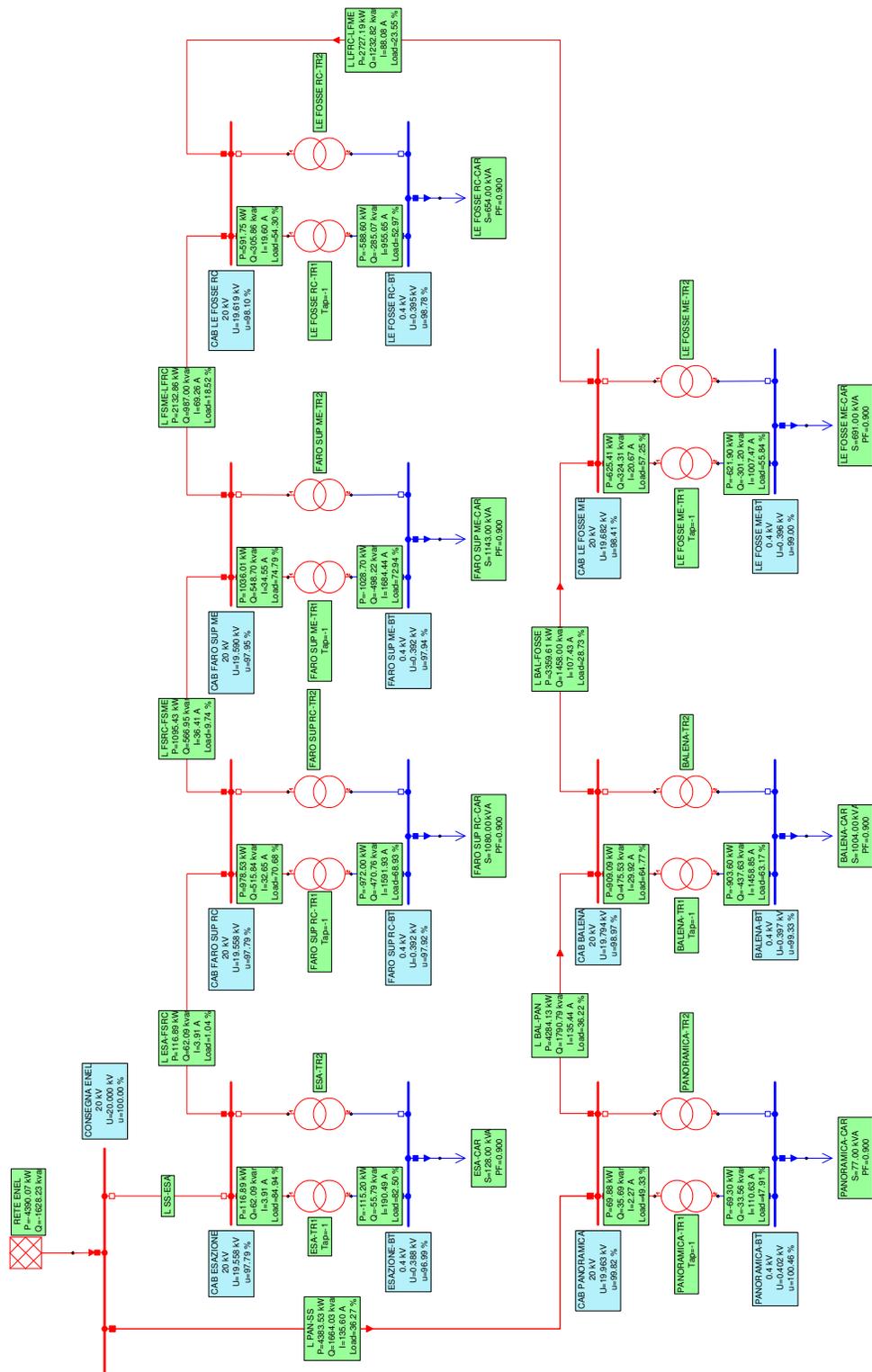


Figura 2 - Condizione di funzionamento in emergenza – Risultati calcolo di load flow

Project:	redefi_Scila_3_inspiri	created	AMLE
		changed	
		deleted	
Version:	Emergenza	changed	
		deleted	
		Date:	05/06/2011
		NEPLAN	
		SNT Ingegneria Srl Via C. Colombo, 108 30091 Baisano del Grappa (VI) www.sntingegneria.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	$I_{k''}(\text{RST})$ (kA)
CONSEGNA ENEL	12.5
CAB ESAZIONE	10.148
CAB FARO SUP RC	9.812
CAB BALENA	6.596
CAB PANORAMICA	10.853
CAB FARO SUP ME	6.989
CAB LE FOSSE ME	4.927
CAB LE FOSSE RC	6.12

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

Linea	S [mm ²]	K	$I_{k'' \text{ max}}$ [kA]	$t_{\text{max}} [\text{s}] = K^2 S^2 / I_{k''}^2$	Verifica $t_{\text{max}} > 1 \text{ s}$
L SS-ESA	185	143	12.5	4.48	Positiva
L FSME-LFRC	185	143	6.989	14.33	Positiva
L FSRC-FSME	185	143	9.812	7.27	Positiva
L ESA-FSRC	185	143	10.148	6.80	Positiva
L BAL-FOSSE	185	143	6.596	16.09	Positiva
L LFRC-LFME	185	143	6.12	18.69	Positiva
L PAN-SS	185	143	12.5	4.48	Positiva
L BAL-PAN	185	143	10.853	5.94	Positiva
L SS-ESA	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					Ps	
					(W)	
Armadi rack					90	
Illuminazione e ausiliari					-	
Valori noti					-	
TOTALE (W)					227	
Totale						
Totale (W)					227	1.842
Coefficiente di maggiorazione (%)					5	5
Totale maggiorato (W)					238	1.934