



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>
---	---	--	--

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI SICILIA	ST0241_F0
<i>Tipo di sistema</i>	STAZIONI – IMPIANTI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	STAZIONE EUROPA	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	GENERALE – IMPIANTI ELETTRICI	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	



CODICE	C	G	0	7	0	0	P	1	R	D	S	I	S	3	S	G	0	0	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20-06-2011	EMISSIONE FINALE	D. RE	M. TACCA	I. BARILLI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

INDICE

INDICE.....	i
Introduzione	1
1 Denominazioni ed abbreviazioni utilizzate	2
2 Leggi e norme di riferimento	3
3 Dati e requisiti di base del progetto	4
4 Dimensionamento apparecchiature di cabina.....	5
5 Dimensionamento linee BT.....	6
5.1 Calcolo delle correnti d'impiego.....	6
5.2 Dimensionamento e verifica a sovraccarico dei cavi.....	7
5.2.1 Generalità.....	7
5.2.2 Modalità di posa	9
5.2.3 Determinazione della portata	15
5.2.3.1 Cavi isolati in PVC ed EPR (CEI-UNEL 35024/1)	15
5.2.3.2 Cavi interrati (CEI-UNEL 35026).....	21
5.2.4 Dimensionamento dei conduttori di neutro.....	24
5.2.5 Dimensionamento dei conduttori di protezione	25
5.2.6 Calcolo della temperatura dei cavi	26
5.3 Cadute di tensione.....	27
5.4 Rifasamento	28
5.5 Calcolo dei guasti	28
5.5.1 Modellizzazione delle apparecchiature in rete	29
5.5.1.1 Trasformatori.....	29
5.5.1.2 Generatori	32
5.5.1.3 Motori asincroni.....	32
5.5.2 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito	34
5.5.3 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito	37
5.6 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture	39
5.6.1 Generalità.....	39
5.6.2 Integrale di Joule	40
5.6.3 Massima lunghezza protetta	41
5.7 Verifica contatti indiretti	42

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

5.7.1	Sistema di distribuzione TN.....	43
5.8	Calcoli dimensionali linee BT.....	44
6	Allegati	44



Introduzione

Nella presente relazione vengono illustrati le modalità ed i risultati dei calcoli eseguiti durante lo sviluppo del progetto definitivo, relativo agli impianti tecnologici da realizzare a servizio della stazione metropolitana di Europa e dei pozzi di ventilazione tipo 1 (standard) e tipo 2 (push-pull), previsti lungo i collegamenti ferroviari lato Sicilia, 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 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 BT.

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

1 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. (690/400/230V)
- 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
- 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

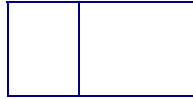
Eventuali altri acronimi potranno essere introdotti solo dopo che siano stati definiti, tra parentesi, accanto alla definizione estesa del proprio significato.



2 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:

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





- Margine di sicurezza portate interruttori: 20%
- Riserva di spazio (o interruttori) sui quadri BT: 20%
- 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 in galleria e nei locali tecnici posati entro canalizzazioni e tubazioni: FG7(O)M1 0.6/1 kV
 - cavi in galleria e nei locali tecnici posati entro canalizzazioni e tubazioni in materiale plastico: NO7G9-K 450/750V
 - cavi relativi a circuiti di sicurezza: FTG10(O)M1 0,6/1 kV CEI 20-45
 - cavi interrati all'aperto posati all'interno di tubazioni in materiale plastico: FG7(O)R 0.6/1 kV
 - cavi relativi a circuiti di sicurezza: FTG10(O)M1 0,6/1 kV CEI 20-45

4 Dimensionamento apparecchiature di cabina

Per quanto concerne i dettagli relativi alle potenze assorbite dai vari Impianti (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 nei locali tecnici, 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).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

5 Dimensionamento linee BT

5.1 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:

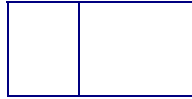
$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos \varphi - j \sin \varphi) \\ \dot{I}_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 2\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) \right) \\ \dot{I}_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi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

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:

$$P_d = P_n \cdot \text{coeff}$$



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:

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

5.2 Dimensionamento e verifica a sovraccarico dei cavi

5.2.1 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 essere coordinato con la condotta in modo da verificare le condizioni:

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

dove:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

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:

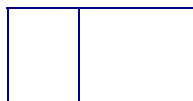
$$I_{z \min} = \frac{I_n}{k_{tot}}$$

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.

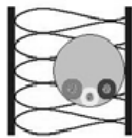
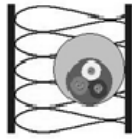

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

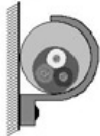


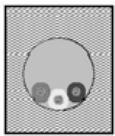
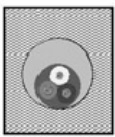
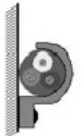

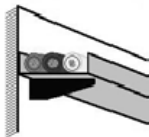
Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

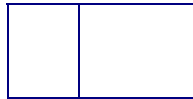
Nei capitoli che seguono sono specificate le modalità di posa contemplate dalla Norma CEI 64-8, le tabelle ricavate dalle norme di cui sopra e i diversi metodi per la determinazione della portata.

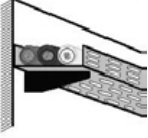
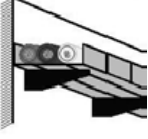
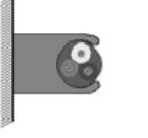



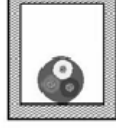
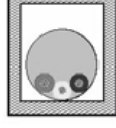
5.2.2 Modalità di posa


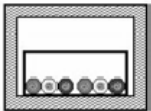
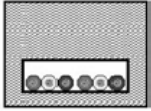
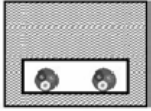
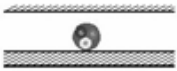
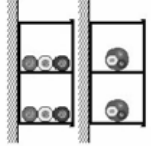
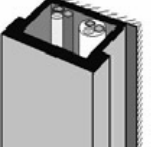
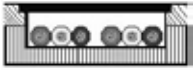
Con riferimento alla norma CEI 64-8/5, le tipologie di installazione previste sono riportate nella tabella seguente:

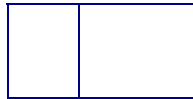
ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	1	cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolati
	2	cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolati
	3	cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti


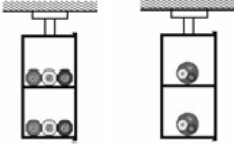

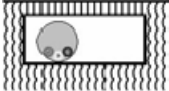
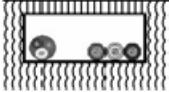
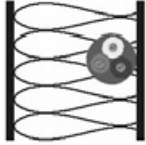
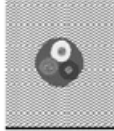
ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	3A	cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti
	4	cavi senza guaina in tubi protettivi non circolari posati su pareti
	4A	cavi multipolari in tubi protettivi non circolari posati su pareti
	5	cavi senza guaina in tubi protettivi annegati nella muratura
	5A	cavi multipolari in tubi protettivi annegati nella muratura
	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

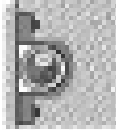
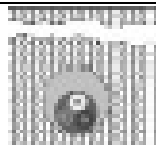
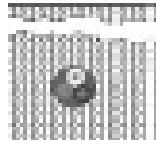
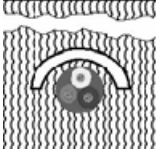
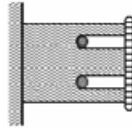




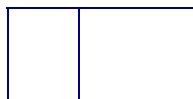
ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	13	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle perforate con percorso orizzontale o verticale
	14	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su mensole
	15	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza 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
	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

ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	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
	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



ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	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
	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

ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	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
	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




ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	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.

5.2.3 Determinazione della portata

5.2.3.1 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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI		<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

sezioni unificate adiacenti) e uniformemente caricati.

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

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

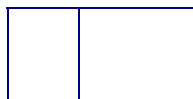
dove n è il numero di cavi che compongono il fascio:

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
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 graffiato 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

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 ($K_2 = 1$).

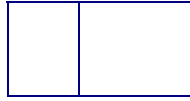
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI		<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

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.



Metodi di install.	Altri tipi di posa della CEI 64-8	Isol.	n° conduttori caricati	Portata [A]																			
				Sezione nominale [mm ²]																			
				1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
cavi in tubo incassato in parete isolante	1-51-71-73- 74	PVC	2	-	14,5	19,5	26	34	46	61	80	99	119	151	182	210	240	273	320	-	-	-	-
			3	-	13,5	18	24	31	42	56	73	89	108	136	164	188	216	245	286	-	-	-	-
cavi in tubo in aria	3-4-5-22-23 24-31-32-33 34-41-42-72	PVC	2	-	19	26	35	45	61	81	106	131	158	200	241	278	318	362	424	-	-	-	-
			3	-	17	23	31	40	54	73	95	117	141	179	216	249	285	324	380	-	-	-	-
cavi in aria libera in posizione non a portata di mano	18	PVC	2	13,5	17,5	24	32	41	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415	-	-	-	-
			3	12	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171	207	239	275	314	369	-	-	-	-
cavi in aria libera a trifoglio	11-12-21-25 43-52-53	EPR	2	17	23	31	42	54	75	100	133	164	198	253	306	354	402	472	555	-	-	-	-
			3	15	20	28	37	48	66	88	117	144	175	222	269	312	355	417	480	-	-	-	-
cavi in aria libera in piano a contatto	13-14-15-16- 17	PVC	2	-	19,5	26	35	46	63	85	110	137	167	216	264	308	356	409	485	561	656	749	855
			3	-	15,5	21	28	36	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415	-	-	-	-
cavi in aria libera distanziati su un piano orizzontale(2)	14-15-16	EPR	2	-	24	33	45	58	80	107	142	175	212	270	327	-	-	-	-	-	-	-	-
			3	-	20	28	37	48	71	96	127	157	190	242	293	-	-	-	-	-	-	-	-
cavi in aria libera distanziati su un piano verticale(2)	13-14-15-16	PVC	2	-	-	-	-	-	-	-	146	181	219	281	341	396	456	521	615	709	821	922	1138
			3	-	-	-	-	-	-	-	146	181	219	281	341	396	456	521	615	709	821	922	1138
cavi in aria libera distanziati su un piano verticale(2)	13-14-15-16	EPR	2	-	-	-	-	-	-	-	182	226	275	353	430	500	577	661	781	902	1085	1253	1454
			3	-	-	-	-	-	-	-	182	226	275	353	430	500	577	661	781	902	1085	1253	1454
cavi in aria libera distanziati su un piano verticale(2)	13-14-15-16	PVC	2	-	-	-	-	-	-	-	130	162	197	254	311	362	419	480	569	659	795	920	1070
			3	-	-	-	-	-	-	-	130	162	197	254	311	362	419	480	569	659	795	920	1070
cavi in aria libera distanziati su un piano verticale(2)	13-14-15-16	EPR	2	-	-	-	-	-	-	-	161	201	246	318	389	454	527	605	719	833	1008	1169	1362
			3	-	-	-	-	-	-	-	161	201	246	318	389	454	527	605	719	833	1008	1169	1362

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

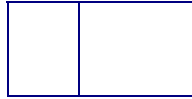
1 PVC: miscela termoplastica a base di polivinilcloruro (temperatura massima del conduttore uguale a 70 °C). EPR: miscela elastomerica reticolata a base di gomma etilpropilenica o similari (temperatura massima del conduttore uguale a 90 °C)

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.

Metod. di install.	Altri tipi di posa della CEI 64-8	Isol.	n° conduttori caricati	Portata [A]																			
				Sezione nominale [mm ²]																			
				1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
cavo in tubo			2	-	14	18,5	25	32	43	57	75	92	110	139	167	192	219	248	291	334	-	-	-
incassato in parete isolante	2-51-73-74	PVC	3	-	13	17,5	23	29	38	52	68	83	99	125	150	172	196	223	261	298	-	-	-
		EPR	2	-	18,5	25	33	42	57	76	99	121	145	183	220	253	290	329	386	442	-	-	-
			3	-	16,5	22	30	38	51	68	89	109	130	164	197	227	259	295	346	398	-	-	-
cavo in tubo	3A-4A-5A-21	PVC	2	13,5	16,5	23	30	38	52	69	90	111	133	168	201	232	269	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 dalla parete/soffitto o su passerella	13-14-15-16-17	PVC	2	15	22	30	40	51	70	94	119	148	180	232	282	328	379	434	514	593	-	-	-
		EPR	3	13,6	18,5	25	34	43	60	80	101	126	153	196	238	276	319	364	430	497	-	-	-
			2	19	26	36	49	63	86	115	149	185	225	289	352	410	473	542	641	741	-	-	-
			3	17	23	32	42	54	75	100	127	158	190	246	296	346	399	456	538	621	-	-	-
cavo in aria libera, fissato alla parete/soffitto	11-11A-52-53-	PVC	2	15	19,5	27	36	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	382	461	530	-	-	-
	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	589	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

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



5.2.3.2 Cavi interrati (CEI-UNEL 35026)

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

In particolare:



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

k_1 è il coefficiente di correzione relativo alla temperatura del terreno

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

k_3 è il coefficiente di correzione relativo alla profondità di interramento

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI		<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<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

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

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



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

Tabella 11 - Influenza della profondità di posa – k_3

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

Tabella 12 - Influenza della resistività termica del terreno – k_4

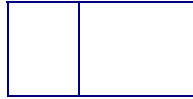
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI		<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

Metod. di install.	Altri tipi di posa della CEI 64-8	Isol.	n° conduttori caricati	Portate [A]																		
				Sezione nominale [mm ²]																		
				1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
cavi unipolari in tubi interati 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	666	759
cavi unipolari in tubo interato	61	PVC	3	23	31	40	49	67	85	110	133	163	198	233	268	304	340	397	448	519	583	
			2	21	27	36	45	61	78	101	123	153	187	222	256	292	328	385				
			3	18	23	30	38	51	66	86	104	129	158	187	216	246	277	325				
cavi multipolari in tubo interato	61	EPR	2	24	32	41	52	70	91	118	144	178	218	258	298	340	383	450	510	595	671	
			3	21	27	35	44	59	77	100	121	150	184	217	251	287	323	379	429	500	565	645
			2	19	25	33	41	56	73	94	115	143	175	208	240	273	307	360				
		EPR	3	16	21	28	35	47	61	79	97	120	148	175	202	231	259	304				
			2	23	30	39	49	66	86	111	136	168	207	245	284	324	364	428				
			3	19	25	32	41	55	72	93	114	141	174	206	238	272	306	360				

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

5.2.4 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 soddisfatte le seguenti condizioni:



- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm^2 ;
- 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 mm^2 se il conduttore è in rame e a 25 mm^2 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 mm^2 (conduttore in rame) e 25 mm^2 (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.

5.2.5 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:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

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:

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

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;

5.2.6 Calcolo della temperatura dei cavi

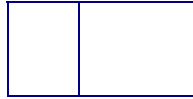
La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

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

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

espresse 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.

5.3 Cadute di tensione

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

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

dove

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

5.4 Rifasamento

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

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

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

Il rifasamento può essere eseguito in due modalità:

- distribuito;
- centralizzato.

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

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

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

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

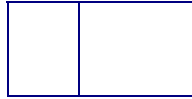
Le correnti nominali e di taratura delle protezioni devono tenere conto (CEI 33-5) che ogni batteria di condensatori può sopportare costantemente un sovraccarico del 30% dovuto alle armoniche; inoltre deve essere ammessa una tolleranza del +15% sul valore reale della capacità dei condensatori. Pertanto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

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

5.5 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);
- 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.

5.5.1 Modellizzazione delle apparecchiature in rete



5.5.1.1 Trasformatori

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

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

Resistenza di cortocircuito del trasformatore espressa in mΩ:

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

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:

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

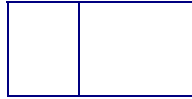
nella quale:

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

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:

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



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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

applicato nel caso di autotrasformatori.

5.5.1.2 Generatori

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

- 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:

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

5.5.1.3 Motori asincroni

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

- U_{rm} tensione nominale del motore [V] (concatenata per motori trifasi, di fase per motori



monofasi collegati fase neutro o fase fase);

- I_{rm} corrente nominale del motore [A];
- S_{rm} potenza elettrica apparente nominale [kVA];
- P numero di coppie polari;
- 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:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI		<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

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:

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

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.

$$R_d = R_M$$

$$X_d = X_M$$

5.5.2 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:

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

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:

$$\begin{aligned} R_{0cavoNeutro} &= R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro} \\ X_{0cavoNeutro} &= 3 \cdot X_{dcavo} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$\begin{aligned} R_{0cavoPE} &= R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE} \\ X_{0cavoPE} &= 3 \cdot X_{dcavo} \end{aligned}$$

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire *sbarra a cavo*.

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

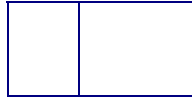
Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

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

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutromin} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

Fase terra:



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

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase $I_{k\max}$, fase neutro $I_{k1Neutr\max}$, fase terra $I_{k1PE\max}$ e bifase $I_{k2\max}$ 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.):

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

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

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

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

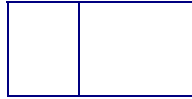
dove:

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

5.5.3 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



5.6 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

5.6.1 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:
 - $I_{ccmin} \leq I_{inters\ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ia);
 - $I_{ccmax} \leq I_{inters\ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ib).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

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

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

5.6.2 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
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

5.6.3 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:

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

Pertanto:

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

dove:

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

5.7 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.



5.7.1 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 differenziale
- Utilizzo di componenti di classe II
- Realizzazione di separazione elettrica con l'uso di trasformatore di isolamento

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

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

dove:

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

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

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

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI	<i>Codice documento</i> ST0241_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

5.8 Calcoli dimensionali linee BT

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

Il software si caratterizza per le seguenti funzioni principali:

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

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

6 Allegati

Gli allegati sono organizzati nei seguenti documenti:

- Allegato 1: Calcoli linee BT a servizio degli impianti meccanici

Quadro:		Tavola:		Impianto: Progetto Impianto Elettrico																	
QUADRO GENERALE IMPIANTI MECCANICI (Q_MEC)		CG0700P6ADSI3SG000 000001B																			
Sigla Arrivo:		Cliente:		Descrizione Quadro:																	
Q_MEC-N -0		PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO		SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE - SETTORE NORMALE																	
Sistema di distribuzione: TN-S		C.d.t. % Max ammessa: 3,52 %		Icc di barriera: 42,4 [kA]																	
C.d.t. % con $I_b \leq C.d.t. \max$		C.d.t. % Max ammessa: 3,52 %		Tensione: 400 [V]																	
Circuito		Apparecchiatura		Corto circuito		Sovraccarico		Test													
Sigla utenza	Sezione [mm ²]	L [m]	C.d.t. % con I_b [%]	Tipo	Distribuzione	I_d [A]	Icc max $\leq P.d.i.$			$I_t^2 \leq K^2 S^2$			I_b	I_r	I_z	$I_r \leq 1,45 I_z$					
							P.d.i. [kA]	Icc max [kA]	I di Int. Prot. [A]	I gt Fondo Linea [A]	FASE	NEUTRO					PROTEZIONE	[A]	[A]	[A]	[A]
								$I_t^2 \max$ Inizio Linea	$K^2 S^2$	$I_t^2 \max$ Inizio Linea	$K^2 S^2$	$I_t^2 \max$ Inizio Linea	$K^2 S^2$	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	
Q_MEC-N -0			0,25	NW25/63 HA	Quadrifilare	0		38,021						1,985	0			0			
Q_MEC-N -1			0,25	NW25/63 HA	Quadrifilare	0		36,799						0	0			0			
Q_MEC-N -2	3(2x1x150)+(1x150)+(1PE120)	65	1,18	NS630H-STR23SE LSI N/2	Quadrifilare	0	41,83	4,057	8,030	460,102,50	2,696,125	460,102,50	2,716,983	446,054,40	405	504	650	605	605	942	SI
Q_MEC-N -3	3(2x1x150)+(1x150)+(1PE120)	70	0,68	NS630H-STR23SE LSI N/2	Quadrifilare	0	41,83	4,057	7,552	460,102,50	2,696,125	460,102,50	2,716,983	446,054,40	184	504	650	605	605	942	SI
Q_MEC-N -4	3(2x1x150)+(1x150)+(1PE120)	80	0,25	NS630H-STR23SE LSI N/2	Quadrifilare	0	41,83	4,057	6,747	460,102,50	2,696,125	460,102,50	2,716,983	446,054,40	0	504	650	605	605	942	SI
Q_MEC-N -5	3(2x1x150)+(1x150)+(1PE120)	55	1,26	NS630H-STR23SE LSI N/2	Quadrifilare	0	41,83	4,057	9,192	460,102,50	2,696,125	460,102,50	2,716,983	446,054,40	501	504	650	605	605	942	SI
Q_MEC-N -6	3(2x1x150)+(1x150)+(1PE120)	65	1,48	NS630H-STR23SE LSI N/2	Quadrifilare	0	41,83	5,071	8,030	460,102,50	2,696,125	460,102,50	2,716,983	446,054,40	514	630	650	756	942	942	SI
Q_MEC-N -7	3(2x1x150)+(1x150)+(1PE120)	35	0,25	NS630H-STR23SE LSI N/2	Quadrifilare	0	41,83	4,057	12,895	460,102,50	2,696,125	460,102,50	2,716,983	446,054,40	0	504	650	605	605	942	SI
Q_MEC-N -8	3(1x120)+(1x70)+(1PE120)	60	1,19	NS250H-22SE LSI N/2	Quadrifilare	0	41,83	1,610	6,407	294,465,60	697,212	100,200,10	701,774	446,054,40	184	200	280	240	240	406	SI

Quadro:		Tavola:		Impianto: Progetto Impianto Elettrico															
QUADRO GENERALE IMPIANTI MECCANICI (Q_MEC)		CG0700P6ADSI3SG000 000001B		DESCRIZIONE QUADRO: SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE - SETTORE CONTINUITA'															
Sigla Arrivo: Q_MEC-C-0		Cliente: PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO		C.d.t. % Max ammessa: 2,7 %		Icc di barratura: 5,42 [kA]		Tensione: 400 [V]											
Sistema di distribuzione: TN-S		C.d.t. % con I _b ≤ C.d.t. max		Corto circuito															
Circuito		Apparecchiatura		Corto circuito															
Lunghezza ≤ Lunghhezza max C.d.t. % con I _b ≤ C.d.t. max		Icc max ≤ P.d.I.		FASE		NEUTRO		PROTEZIONE		Sovraccarico		Test							
Sigla utenza	Sezione	L	C.d.t.% con I _b	Tipo	Distribuzione	I _d	I di Int. Prot.	I gt Fondo Linea	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea	I _b	I _r	I _z	I _r ≤ 1,45 I _z		
[mm ²]	[m]	[m]	[%]			[A]	[A]	[A]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]		
Q_MEC-C-0		---	0,03	NG125N	Quadrifilare	0	256	4.505	---	---	---	---	---	21	32	---	---	SI	
Q_MEC-C-1		---	0,07	C60H+Vigi A	Monofase L1+N	0,03 - A	0,03	3.009	---	---	---	---	---	2.406	10	---	---	SI	
Q_MEC-C-2		---	0,04	C60H+Vigi A	Monofase L2+N	0,03 - A	0,03	3.009	---	---	---	---	---	0.481	10	---	---	SI	
Q_MEC-C-3	1(2x6)+(1PE120)	65	1,06	C60H	Monofase L3+N	0	77	587	11.007	736.164	10.170	736.164	11.007	5.774	10	44	15	64	SI
Q_MEC-C-4	1(2x6)+(1PE120)	70	1,14	C60H	Monofase L1+N	0	77	552	11.007	736.164	10.170	736.164	11.007	5.774	10	44	15	64	SI
Q_MEC-C-5	1(2x6)+(1PE120)	80	1,28	C60H	Monofase L2+N	0	77	492	11.007	736.164	10.170	736.164	11.007	5.774	10	44	15	64	SI
Q_MEC-C-6	1(2x6)+(1PE120)	55	0,92	C60H	Monofase L3+N	0	77	673	11.007	736.164	10.170	736.164	11.007	5.774	10	44	15	64	SI
Q_MEC-C-7	1(2x6)+(1PE120)	65	1,1	C60H	Monofase L1+N	0	77	587	11.007	736.164	10.170	736.164	11.007	5.966	10	44	15	64	SI
Q_MEC-C-8	1(2x6)+(1PE120)	35	0,63	C60H	Monofase L2+N	0	77	950	11.007	736.164	10.170	736.164	11.007	5.774	10	44	15	64	SI

Quadro:		Tavola:		Impianto: Progetto Impianto Elettrico																			
QUADRO VENTILATORI ARIA SOTTOBANCHINA 1 (Q_VE01)		CG0700P6ADSI3SG000 000003B		DESCRIZIONE QUADRO: SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE - SETTORE NORMALE																			
Sigla Arrivo:		Cliente:		C.d.t. % Max ammessa: 3,52 %																			
Q_VE01 -0		PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO		Icc di barra: 23 [kA]																			
Sistema di distribuzione: TN-S				Tensione: 400 [V]																			
Circuito		Apparecchiatura		Corto circuito																			
Lunghezza \leq Lunghhezza max C.d.t. % con $I_b \leq$ C.d.t. max				$I^2t \leq K^2 S^2$																			
Sigla utenza	Sezione [mm ²]	L [m]	L max [m]	C.d.t.% con I_b [%]	Tipo	Distribuzione	I_d [A]	Icc max [kA]	P.d.I. [kA]	I di Int. Prot. [A]	I gt Fondo Linea [A]	FASE		NEUTRO		PROTEZIONE		$I_b \leq I_n \leq I_z$	$I_r \leq 1,45 I_z$	Test			
												I^2t max Inizio Linea [A ² S]	$K^2 S^2$	I^2t max Inizio Linea [A ² S]	$K^2 S^2$	I^2t max Inizio Linea [A ² S]	$K^2 S^2$						
Q_VE01 -0		---	---	1,18	INS630	Quadrifilare	0	23	---	4,057	8,014	---	---	---	---	---	---	405	504	605	---	SI	
Q_VE01 -1	3(1x70)+(1PE35)	70	135	2,05	NS160N-22SE LSI	Tripolare	0	22,94	36	1,178	2,003	466,452	100.200.10 0	---	---	---	309,618	92	128	195	154	283	SI
Q_VE01 -2	3(1x70)+(1PE35)	70	135	2,05	NS160N-22SE LSI	Tripolare	0	22,94	36	1,178	2,003	466,452	100.200.10 0	---	---	---	309,618	92	128	195	154	283	SI
Q_VE01 -3	1(GG1,5)	70	96	1,31	C60L	Monofase L1+N	0	11,47	25	60	81	3,034	46,010	46,010	46,010	46,010	3,034	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_VE01 -4	1(GG1,5)	70	96	1,31	C60L	Monofase L2+N	0	11,47	25	60	81	3,034	46,010	46,010	46,010	46,010	3,034	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_VE01 -5	3(1x70)+(1PE35)	25	135	1,5	NS160N-22SE LSI	Tripolare	0	22,94	36	1,178	3,881	466,452	100.200.10 0	---	---	---	309,618	92	128	195	154	283	SI
Q_VE01 -6	3(1x70)+(1PE35)	25	135	1,5	NS160N-22SE LSI	Tripolare	0	22,94	36	1,178	3,881	466,452	100.200.10 0	---	---	---	309,618	92	128	195	154	283	SI
Q_VE01 -7	1(GG1,5)	25	96	1,23	C60L	Monofase L3+N	0	11,47	25	60	207	3,034	46,010	46,010	46,010	46,010	3,034	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_VE01 -8	1(GG1,5)	25	96	1,23	C60L	Monofase L1+N	0	11,47	25	60	207	3,034	46,010	46,010	46,010	46,010	3,034	0,17	6	18	8,7	26	SI

Quadro:		Tavola:		Impianto: Progetto Impianto Elettrico																			
QUADRO VENTILATORI ARIA SOTTOBANCHINA 2 (Q_VE02)		CG0700P6ADSI3SG000 000006B		DESCRIZIONE QUADRO: SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE - SETTORE NORMALE																			
Sigla Arrivo: Q_VE02 -0		Cliente: PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO		C.d.t. % Max ammessa: 3,52 %				Icc di barratura: 22,19 [kA]				Tensione: 400 [V]											
Sistema di distribuzione: TN-S		C.d.t. % con I _b ≤ C.d.t. max		Corto circuito																			
Sigla utenza	Sezione [mm ²]	L [m]	L max [m]	C.d.t.% con I _b [%]	Tipo	Distribuzione	I _d [A]	Icc max ≤ P.d.I.				I ² t ≤ K ² S ²				Test							
								P.d.I. [kA]	Icc max [kA]	I di Int. Prot. [A]	I gt Fondo Linea [A]	FASE		NEUTRO			PROTEZIONE						
Q_VE02 -0		---	---	0,88	INS630	Quadrifilare	0	---	22,19	4,057	7,538	---	---	---	---	---	---	---					
Q_VE02 -1	3(1x70)+(1PE35)	65	133	1,48	NS160N-22SE LSI	Tripolare	0	36	22,14	1,178	2,082	100.200.10 0	---	---	---	298.428	37.945.600	92	128	195	154	283	SI
Q_VE02 -2	3(1x70)+(1PE35)	65	133	1,48	NS160N-22SE LSI	Tripolare	0	36	22,14	1,178	2,082	100.200.10 0	---	---	---	298.428	37.945.600	92	128	195	154	283	SI
Q_VE02 -3	1(3G1,5)	65	96	0,8	C60H	Monofase L1+N	0	15	10,85	60	87	46,010	1,756	46,010	3,004	3,004	46,010	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_VE02 -4	1(3G1,5)	65	96	0,8	C60H	Monofase L2+N	0	15	10,85	60	87	46,010	1,756	46,010	3,004	3,004	46,010	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_VE02 -5	3(1x70)+(1PE35)	20	133	0,94	NS160N-22SE LSI	Tripolare	0	36	22,14	1,178	4,184	100.200.10 0	---	---	---	298.428	37.945.600	92	128	195	154	283	SI
Q_VE02 -6	3(1x70)+(1PE35)	20	133	0,94	NS160N-22SE LSI	Tripolare	0	36	22,14	1,178	4,184	100.200.10 0	---	---	---	298.428	37.945.600	92	128	195	154	283	SI
Q_VE02 -7	1(3G1,5)	20	96	0,72	C60H	Monofase L3+N	0	15	10,85	60	249	46,010	1,756	46,010	3,004	3,004	46,010	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_VE02 -8	1(3G1,5)	20	96	0,72	C60H	Monofase L1+N	0	15	10,85	60	249	46,010	1,756	46,010	3,004	3,004	46,010	0,17	6	18	8,7	26	SI

Quadro:		Tavola:		Impianto: Progetto Impianto Elettrico																		
QUADRO VENTIL. ARIA SOPRABANCH. BANCHINA E TRANSITO 5 (Q_VE05)		CG0700P6ADSI3SG000 000009B		DESCRIZIONE QUADRO: SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE - SETTORE CONTINUITA'																		
Sigla Arrivo: Q_VE05 -0		Cliente: PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO		C.d.t. % Max ammessa: 2,7 % Icc di barratura: 0,92 [kA] Tensione: 400 [V]																		
Sistema di distribuzione: TN-S		C.d.t. % Max ammessa: 2,7 %		Icc max ≤ P.d.I.																		
Circuito		Apparecchiatura		Corto circuito										Sovraccarico		Test						
Lunghezza ≤ Lunghezza max C.d.t. % con I _b ≤ C.d.t. max				I _t ≤ K ² S ²										I _b ≤ I _n ≤ I _z								
Sigla utenza	Sezione [mm ²]	L [m]	L max [m]	C.d.t.% con I _b [%]	Tipo	Distribuzione	I _d [A]	FASE			NEUTRO			PROTEZIONE			I _b	I _n	I _z	I _f	I _r ≤ 1,45 I _z	
								I _t max Inizio Linea	K ² S ²	I _t max Inizio Linea	K ² S ²	I _t max Inizio Linea	K ² S ²	I _t max Inizio Linea	K ² S ²	I _t max Inizio Linea						K ² S ²
Q_VE05 -0				1,1	I	Monofase L1+N	0	0,92	77	585	[A]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]	
Q_VE05 -1				1,26	C60N+V/gi A	Monofase L1+N	0,03 - A	0,91	0,03	437							2,406	6	8,7	8,7	SI	
Q_VE05 -2				1,13	C60N+V/gi A	Monofase L1+N	0,03 - A	0,91	0,03	437							0,481	6	8,7	8,7	SI	
Q_VE05 -3				1,13	C60N+V/gi A	Monofase L1+N	0,03 - A	0,91	0,03	437							0,481	6	8,7	8,7	SI	
Q_VE05 -4				1,18	C60N+V/gi A	Monofase L1+N	0,03 - A	0,91	0,03	437							1,203	6	8,7	8,7	SI	
Q_VE05 -5	1(3G)	25	935	1,26	C60N+V/gi A	Monofase L1+N	0,03 - A	0,91	0,03	301	1,013	736.164	571	736.164	1,013	736.164	1,203	6	44	8,7	64	SI
Q_VE05 -6				1,11	C60H+V/gi AC	Monofase L1+N	0,03 - AC	0,91	0,03	437							0,192	6	8,7	8,7	SI	
Q_VE05 -7	1(3G1,5)	90	1.066	1,21	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L1+N	0,03	0,69	5,4	48	6	46.010	6	46.010	6	46.010	0,077	2	15	4,2	22	SI
Q_VE05 -8	1(3G1,5)	100	1.066	1,27	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L1+N	0,03	0,69	5,4	45	6	46.010	6	46.010	6	46.010	0,115	2	15	4,2	22	SI

Quadro: QUADRO ARIA PRIMARIA (Q_AP)		Tavola: CG0700P6ADSI3SG000 000004B		Impianto: Progetto Impianto Elettrico																							
Sigla Arrivo: Q_AP-0		Cliente: PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO		Descrizione Quadro: SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE - SETTORE NORMALE																							
Sistema di distribuzione: TN-S				C.d.t. % Max ammessa: 3,52 %			Icc di barratura: 13,36 [kA]			Tensione: 400 [V]																	
Circuito		Apparecchiatura		Corto circuito										Sovraccarico		Test											
Lunghezza \leq Lunghezza max C.d.t. % con $l_b \leq$ C.d.t. max				I ² t \leq K ² S ²										$l_b \leq l_n \leq l_z$		$l_r \leq 1,45 l_z$											
Sigla utenza	Sezione	L [m]	L max	C.d.t.% con l_b	Tipo	Distribuzione	l_d	P.d.I.	Icc max	i di Int. Prot.	Igt Fondo Linea	FASE			NEUTRO			PROTEZIONE			l_b	l_n	l_z	l_r	$1,45 l_z$		
	[mm ²]	[m]	[m]	[%]			[A]	[kA]	[kA]	[A]	[A]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]	
Q_AP-0		---	---	1,4	INS250	Quadrifilare	0	---	13,36	1,811	5,840	---	---	---	---	---	---	---	---	---	178	225	---	270	---	SI	
Q_AP-1	4(1x70)+(1PE35)	30	100	1,97	NS250N-22SE LSI IN/2	Quadrifilare	0	36	13,3	1,409	3,013	100,200,100 0	246,350	100,200,100 0	413,797	37,945,600	135	175	195	210	283	---	---	---	---	---	SI
Q_AP-2	1(3G2,5)	25	124	1,48	C60H+Vigi A	Monofase L1+N	0,03 - A	30	8,25	0,03	356	127,806	9,208	127,806	11,072	127,806	0,511	10	25	15	37	---	---	---	---	---	SI
Q_AP-3	1(3G1,5)	2	75	1,44	C60H+Vigi A	Monofase L2+N	0,03 - A	30	8,25	0,03	1,560	46,010	9,208	46,010	11,072	46,010	1,189	10	18	15	26	---	---	---	---	---	SI
Q_AP-4	1(3G1,5)	65	75	2,04	C60H+Vigi A	Monofase L3+N	0,03 - A	30	8,25	0,03	90	46,010	9,208	46,010	11,072	46,010	1,019	10	18	15	26	---	---	---	---	---	SI
Q_AP-5		---	---	1,41	NS160N-22GE LSI 4r	Quadrifilare	0	36	13,3	285	5,721	---	---	---	---	---	25	100	---	120	---	---	---	---	---	---	SI
Q_AP-6	1(4G6)	15	89	1,88	NG125N	Tripolare	0	25	12,96	256	1,233	736,164	---	---	25,093	736,164	14	32	38	46	55	---	---	---	---	---	SI
Q_AP-7	1(4G6)	15	115	1,61	NG125N	Tripolare	0	25	12,96	200	1,216	736,164	---	---	16,541	736,164	10	25	38	36	55	---	---	---	---	---	SI
Q_AP-8	1(4G1,5)	15	125	1,72	C60H	Monofase L1+N	0	15	8,25	45	310	46,010	1,585	46,010	2,853	46,010	1,37	6	18	8,7	26	---	---	---	---	---	SI

Quadro:		Tavola:		Impianto: Progetto Impianto Elettrico																				
QUADRO SERVIZI CENTRALE ANTINCENDIO (Q_SI)		CG0700P6ADSI3SG000 000002B																						
Sigla Arrivo:		Cliente:		Descrizione Quadro:																				
Q_S1C-0		PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO		SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE - SETTORE CONTINUITA'																				
Sistema di distribuzione: TN-S				C.d.t. % Max ammessa: 2,89 %					Icc di barratura: 0,75 [kA]					Tensione: 400 [V]										
Circuito		Apparecchiatura		Corto circuito										Sovraccarico					Test					
Lunghezza ≤ Lunghezza max C.d.t. % con $I_b \leq C.d.t. \max$				$I_{cc} \max \leq P.d.I.$										$I^2 t \leq K^2 S^2$										
Sigla utenza	Sezione	L	L max	C.d.t.% con I_b	Tipo	Distribuzione	I_d	P.d.I.	Icc max	I di Int. Prot.	I gt Fondo Linea	$I^2 t \max$ Inizio Linea	$K^2 S^2$	FASE	NEUTRO	PROTEZIONE	$I^2 t \max$ Inizio Linea	$K^2 S^2$	I_b	I_n	I_z	I_r	$I_{r, 1.45 I_z}$	
[mm ²]	[mm ²]	[m]	[m]	[%]			[A]	[kA]	[kA]	[A]	[A]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]
Q_S1C-0		---	---	0,79	I	Monofase L1+N	0	---	0,75	77	481	---	---	---	---	---	---	---	3,522	10	---	15	---	SI
Q_S1C-1		---	---	0,95	C60N+Vigi A	Monofase L1+N	0,03 - A	20	0,75	0,03	376	---	---	---	---	---	---	---	2,406	6	---	8,7	---	SI
Q_S1C-2		---	---	0,85	C60N+Vigi A	Monofase L1+N	0,03 - A	20	0,75	0,03	376	---	---	---	---	---	---	---	0,962	6	---	8,7	---	SI
Q_S1C-3		---	---	0,79	C60N+Vigi A	Monofase L1+N	0,03 - A	20	0,75	0,03	376	---	---	---	---	---	---	---	0	6	---	8,7	---	SI
Q_S1C-4		---	---	0,8	C60H+Vigi AC	Monofase L1+N	0,03 - AC	30	0,75	0,03	376	---	---	---	---	---	---	---	0,154	6	---	8,7	---	SI
Q_S1C-5	1(3G1,5)	15	1.061	0,82	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L1+N	0,03	50	0,59	5,4	117	6	46.010	6	46.010	6	46.010	6	0,038	2	15	4,2	22	SI
Q_S1C-6	1(3G1,5)	15	1.061	0,82	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L1+N	0,03	50	0,59	5,4	117	6	46.010	6	46.010	6	46.010	6	0,038	2	15	4,2	22	SI
Q_S1C-7	1(3G1,5)	15	1.061	0,82	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L1+N	0,03	50	0,59	5,4	117	6	46.010	6	46.010	6	46.010	6	0,038	2	15	4,2	22	SI
Q_S1C-8	1(3G1,5)	15	1.061	0,82	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L1+N	0,03	50	0,59	5,4	117	6	46.010	6	46.010	6	46.010	6	0,038	2	15	4,2	22	SI

Quadro:		Tavola:		Impianto: Progetto Impianto Elettrico																								
TIPICO QUADRO VENTILATORI ARIA POZZO PUSH/PULL (Q_PP)		CG0700P6ADSI00G000 000003B		DESCRIZIONE QUADRO: SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE - SETTORE NORMALE 400V																								
Sigla Arrivo: Q_PP 400V -0		Cliente: PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO		C.d.t. % Max ammessa: 4 %				Icc di barratura: 0,14 [kA]				Tensione: 690/400 [V]																
Sistema di distribuzione: TN-S				Corto circuito																								
Circuito		Apparecchiatura		I ² t ≤ K ² S ²												Sovraccarico		Test										
Sigla utenza	Sezione [mm ²]	L [m]	L max	C.d.t.% con I _b	Tipo	Distribuzione	I _d [A]	P.d.l. [kA]	Icc max [kA]	I di Int. Prot. [A]	I _{gt} Fondo Linea [A]	FASE			NEUTRO			PROTEZIONE			I _b	I _r	I _r ≤ 1,45 I _z	I _r ≤ 1,45 I _z				
												I ² t max Inizio Linea [A ² s]	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea [A ² s]	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea [A ² s]	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea [A ² s]	K ² S ²	I _b					I _r	I _r ≤ 1,45 I _z		
Q_PP 400V - 0				0,05	NG125L	Quadrifilare	0	50	0,14	64	116										13	16	23				SI	
Q_PP 400V - 1	1(3G1,5)	15	53	0,08	C60H	Monofase L1+N	0	15	0,14	60	91	160	46,010	145	46,010	160	46,010	160	46,010	160	0,17	6	18	8,7	26	26		SI
Q_PP 400V - 2	1(3G1,5)	15	53	0,08	C60H	Monofase L2+N	0	15	0,14	60	91	160	46,010	145	46,010	160	46,010	160	46,010	160	0,17	6	18	8,7	26	26		SI
Q_PP 400V - 3	1(3G1,5)	15	53	0,08	C60H	Monofase L3+N	0	15	0,14	60	91	160	46,010	145	46,010	160	46,010	160	46,010	160	0,17	6	18	8,7	26	26		SI
Q_PP 400V - 4	1(3G1,5)	15	53	0,08	C60H	Monofase L1+N	0	15	0,14	60	91	160	46,010	145	46,010	160	46,010	160	46,010	160	0,17	6	18	8,7	26	26		SI
Q_PP 400V - 5	1(3G1,5)	25	53	0,1	C60H	Monofase L2+N	0	15	0,14	60	80	160	46,010	145	46,010	160	46,010	160	46,010	160	0,17	6	18	8,7	26	26		SI
Q_PP 400V - 6	1(3G1,5)	25	53	0,1	C60H	Monofase L3+N	0	15	0,14	60	80	160	46,010	145	46,010	160	46,010	160	46,010	160	0,17	6	18	8,7	26	26		SI
Q_PP 400V - 7	1(3G1,5)	25	53	0,1	C60H	Monofase L1+N	0	15	0,14	60	80	160	46,010	145	46,010	160	46,010	160	46,010	160	0,17	6	18	8,7	26	26		SI
Q_PP 400V - 8	1(3G1,5)	25	53	0,1	C60H	Monofase L2+N	0	15	0,14	60	80	160	46,010	145	46,010	160	46,010	160	46,010	160	0,17	6	18	8,7	26	26		SI

Quadro:		Tavola:		Impianto: Progetto Impianto Elettrico																	
TIPOICO QUADRO VENTILATORI ARIA POZZO PUSH/PULL (Q_PP)		CG0700P6ADSI00G000 000003B		DESCRIZIONE QUADRO: SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE - SETTORE CONTINUITA' 230V																	
Sigla Arrivo: Q_PP 230V-C -0		Cliente: PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO		C.d.t. % Max ammessa: 4 %		Icc di barratura: 0,14 [kA]		Tensione: 690/400 [V]													
Sistema di distribuzione: TN-S																					
Circuito		Apparecchiatura		Corto circuito																	
Lunghezza ≤ Lunghezza max C.d.t. % con $l_b \leq C.d.t. \max$				Icc max ≤ P.d.I.		I ² t ≤ K ² S ²															
Sigla utenza	Sezione	L	L max	C.d.t.% con l_b	Tipo	Distribuzione	I_d	I _{gt} Fondo Linea	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	FASE	NEUTRO	PROTEZIONE	Sovraccarico	Test				
	[mm ²]	[m]	[m]	[%]			[A]	[A]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	$l_b \leq l_n \leq l_z$	$l_f \leq 1,45 l_z$				
Q_PP 230V-C-0		---	---	0,38	C60H	Monofase L3+N	0	112	---	---	---	---	---	---	---	9,141	10	15	---	SI	
Q_PP 230V-C-1		---	---	0,42	C60H+Vigi A	Monofase L3+N	0,03 - A	111	---	---	---	---	---	---	---	2,406	10	15	---	SI	
Q_PP 230V-C-2		---	---	0,41	C60H+Vigi A	Monofase L3+N	0,03 - A	107	---	---	---	---	---	---	---	0,481	6	8,7	---	SI	
Q_PP 230V-C-3		---	---	0,41	C60H+Vigi A	Monofase L3+N	0,03 - A	107	---	---	---	---	---	---	---	0,481	6	8,7	---	SI	
Q_PP 230V-C-4		---	---	0,4	C60H+Vigi A	Monofase L3+N	0,03 - A	111	---	---	---	---	---	---	---	1,203	10	15	---	SI	
Q_PP 230V-C-5	1(3)2(5)	15	492	0,57	C60N+Vigi A	Monofase L3+N	0,03 - A	95	151	127,806	131	127,806	151	127,806	151	127,806	6	25	8,7	37	SI
Q_PP 230V-C-6	1(3)2(5)	15	408	0,61	C60N+Vigi A	Monofase L3+N	0,03 - A	95	151	127,806	131	127,806	151	127,806	151	127,806	6	25	8,7	37	SI
Q_PP 230V-C-7	1(3)2(5)	15	408	0,61	C60N+Vigi A	Monofase L3+N	0,03 - A	95	151	127,806	131	127,806	151	127,806	151	127,806	6	25	8,7	37	SI
Q_PP 230V-C-8	1(3)2(5)	25	752	0,63	C60N+Vigi A	Monofase L3+N	0,03 - A	78	151	46,010	131	46,010	151	46,010	151	46,010	6	18	8,7	26	SI

Quadro:		Tavola:		Impianto: Progetto Impianto Elettrico																				
TIPOICO QUADRO VENTILATORI ARIA POZZO STANDARD (Q_PS)		CG0700P6ADSI00G000 000004B		SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE - SETTORE NORMALE 400V																				
Sigla Arrivo: Q_PS 400V -0		Cliente: PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO		Descrizione Quadro:																				
Sistema di distribuzione: TN-S				C.d.t. % Max ammessa: 4 %		Icc di barratura: 0,14 [kA]		Tensione: 690/400 [V]				Test												
Circuito		Apparecchiatura		Corto circuito										Sovraccarico										
Lunghezza \leq Lunghezza max C.d.t. % con $l_b \leq$ C.d.t. max				Icc max \leq P.d.l.				$I^2t \leq K^2S^2$				$l_b \leq l_n \leq l_z$		$l_r \leq 1,45 l_z$										
Sigla utenza	Sezione	L	L max	C.d.t.% con l_b	Tipo	Distribuzione	l_d	P.d.l.	Icc max	I di Int. Prot.	Igt Fondo Linea	FASE		NEUTRO		PROTEZIONE		l_b	l_n	l_z	l_r	$1,45 l_z$		
	[mm ²]	[m]	[m]	[%]			[A]	[kA]	[kA]	[A]	[A]	I^2t max Inizio Linea	K^2S^2	I^2t max Inizio Linea	K^2S^2	I^2t max Inizio Linea	K^2S^2	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]
Q_PS 400V - 0		---	---	0,05	NG125L	Quadrifilare	0	50	0,14	64	116	---	---	---	---	---	---	---	13	16	---	23	---	
Q_PS 400V - 1	1(3G1,5)	15	53	0,08	C60H	Monofase L1+N	0	15	0,14	60	91	160	46.010	145	46.010	160	46.010	160	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_PS 400V - 2	1(3G1,5)	15	53	0,08	C60H	Monofase L2+N	0	15	0,14	60	91	160	46.010	145	46.010	160	46.010	160	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_PS 400V - 3	1(3G1,5)	15	53	0,08	C60H	Monofase L3+N	0	15	0,14	60	91	160	46.010	145	46.010	160	46.010	160	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_PS 400V - 4	1(3G1,5)	15	53	0,08	C60H	Monofase L1+N	0	15	0,14	60	91	160	46.010	145	46.010	160	46.010	160	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_PS 400V - 5	1(3G1,5)	25	53	0,1	C60H	Monofase L2+N	0	15	0,14	60	80	160	46.010	145	46.010	160	46.010	160	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_PS 400V - 6	1(3G1,5)	25	53	0,1	C60H	Monofase L3+N	0	15	0,14	60	80	160	46.010	145	46.010	160	46.010	160	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_PS 400V - 7	1(3G1,5)	25	53	0,1	C60H	Monofase L1+N	0	15	0,14	60	80	160	46.010	145	46.010	160	46.010	160	0,17	6	18	8,7	26	SI
Q_PS 400V - 8	1(3G1,5)	25	53	0,1	C60H	Monofase L2+N	0	15	0,14	60	80	160	46.010	145	46.010	160	46.010	160	0,17	6	18	8,7	26	SI

