

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTO 1- RADDOPPIO RIPALTA - LESINA

SSE RIPALTA
Relazione di calcolo linee elettriche BT SSE

L'Appaltatore
COMPAT S.c.a.r.l.
Il Direttore Tecnico
(Ing. Gianguido Babini)

I progettisti (il Direttore della progettazione)

data firma data firma



COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I 0 7	0 1	E	Z Z	C L	S E 0 0 0 0	0 0 4	B	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	PRIMA EMISSIONE	A. Falasca	Ottobre 2021	G. Filippucci	Ottobre 2021	F. Nicchiarelli	Ottobre 2021	T. Pelella Aprile 2022
B	Revisione a seguito RDV-0035	A. Falasca	Aprile 2022	G. Filippucci	Aprile 2022	F. Nicchiarelli	Aprile 2022	



File: LI0701EZZCLSE0000004B.DOCX n. Elab.

INDICE

1	PREMESSA	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
2.1	LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI	5
2.2	NORME CEI	5
2.3	SPECIFICHE TECNICHE RFI	7
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
3.1	ELABORATI DI PROGETTO	8
4	CRITERI PROGETTUALI	9
5	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI CAVI E DISPOSITIVI DI PROTEZIONE IN C.A.	10
5.1	CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO	10
5.2	DIMENSIONAMENTO DEI CAVI	11
5.3	INTEGRALE DI JOULE	12
5.4	CADUTE DI TENSIONE	14
5.5	DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO	15
5.6	DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE	16
5.7	CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI	17
5.8	CALCOLO DEI GUASTI	17
5.8.1	<i>Calcolo delle correnti massime di cortocircuito</i>	<i>17</i>
5.8.2	<i>Calcolo delle correnti minime di cortocircuito</i>	<i>20</i>
5.9	SCELTA DELLE PROTEZIONI	21
5.10	VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE	21
5.11	VERIFICA DI SELETTIVITÀ	22
5.12	MASSIMA LUNGHEZZA PROTETTA	23
5.13	VERIFICA DEI CONTATTI INDIRETTI	24
5.14	CONCLUSIONI SUL DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEI CAVI E PROTEZIONI	25
6	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI CAVI E DISPOSITIVI DI PROTEZIONE IN C.C.	26

SSE RIPALTA

Relazione di calcolo linee elettriche BT SSE

COMMESSA
LI07

LOTTO
01

CODIFICA
EZZ CL

DOCUMENTO
SE 0000 004

REV.
B

FOGLIO
3 di 32

6.1	CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE	26
6.2	CALCOLO DELLA CORRENTE DI CORTO CIRCUITO	26
6.3	PROTEZIONE DA CONTATTI ACCIDENTALI LATO C.C.....	26
7	DESCRIZIONI IMPIANTI BT DI SSE	28
8	VERIFICA DIMENSIONAMENTO IMPIANTI BT	29
8.1	VERIFICA DIMENSIONAMENTO QBT-GEN FABBRICATO CONSEGNA.....	30
8.2	VERIFICA DIMENSIONAMENTO QSACA.....	31
8.3	VERIFICA DIMENSIONAMENTO QBT-CA LOCALE MT.....	32
8.4	VERIFICA DIMENSIONAMENTO QBT-CA FABBRICATO CONSEGNA	32

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici riguardanti la "Progettazione Esecutiva del Raddoppio della Linea Ferroviaria Pescara-Bari nella tratto Termoli-Lesina", in relazione agli interventi di potenziamento delle infrastrutture nazionali previste dalla legge n. 443/2001. Oggetto della presente relazione è l'esposizione di tutti i criteri generali, le ipotesi alla base delle analisi e verifiche effettuate e la descrizione dei criteri progettuali impiegati per il dimensionamento delle linee elettriche BT.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli impianti descritti nel presente, nonché tutta la documentazione progettuale implicitamente od esplicitamente richiamata nel prosieguo, dovranno essere conforme alle prescrizioni richiamate nelle:

- Leggi e Decreti Ministeriali dello Stato cogenti;
- Normative CEI, UNI;
- Prescrizioni dell'Ente distributore;
- Specifiche tecniche RFI;

nella loro edizione più recente, delle quali di seguito si elencano le principali.

Per tutto quanto non esplicitamente indicato, dovranno in ogni caso essere sempre adottate tutte le indicazioni normative, di legge e tutti gli standard atti a garantire la realizzazione del sistema a regola d'arte e nel rispetto della sicurezza.

2.1 Leggi, Decreti e Circolari

- D.Lgs. 09/04/08 n.81: Testo Unico sulla sicurezza
- DM. 37 del 22/01/08: Sicurezza degli impianti elettrici, regole per la progettazione e realizzazione, ambiti di competenze professionali
- L.186 del 1/3/1968: Realizzazioni e costruzioni a regola d'arte per materiali, apparecchiature, impianti elettrici
- D.Lgs. 16/06/2017 n.106: Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n.305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE
- REGOLAMENTO (UE) n.1301/2014 del 18 novembre 2014, relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "Energia" del sistema ferroviario dell'Unione europea - aggiornato conformemente ai regolamenti di esecuzione pubblicati nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, numero L139, del 27 maggio 2019

2.2 Norme CEI

- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici"
- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo
- CEI 11-25: Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata
- CEI 11-28: Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione
- CEI 14-7: Marcatura dei terminali dei trasformatori di potenza
- CEI EN 60076-11: Trasformatori di potenza - Parte 11 - Trasformatori di tipo a secco
- CEI EN 61558-1: Sicurezza dei trasformatori, delle unità di alimentazione, dei reattori e prodotti similari. Parte 1: Prescrizioni generali e prove
- CEI 20-22: Prove di incendio su cavi elettrici - Parte 2 - Prova di non propagazione di incendio
- CEI 20-36: Prove di resistenza al fuoco per cavi elettrici in condizioni di incendio - Integrità del circuito

- CEI 20-38: Cavi senza alogeni isolati in gomma, non propaganti l'incendio, per tensioni nominali U0/U non superiori a 0,6/1 KV
- CEI 20-45: Cavi resistenti al fuoco isolati con mescola elastomerica con tensione nominale Uo/U non superiore a 0,6/1 Kv
- CEI 20-45 V2: Cavi per energia isolati in gomma elastomerica ad alto modulo di qualità G18, sotto guaina termoplastica o elastomerica, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco rispondenti al regolamento dei prodotti da costruzione (CPR) - Cavi con caratteristiche aggiuntive di resistenza al fuoco con tensione nominale Uo/U non superiore a 0,6/1 kV
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua
- CEI 64-8 V4: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua – integrazione articoli sezione 527 e sezione 721 ai fini della realizzazione di impianti elettrici destinati ad essere incorporati in modo permanente in opere di costruzione o in parti di esse così come definite all'articolo 2 comma 3 del Regolamento UE 305/2011
- CEI EN 61386-1: Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche - Parte 1 - Prescrizioni generali
- CEI EN 61386-24: Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche - Parte 24 - Sistemi di tubi interrati
- CEI EN 50110 (CEI 11-48): Esercizio degli impianti elettrici - Parte 1- Prescrizioni generali
- CEI EN 50267-1: Metodi di prova comuni per cavi in condizione di incendio - Prove sui gas emessi durante la combustione dei materiali prelevati dai cavi:
 - Parte 2-1: Procedure di prova - Determinazione della quantità di acido alogenidrico gassoso
 - Parte 2-2: Procedure di prova - Determinazione del grado di acidità (corrosività) dei gas dei materiali mediante la misura del pH e della conduttività
 - Parte 2-3: Procedura di prova - Determinazione del grado di acidità (corrosività) dei gas dei cavi mediante il calcolo della media ponderata del pH e della conduttività
- CEI EN 50522: Messa a terra degli impianti elettrici e tensione superiore a 1kV in c.a.
- CEI EN 50575: Cavi di energia, comando e comunicazioni - Cavi per applicazioni generali nei lavori di costruzione soggetti a prescrizioni di reazione al fuoco
- CEI EN 60099-4 (CEI 37-2): Scaricatori ad ossido metallico senza spinterometri per reti elettriche a corrente alternata
- CEI EN 60332: Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni di incendio
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione dei morsetti degli apparecchi, delle estremità di conduttori e dei conduttori
- CEI EN 60447 (CEI 16-5): Principi di base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina marcatura e identificazione - Principi di manovra
- CEI EN 60694/A1/A2 (CEI 17-21 V1): Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione
- CEI EN 60947-1 (CEI 26-13): Apparecchiature a bassa tensione - Parte 1 - Regole generali
- CEI EN 60947-2 (CEI 17-5): Apparecchiature a bassa tensione - Parte 2 - Interruttori automatici

- CEI EN 60947-3 (CEI 17-11): Apparecchiatura a bassa tensione - Parte 3 - Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili
- CEI EN60898-1: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari - Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
- CEI EN60898-2: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari - Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua
- CEI EN 60947-3/A1 (CEI 17-11 V1): Apparecchiatura a bassa tensione - Parte 3 - Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili
- CEI EN 61082-1 (CEI 3-36): Preparazione di documenti utilizzati in elettrotecnica – Regole Generali
- CEI EN 61310-3 (CEI 44-12): Sicurezza del macchinario - Indicazione, marcatura e manovra - Prescrizioni per il posizionamento e il senso di manovra degli attuatori
- CEI EN 61439-1: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Regole generali
- CEI EN 61439-2: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Quadri di Potenza
- CEI EN 61936-1 (CEI 99-2): Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Prescrizioni comuni
-
- CEI UNEL 35023: Cavi di energia per tensione nominale 1 kV - Cadute di tensione
- CEI UNEL 35024-1: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
- CEI UNEL 35024-2: 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

2.3 Specifiche Tecniche RFI

- RFI DTC ST E SP IFS LF 650 A: Istruzione tecnica per la fornitura e l'impiego dei cavi negli impianti ferroviari del settore energia
- RFI DTC ST E SP IFS ES 728 B: Sicurezza elettrica e protezione contro le sovratensioni per gli impianti elettrici ferroviari in bassa tensione

SSE RIPALTA

Relazione di calcolo linee elettriche BT SSE

COMMESSA
LI07

LOTTO
01

CODIFICA
EZZ CL

DOCUMENTO
SE 0000 004

REV.
B

FOGLIO
8 di 32

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Elaborati di progetto

Gli impianti dovranno essere realizzati secondo quanto riportato nella presente Relazione Tecnica e negli ulteriori elaborati di Progetto Esecutivo sotto riportati, ai quali si farà riferimento esplicito od implicito nel presente documento:

LI0701EZZROSE0000001	SSE Ripalta - Relazione generale degli interventi SSE / telecomando dote
LI0701EZZDXSE0000001	SSE Ripalta - Schema Elettrico Generale
LI0701EZZPXSE0000002	SSE Ripalta - Schema unifilare quadro SACA e SACC
LI0701EZZTTSE0000002	SSE Ripalta - Tabella cavi
LI0701EZZDXSE0000003	SSE Ripalta - Schema elettrico e viste Trasformatore di isolamento
LI0701EZZPBSE0000010	SSE Ripalta - Fabbricato ENEL - Impianto luce e forza motrice
LI0701EZZPBSE0000005	SSE Ripalta - Fabbricato di SSE - Impianto luce e forza motrice
LI0701EZZP9SE0000005	SSE Ripalta - Piazzale di SSE/Impianto luce e Forza Motrice

	PROGETTO ESECUTIVO LINEA PESCARA – BARI					
SSE RIPALTA Relazione di calcolo linee elettriche BT SSE	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA EZZ CL	DOCUMENTO SE 0000 004	REV. B	FOGLIO 9 di 32

4 CRITERI PROGETTUALI

La progettazione è stata realizzata considerando le esigenze di continuità dell'esercizio e l'affidabilità degli impianti alimentati, ed in particolare tenendo conto dei seguenti aspetti:

- Sicurezza per le persone e per le installazioni;
- Disponibilità ed affidabilità impiantistiche;
- Semplicità di esercizio e facilità di manutenzione.

Come punto di partenza è stata effettuata una attenta analisi dei carichi (ubicazione, potenza, specifiche esigenze ecc.) di ciascun impianto; una volta individuati i principali parametri impiantistici che caratterizzano il progetto, questo è stato sviluppato secondo le seguenti fasi:

- Definizione delle fonti di alimentazione normale, preferenziale ed essenziale
- Definizione della posizione e dei relativi schemi elettrici del quadro di consegna "QVC" e del trasformatore di isolamento "QTR_IS", ubicati rispettivamente nella viabilità di accesso e nel piazzale della SSE
- Definizione degli schemi elettrici dei quadri QSAca e QSAcc, posti all'interno della Sala Quadri del fabbricato SSE
- Definizione degli schemi elettrici del quadro QBT posto nel locale utente del fabbricato di consegna
- Dimensionamento della sezione dei cavi in funzione della tipologia e della taglia degli interruttori scelti, verificando la protezione dalle sovracorrenti e contatti diretti/indiretti
- Coordinamento delle protezioni e selettività di intervento, in modo da assicurare oltre alla protezione delle persone e degli impianti anche un'adeguata continuità di servizio.

La definizione della tensione di alimentazione più adeguata per ogni singola utenza dipende fondamentalmente dalla potenza assorbita e dalla distanza dalla sorgente di alimentazione. Le tensioni di alimentazione che verranno impiegate sono quelle unificate: 230 V per i circuiti monofase e 400 V per quelli trifase.

Figura 1. Sezione longitudinale.

Figura 2. Sezione trasversale.

5 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI CAVI E DISPOSITIVI DI PROTEZIONE IN C.A.

5.1 Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti di impiego I_b dipende della potenza di dimensionamento P_d e della tensione di alimentazione, secondo la relazione:

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

nella quale:

$k_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;

$k_{ca} = 1,73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

Dal valore massimo (modulo) di I_b 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:

$$P_d = K_c K_u P_n$$

nella quale K_c e K_u sono rispettivamente il coefficiente di contemporaneità e di utilizzazione, mentre invece P_n , è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle P_d delle utenze 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.

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 dei cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

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

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

$$I_f \leq 1,45 I_z \quad (b)$$

dove:

- I_b corrente di impiego della conduttura;
- I_n corrente nominale dell'interruttore;
- I_z portata nominale della conduttura.
- I_f corrente di funzionamento del dispositivo di protezione.

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

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

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

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando la tabella assegnata alla utenza. Le quattro previste dal programma di calcolo sono:

- CEI UNEL 35026: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Portate di corrente in regime permanente per posa interrata
- CEI UNEL 35024: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
- CEI UNEL 35023: Cavi di energia per tensione nominale $U=1$ kV - Cadute di tensione

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile I_z 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:

$$I_{z,min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente k 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.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla I_{zmin} . Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che essi abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64-8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione (b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI EN 60898 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, la norma CEI EN 60947 stabilisce 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.

5.3 Integrale di joule

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

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

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 delle note che permettono, in attesa di disposizioni diverse, la loro determinazione.

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 etilpropilenica G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115

SSE RIPALTA

Relazione di calcolo linee elettriche BT SSE

COMMESSA
LI07

LOTTO
01

CODIFICA
EZZ CL

DOCUMENTO
SE 0000 004

REV.
B

FOGLIO
13 di 32

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

5.4 Cadute di tensione

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

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos\varphi + X_{cavo} \cdot \sin\varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

$k_{cdt} = 2$ per sistemi monofase;

$k_{cdt} = 1,73$ per sistemi trifase.

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono automaticamente ricavati dalla tabella UNEL in funzione al tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 80°C, mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km . La $cdt(I_b)$ è la caduta di tensione alla corrente I_b e calcolata analogamente alla $cdt(I_b)$.

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

5.5 Dimensionamento dei conduttori di neutro

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

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm²;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso;
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16mm² se il conduttore è in rame e a 25 mm² se il conduttore è in alluminio.

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

In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

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

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

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

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

5.6 Dimensionamento dei conduttori di protezione

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

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

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

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

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

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

dove:

- S_p sezione del conduttore di protezione (mm^2);
- I valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K 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 mm^2 se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm^2 se non è prevista una protezione meccanica;

E' possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

5.7 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, espresse in °C:

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

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

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.

5.8 Calcolo dei guasti

Nel calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

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

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati a partire dalle utenze a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

5.8.1 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo viene condotto nelle seguenti condizioni:

- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione 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 risulta:

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

possiamo sommare queste ai parametri diretti dell'utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

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:

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

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 conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:

$$\begin{aligned} R_{0sbarraNeutro} &= R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro} \\ X_{0sbarraNeutro} &= 3 \cdot X_{dsbarra} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_{0sbarraPE} &= R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE} \\ X_{0sbarraPE} &= 2 \cdot X_{anello_guasto} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_d &= R_{dcavo} + R_{dmonte} \\ X_d &= X_{dcavo} + X_{dmonte} \\ R_{0Neutro} &= R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro} \\ X_{0Neutro} &= X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro} \\ R_{0PE} &= R_{0cavoPE} + R_{0montePE} \\ X_{0PE} &= X_{0cavoPE} + X_{0montePE} \end{aligned}$$

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):

$$Z_{k1Neutr \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutr})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutr})^2}$$

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.):

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

$$I_{p1Neutr} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutr \max}$$

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

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

dove:

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

5.8.2 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 11-25 par 9.3.

Per la temperatura dei conduttori ci si riferisce al rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario dal cavo. Essa viene indicata dalla norma CEI 64-8/4 par 434.3 nella quale sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

isolamento in PVC	$T_{max} = 70^{\circ}C$
isolamento in G	$T_{max} = 85^{\circ}C$
isolamento in G5/G7	$T_{max} = 90^{\circ}C$
isolamento serie L rivestito	$T_{max} = 70^{\circ}C$
isolamento serie L nudo	$T_{max} = 105^{\circ}C$
isolamento serie H rivestito	$T_{max} = 70^{\circ}C$
isolamento serie H nudo	$T_{max} = 105^{\circ}C$

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo; queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze minime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase I_{k1min} e fase terra, espresse in kA:

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

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

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

Come per le correnti massime di guasto, nel caso di utenze monofasi la corrente I_{kmin} viene calcolata con la stessa metodologia utilizzata per il guasto fase terra, ossia utilizzando la calcolata con i parametri alla sequenza omopolare ricavati in base alle grandezze del conduttore di neutro:

$$I_{kmin} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{kmax}}$$

$$I_{k1Neutromin} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutromax}}$$

$$I_{k1PEmin} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PEmax}}$$

$$I_{k2min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{kmax}}$$

dove la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione di 0,95 (tab.1 della norma CEI 11-25).

5.9 Scelta delle protezioni

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

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

5.10 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

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

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

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

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

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

La norma CEI 64-8 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:

- a) Le intersezioni sono due:

$$I_{cc\ min} > I_{inters,min}$$

$$I_{cc\ max} < I_{inters,max}$$

b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:

$$I_{cc\ min} > I_{inters,min}$$

c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:

$$I_{cc\ max} < I_{inters,max}$$

Il programma pertanto verifica le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Se la verifica non è positiva, vengono riportati i messaggi riferiti alle condizioni descritte.

5.11 Verifica di selettività

E' verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

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

Quando possibile, alla selettività grafica viene affiancata la selettività tabellare tramite i valori forniti dalle case costruttrici.

I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività in A relativi ad una coppia di protezioni poste una a monte dell'altra. La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

5.12 Massima lunghezza protetta

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

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

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

Pertanto:

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

Dove:

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

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

- 0,9 per sezioni di 120 mm²;
- 0,85 per sezioni di 150 mm²;
- 0,8 per sezioni di 185 mm²;
- 0,75 per sezioni di 240 mm²;

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

5.13 Verifica dei contatti indiretti

La norma CEI 64.8 Art. 413.1.3.3 prescrive che le caratteristiche dei dispositivi di protezione (differenziali o di massima corrente) e le impedenze dei circuiti da proteggere devono essere tali che, se si presenta un guasto di impedenza trascurabile in qualsiasi parte dell'impianto tra un conduttore di fase ed un conduttore di protezione o una massa, avvenga l'interruzione automatica dell'alimentazione entro il tempo specificato, soddisfacendo la seguente condizione:

$$Z_s I_a \leq U_0 \quad (\text{Sistemi TN})$$

dove:

Z_s Impedenza dell'anello guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;

I_a Corrente che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione entro il tempo definito dalla Tabella 41A (Norma CEI 64-8 Art. 413.1.3.3), in funzione della tensione nominale U_0 (per circuiti terminali protetti con interruttore differenziale I_a è la corrente differenziale nominale di intervento)

U_0 tensione nominale verso terra

La condizione sopra esposta è quella che scaturisce dalla curva di sicurezza corrente (tensione) - tempo che fissa le condizioni di massima esposizione del corpo umano nei confronti dei pericoli di elettrocuzione.

Quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, I_a è la corrente nominale differenziale I_{dn} .

Per ragioni di selettività, si possono utilizzare dispositivi di protezione a corrente differenziale del tipo S in serie con dispositivi di protezione a corrente differenziale di tipo generale. Per ottenere selettività con i dispositivi di protezione a corrente differenziale nei circuiti di distribuzione ammesso un tempo di interruzione non superiore a 1 s.

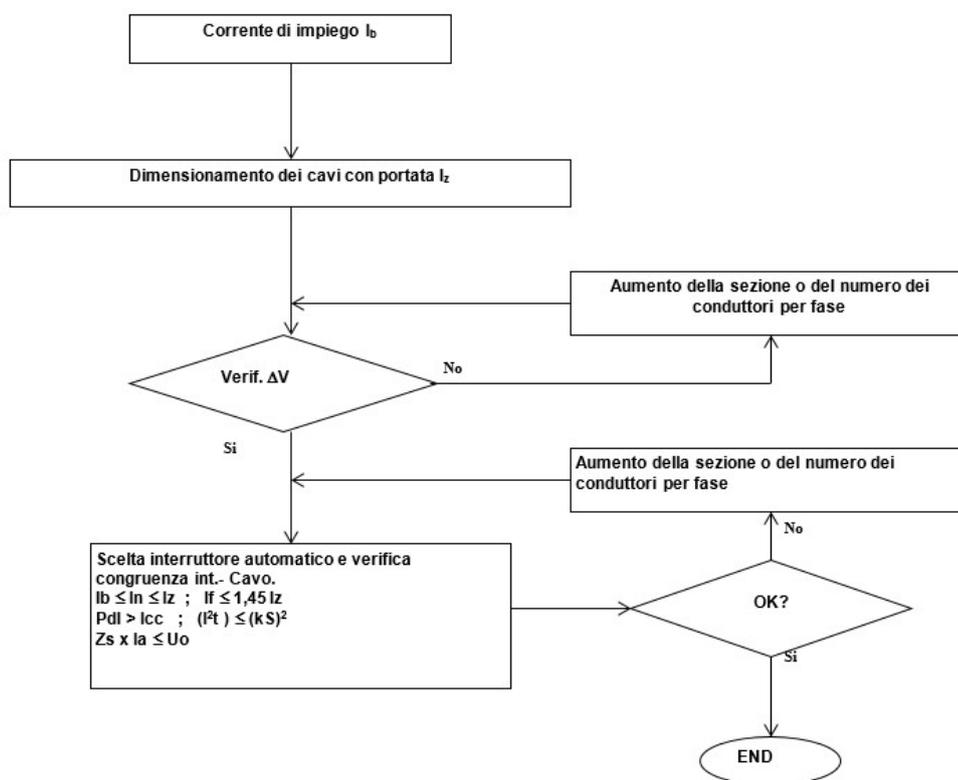
Quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti, esso deve essere:

- Un dispositivo avente una caratteristica di funzionamento a tempo inverso, ed in questo caso I_a deve essere la corrente che ne provoca il funzionamento automatico entro 5 s, oppure
- Un dispositivo con una caratteristica di funzionamento a scatto istantaneo ed in questo caso I_a deve essere la corrente che ne provoca lo scatto istantaneo.

Per la protezione contro i sovraccarichi si è verificato che la corrente di impiego della conduttura sia sempre inferiore alla portata delle stesse e che la corrente nominale di intervento dei dispositivi di protezione sia sempre maggiore della corrente nominale di impiego e, contemporaneamente, minore di quella massima portata dalle condutture.

5.14 Conclusioni sul dimensionamento elettrico dei cavi e protezioni

Il dimensionamento dei conduttori è stato effettuato tenendo conto della procedura esposta nei precedenti paragrafi e delle caratteristiche dei dispositivi di protezione installati sui quadri. A tale proposito nella seguente figura è mostrato un diagramma di flusso che illustra il procedimento logico da seguire per dimensionare correttamente le apparecchiature elettriche:



6 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI CAVI E DISPOSITIVI DI PROTEZIONE IN C.C.

6.1 Calcolo della caduta di tensione

La caduta di tensione nei cavi viene calcolata applicando le seguenti relazioni:

$$\Delta U = RIL$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{V} * 100$$

dove:

R: resistenza kilometrica del conduttore a 20°C espressa in Ohm

L: lunghezza della linea espressa in Km

I: corrente nominale alla massima potenza

U: la tensione in uscita dal quadro carica batterie

6.2 Calcolo della corrente di corto circuito

La corrente di corto circuito nei cavi (a fondo linea) viene calcolata applicando la seguente relazione:

$$I_{cc \text{ f.l.}} = \frac{0,8 U S}{1,5 \rho 2 L} K_{par}$$

dove:

R: resistenza kilometrica del conduttore a 20°C espressa in Ohm

L: lunghezza della linea espressa in Km

U: la tensione in uscita dal carica batterie

0,8: fattore che tiene conto della riduzione della tensione di alimentazione, durante il corto circuito, a monte della conduttura protetta

1,5: Fattore che tiene conto dell'aumento del 50% della resistenza del circuito rispetto al valore a 20°C dovuta al riscaldamento del conduttore durante il cortocircuito

S: sezione del conduttore

P: resistività del conduttore a 20°C

L: lunghezza della conduttura protetta

K_{par}: fattore che tiene conto della resistenza del circuito di guasto in caso di conduttore in parallelo

6.3 Protezione da contatti accidentali lato c.c.

Le tensioni continue sono particolarmente pericolose per la vita. In conseguenza del fatto che la separazione galvanica tra la parte in corrente continua e quella in corrente alternata è garantita dalla presenza di un trasformatore di isolamento, posto all'interno del carica batterie, e che tutto il sistema elettrico lato c.c. è gestito come sistema IT, con nessun polo connesso a terra, ad eccezione delle masse metalliche non normalmente in tensione, risulterebbe non necessario alcun dispositivo di protezione contro eventuali correnti di guasto a terra.

Il contatto accidentale con una sola delle polarità, quindi, non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa; in caso di primo guasto a terra, la corrente di guasto può ritenersi minima ma occorre considerare la possibilità di secondo guasto a terra con conseguenti correnti di guasto più elevate.

Per scongiurare il pericolo di secondo guasto a terra la protezione è affidata a un dispositivo di controllo dell'isolamento alloggiato a bordo del quadro QSAcc che, in caso di rilevazione di perdita dell'isolamento provvede a trasmettere un allarme così da permettere di provvedere a identificare e riparare il guasto.

7 DESCRIZIONI IMPIANTI BT DI SSE

L'alimentazione elettrica degli impianti BT della Sottostazione sarà fornita da due trasformatori MT/bt 20kV/0,4kV da 100kVA, isolati in resina ed installati nel Fabbricato Consegna ENEL, i quali saranno derivati dal QMT anch'esso installato nel Fabbricato Consegna ENEL.

In caso di non funzionamento di entrambi i trasformatori SA è possibile alimentare le utenze privilegiate con un trasformatore di isolamento TR-IS da 30 kVA 400/400 V alimentato da una fonte alternativa dall'ente distributore in BT.

I quadri di distribuzione per l'alimentazione degli impianti BT di SSE, ed oggetto della seguente relazione di calcolo, sono di seguito elencati:

- QBT-GEN, installato nel fabbricato consegna e contenente gli interruttori generali bt dei trasformatori ausiliari;
- Armadio TR-IS, installato nel piazzale di SSE, costituisce la fonte di alimentazione bt di riserva proveniente dall'ente distributore;
- QSACA/cc, Quadro Generale dei Servizi Ausiliari di SSE avente una sezione alternata 400/230V, alimentata dal QBT-GEN e dal TR-IS e una sezione in continua 132Vcc, alimentata da un alimentatore stabilizzato carica batterie e da una batteria di accumulatori di 63 elementi al piombo della capacità di 300 Ah. È prevista inoltre una sezione per garantire l'alimentazione dei circuiti luce di emergenza attraverso un inverter 132 V c.c. - 230 V c.a installato all'interno del QSA;
- QBTca/cc LOCALE MT, Quadro di distribuzione bt installato nel Locale MT del Fabbricato di SSE, alimentato dal QSACA/cc;
- QBTca/cc FABBRICATO CONSEGNA, Quadro di distribuzione bt installato nel Fabbricato Consegna ENEL, alimentato dal QSACA/cc.

8 VERIFICA DIMENSIONAMENTO IMPIANTI BT

Nelle tabelle presenti di seguito si riportano i risultati delle verifiche e del dimensionamento delle singole utenze in corrente alternata ottenute mediante il software *iProject* versione 6.1 utilizzato per il calcolo delle linee elettriche BT.



PROGETTO ESECUTIVO
LINEA PESCARA – BARI

SSE RIPALTA
Relazione di calcolo linee elettriche BT SSE

COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA EZZ CL	DOCUMENTO SE 0000 004	REV. B	FOGLIO 30 di 32
------------------	-------------	--------------------	--------------------------	-----------	--------------------

8.1 Verifica dimensionamento QBT-GEN Fabbricato Consegna

Quadro: [QBT-GEN]																			
Num.	DENOMINAZIONE LINEA	P [kW]	Ib [A]	cosFi	FFN	Designazione	Lungh. [m]	Posa [64-8]	Sezione Fase	Sezione Neutro	Sezione PE	Iz	DVcavo	DVtot	Icc max (rete)	Icc min (rete)	Prot. Dal Sovracc. (rete)	Prot. Da CortoCirc. (rete)	Prot. Per Persone (rete)
1	ARRIVO DA TR SERVIZI AUSILIARI A		108,7		LLLN PE	FG16M16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	43	1x95	1x95	1x95	328	0,24	0,24	2,53	1,97	SI	-	-
2	AL QSA-CA		108,7		LLLN PE	FG16M16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	75	61	1x120	1x70	1x70	257,15	0,74	0,98	2,29	1,37	SI	SI	SI
1	ARRIVO DA TR SERVIZI AUSILIARI B		108,7		LLLN PE	FG16M16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	43	1x95	1x95	1x95	328	0,24	0,24	2,53	1,97	SI	-	-
2	AL QSA-CA		108,7		LLLN PE	FG16M16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	75	61	1x120	1x70	1x70	257,15	0,74	0,98	2,29	1,37	SI	SI	SI



PROGETTO ESECUTIVO
LINEA PESCARA – BARI

SSE RIPALTA
Relazione di calcolo linee elettriche BT SSE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
L107 01 EZZ CL SE 0000 004 B 31 di 32

8.2 Verifica dimensionamento QSACA

Quadro: [QSACA]																			
Num.	DENOMINAZIONE LINEA	P [kW]	Ib [A]	cosFi	FFFN	Designazione	Lungh. [m]	Posa [64-8]	Sezione Fase	Sezione Neutro	Sezione PE	Iz	DVcavo	DVtot	Icc max (rete)	Icc min (rete)	Prot. Dal Sovracc. (rete)	Prot. Da CortoCirc. (rete)	Prot. Per Persone (rete)
1	ARRIVO DA TSA CABINA ENEL		108,7		LLL PE									0,98					
4	SEZIONATORE ARMADIO CB		24,15		LLL PE									0,98					
5	ALIM. ARMADIO CB	15	24,06	0,9	LLL PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	30	43	1x16		1x16	80	0,41	1,4	1,94		SI	SI	SI
6	ALIM. SBARRA PREFERENZIALE		42,83		LLL PE									0,98					
7	ALIM. UCA	2	9,66	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	25	1x4	1x4	1x4	40	0,87	1,85	0,91	0,44	SI	SI	SI
8	DISP. CREPUSCOLARE	0,1	0,48	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	25	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,07	1,05	0,66	0,3	SI	SI	SI
9	RISERVA		0		LN PE		40							0,98					
10	RISERVA		0		LN PE		40							0,98					
11	BP INVERTER CC/CA	1,5	7,25	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	1	25	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,05	1,03	1,83	1,21	SI	SI	SI
12	RISERVA		0		LN PE		40							0,98					
13	SCALDIGLIE QSACA	0,6	2,9	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	1	61	1x2,5	1x2,5	1x2,5	29,57	0,02	1	1,83	1,21	SI	SI	SI
14	SCALDIGLIE QSEZ. II fila 3kVcc	0,6	2,9	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	61	1x4	1x4	1x4	38,45	0,26	1,24	0,91	0,44	SI	SI	SI
15	QUADRO TLC	2	3,21	0,9	LLL PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	25	1x4	1x4	1x4	35	0,14	1,12	1,48	0,44	SI	SI	SI
16	ALIM. QBT-ca LOCALE MT		11,59		LLL PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	40	25	1x16	1x16	1x16	80	0,27	1,25	1,83	0,68	SI	SI	SI
17	ALIM. QBT-ca FABBR. CONSEGNA		13,53		LLL PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	80	61	1x16	1x16	1x16	70,98	0,62	1,6	1,45	0,44	SI	SI	SI
18	ALIM. SPLIT CDZ SALA QUADRI	3	14,49	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	30	25	1x4	1x4	1x4	40	1,95	2,93	0,7	0,32	SI	SI	SI
19	ALIM. QUADRO PROT. Gr"A"	1,5	7,25	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	25	1x6	1x6	1x6	51	0,43	1,42	1,14	0,58	SI	SI	SI
20	ALIM. QUADRO PROT. Gr"B"	1,5	7,25	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	25	1x6	1x6	1x6	51	0,43	1,42	1,14	0,58	SI	SI	SI
21	Alim. scaldiglia QSACC	0,6	2,9	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	25	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,41	1,4	0,66	0,3	SI	SI	SI
22	RISERVA		0		LLL PE		40							0,98					
23	RISERVA		0		LLL PE		40							0,98					
24	ALIM. CENTRALE AI/AN	0,3	1,45	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	25	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,21	1,19	0,66	0,3	SI	SI	SI
25	ALIM. SBARRA NORMALE		45,57		LLL PE									0,98					
26	PALINE ILL. INGRESSO (CREPUSCOLARE)	0,2	0,97	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	100	61	1x2,5	1x2,5	1x2,5	29,57	0,69	1,67	0,16	0,07	SI	SI	SI
27	ILLUMINAZIONE PARCO SEZIONATORI	0,2	0,97	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	80	61	1x2,5	1x2,5	1x2,5	29,57	0,55	1,53	0,2	0,09	SI	SI	SI
28	PALINE ILL. EXT. CIRCUITO 1	0,4	1,93	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	180	61	1x2,5	1x2,5	1x2,5	29,57	2,49	3,47	0,09	0,04	SI	SI	SI
29	PALINE ILL. EXT. CIRCUITO 1	0,4	1,93	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	150	61	1x2,5	1x2,5	1x2,5	29,57	2,07	3,05	0,11	0,05	SI	SI	SI
30	ILL. PERIMETRALE FABBRICATO	0,3	1,45	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	80	25	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,83	1,81	0,2	0,09	SI	SI	SI
31	ILL. INTERNA FABBR. CIRCUITO A	0,3	1,45	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	40	25	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,41	1,4	0,38	0,17	SI	SI	SI
32	ILL. INTERNA FABBR. CIRCUITO B	0,3	1,45	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	40	25	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,41	1,4	0,38	0,17	SI	SI	SI
33	PRESE INTERNE 230V CIRCUITO 1	3	10,14	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	50	25	1x4	1x4	1x4	40	2,27	3,26	0,47	0,21	SI	SI	SI
34	PRESE INTERNE 230V CIRCUITO 2	3	10,14	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	50	25	1x4	1x4	1x4	40	2,27	3,26	0,47	0,21	SI	SI	SI
35	PRESE INTERNE 400V CIRCUITO 1	3	4,81	0,9	LLL PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	50	25	1x6	1x6	1x6	44	0,36	1,34	1,13	0,29	SI	SI	SI
36	PRESE INTERNE 400V CIRCUITO 2	3	4,81	0,9	LLL PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	50	25	1x6	1x6	1x6	44	0,36	1,34	1,13	0,29	SI	SI	SI
37	PRESE ESTERNE 230V	3	10,14	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	30	25	1x4	1x4	1x4	40	1,36	2,35	0,7	0,32	SI	SI	SI
38	RISERVA		0		LN PE		30		1x4					0,98	1,95	1,37	-	-	-
39	PRESE ESTERNE 400V	3	4,81	0,9	LLL PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	30	25	1x6	1x6	1x6	44	0,22	1,2	1,47	0,44	SI	SI	SI
40	ALIM. TORREFARO	2,5	4,01	0,9	LLL PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	60	61	1x10	1x10	1x10	54,22	0,22	1,2	1,34	0,38	SI	SI	SI
41	BOILER WC	1	4,83	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	30	25	1x4	1x4	1x4	40	0,65	1,63	0,7	0,32	SI	SI	SI
42	ILL. INTERNA FABBR. CIRCUITO C	0,3	1,45	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	40	25	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,41	1,4	0,38	0,17	SI	SI	SI
43	ILL. INTERNA FABBR. CIRCUITO D	0,3	1,45	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	40	25	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,41	1,4	0,38	0,17	SI	SI	SI
44	ILL. INTERNA FABBR. CIRCUITO E	0,3	1,45	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	40	25	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,41	1,4	0,38	0,17	SI	SI	SI
45	ILL. INTERNA FABBR. CIRCUITO F	0,3	1,45	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	40	25	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,41	1,4	0,38	0,17	SI	SI	SI
46	MOTORIZ. CANCELLO	1	4,83	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	100	25	1x4	1x4	1x4	40	2,17	3,15	0,25	0,11	SI	SI	SI
47	ALIM. ESTRATTORE LOCALE RADDR. "A"	1,2	1,92	0,9	LLL PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	30	25	1x4	1x4	1x4	35	0,13	1,11	1,2	0,32	SI	SI	SI
48	ALIM. ESTRATTORE LOCALE RADDR. "B"	1,2	1,92	0,9	LLL PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	50	25	1x4	1x4	1x4	35	0,21	1,2	0,86	0,21	SI	SI	SI

8.3 Verifica dimensionamento QBT-ca Locale MT

Quadro: [QBT-ca LOC.MT]																			
Num.	DENOMINAZIONE LINEA	P [kW]	Ib [A]	cosFi	FFFN	Designazione	Lungh. [m]	Posa [64-8]	Sezione Fase	Sezione Neutro	Sezione PE	Iz	DVcavo	DVtot	Icc max (rete)	Icc min (rete)	Prot. Dal Sovracc. (rete)	Prot. Da CortoCirc. (rete)	Prot. Per Persone (rete)
1	ARRIVO DA QSaca		11,59		LLLN PE									1,25					
2	STRUMENTO MULTIFUNZIONE		0		LLLN PE									1,25					
3	PRESENZA TENSIONE		0		LLLN PE									1,25					
4	AUX QUADRO	0,1	0,48	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	1	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0	1,25	1,2	0,63	SI	SI	SI
5	RISERVA		0		LN PE		40							1,25					
6	RISERVA		0		LN PE		30							1,25					
7	ALIM. ANTICONDENSA QMT-LOCALE MT	0,2	0,97	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,14	1,39	0,54	0,24	SI	SI	SI
8	ESTRATTORI 1-2 TRAF0 Gr. "A"	0,6	0,96	0,9	LLLN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	40	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	26	0,14	1,38	0,63	0,15	SI	SI	SI
9	ESTRATTORI 3-4 TRAF0 Gr. "A"	0,5	0,8	0,9	LLLN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	40	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	26	0,11	1,36	0,63	0,15	SI	SI	SI
10	VENT. ASSIALI 1 TRAF0 Gr. "A"	0,5	0,8	0,9	LLLN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	26	0,06	1,3	0,97	0,24	SI	SI	SI
11	VENT. ASSIALI 2 TRAF0 Gr. "A"	0,5	0,8	0,9	LLLN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	26	0,06	1,3	0,97	0,24	SI	SI	SI
12	ESTRATTORI 1-2 TRAF0 Gr. "B"	1,5	2,41	0,9	LLLN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	26	0,17	1,42	0,97	0,24	SI	SI	SI
13	ESTRATTORI 3-4 TRAF0 Gr. "B"	1,5	2,41	0,9	LLLN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	26	0,17	1,42	0,97	0,24	SI	SI	SI
14	VENTIL. ASSIALI 1 TRAF0 Gr. "B"	0,5	0,8	0,9	LLLN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	45	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	26	0,13	1,38	0,58	0,13	SI	SI	SI
15	VENTIL. ASSIALI 2 TRAF0 Gr. "B"	0,5	0,8	0,9	LLLN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	45	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	26	0,13	1,38	0,58	0,13	SI	SI	SI
16	ESTR. LOC. MT	0,5	0,8	0,9	LLLN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	45	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	26	0,13	1,38	0,58	0,13	SI	SI	SI

8.4 Verifica dimensionamento QBT-ca Fabbriato Consegna

Quadro: [QBT-ca FABBR. CONS.]																			
Num.	DENOMINAZIONE LINEA	P [kW]	Ib [A]	cosFi	FFFN	Designazione	Lungh. [m]	Posa [64-8]	Sezione Fase	Sezione Neutro	Sezione PE	Iz	DVcavo	DVtot	Icc max (rete)	Icc min (rete)	Prot. Dal Sovracc. (rete)	Prot. Da CortoCirc. (rete)	Prot. Per Persone (rete)
1	ARRIVO DA QSaca		13,53		LLLN PE									1,6					
2	STRUMENTO MULTIFUNZIONE		0		LLLN PE									1,6					
3	PRESENZA TENSIONE		0		LLLN PE									1,6					
4	PRESE FM TRIFASE	3	3,37	0,9	LLLN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	03A	1x4	1x4	1x4	35	0,15	1,75	1	0,25	SI	SI	SI
5	ALIM. ILLUMINAZIONE INTERNA	0,3	1,45	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	45	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,47	2,07	0,27	0,12	SI	SI	SI
6	RISERVA		0		LN PE		45							1,6					
7	ANTICONDENSA QMT-FABBR. CONS.	0,2	0,97	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,14	1,74	0,45	0,2	SI	SI	SI
8	PRESE FM MONOFASE	3	10,14	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	20	03A	1x4	1x4	1x4	40	0,91	2,51	0,56	0,25	SI	SI	SI
9	ESTRATTORE LOC UTENTE	0,5	2,42	0,9	LN PE	FG16OM16-0,6/1 kV - Cca-s1b,d1,a1	45	03A	1x2,5	1x2,5	1x2,5	30	0,78	2,38	0,27	0,12	SI	SI	SI
10	RISERVA		0		LN PE		45							1,6					
11	RISERVA		0		LN PE		45							1,6					
12	RISERVA		0		LN PE		45							1,6					