



Green Power

Engineering &amp; Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.00.IT.P.18314.00.059.00

PAGE

1 di/of 50

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

# Impianto Agrivoltaico "SIMAXIS 02"

## Comuni di Simaxis (OR) e Ollastra (OR)

### LOTTO 1: 5,7 MWAC

### LOTTO 2: 4,5 MWAC

### PROGETTO DEFINITIVO

## Relazione di calcolo delle opere elettriche

(incluse tabelle di dimensionamento cavi)

File: GRE.EEC.R.00.IT.P.18314.00.059.00-Relazione di calcolo preliminare impianti elettrici.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	20/10/2023	Prima emissione	S.GARONI	S. DE CARO	S.GARONI

### GRE VALIDATION

E. Pazzola	D.Braccia	Stantec
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

Simaxis 02

### GRE CODE

GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION											
GRE	EEC	R	0	0	I	T	P	1	8	3	1	4	0	0	0	0	5	9	0	0

CLASSIFICATION

Public

UTILIZATION SCOPE

Progetto Definitivo per Autorizzazione

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.

## INDEX

1. INTRODUZIONE .....	4
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI .....	5
3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.....	7
4. CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO .....	8
5. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI.....	9
6. INTEGRALE DI JOULE .....	18
7. DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO.....	20
8. DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE .....	21
9. CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI.....	22
10. CADUTE DI TENSIONE.....	23
11. FORNITURA DELLA RETE .....	24
12. MEDIA E ALTA TENSIONE .....	25
13. TRASFORMATORI .....	26
14. FATTORI DI CORREZIONE PER GENERATORI E TRASFORMATORI (EN 60909-0) .....	28
15. CALCOLO DEI GUASTI.....	29
15.1. Calcolo delle correnti massime di cortocircuito .....	29
15.2. Calcolo delle correnti minime di cortocircuito .....	31
15.3. Calcolo guasti bifase-neutro e bifase-terra.....	32
16. SCELTA DELLE PROTEZIONI.....	33
17. VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE .....	34
18. VERIFICA DI SELETTIVITÀ .....	35
19. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI .....	36
19.1. SISTEMI Tn .....	36
19.2. SISTEMI Tt.....	36
19.3. SISTEMI It .....	37
20. RIFERIMENTI NORMATIVI .....	39
20.1. Norme di riferimento per la Bassa tensione: .....	39
20.2. Norme di riferimento per la Media tensione .....	40
21. DIMENSIONAMENTO CAVI - LOTTO 1 .....	41
22. DIMENSIONAMENTO CAVI - LOTTO 2 .....	46

**ACRONIMI**

AIA	Autorizzazione Integrata Ambientale
AU	Autorizzazione Unica
AUA	Autorizzazione Unica Ambientale
AT	Alta Tensione
BOP	Balance of Plant
BT	Bassa Tensione
CAPEX	Capital Expenditure
CoE	Centre of Excellence
D.Lgs.	Decreto Legislativo
D.G.R.	Deliberazione della Giunta Regionale
D.M.	Decreto Ministeriale
EGP	Enel Green Power
ENAC	Ente Nazionale per l'Aviazione Civile
EPC	Engineering, Procurement and Construction
EOH	Equivalent Operating Hours (Ore Equivalenti)
EUAP	Elenco Ufficiale Aree Protette
FER	Fonte Energetica Rinnovabile
FV	Fotovoltaico
GCR	Ground Cover Ratio
GHI	Global Horizontal Irradiation
GIS	Gas Insulated Substation
L.R.	Legge Regionale
MATTM	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
MiBAC	Ministero per i Beni e le Attività Culturali
MT	Media Tensione
OPEX	Operational Expenditure
PAS	Procedura Abilitativa Semplificata
P.A.U.R.	Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale
POD	Punto di Connessione (Point of Delivery)
P.R.G.	Piano Regolatore Generale
P.R.P.	Piano Regionale Paesistico
R.D.Lgs.	Regio Decreto Legislativo
SIC	Sito di Importanza Comunitaria
SITAP	Sistema Informativo Territoriale Ambientale Paesaggistico
VA	Verifica di Assoggettabilità
VIA	Valutazione di Impatto Ambientale
ZPS	Zone di Protezione Speciale
ZSC	Zona Speciale di Conservazione

## 1. INTRODUZIONE

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Enel Green Power Solar Energy S.r.l. ("EGP") di redigere il progetto definitivo ai fini autorizzativi per un nuovo impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare.

Si tratta di un impianto fotovoltaico di tipo "agrivoltaico" che sarà realizzato su tracker monoassiali all'interno di un'area agricola nel comune di Simaxis (OR). L'impianto sarà suddiviso in due lotti così definiti:

- Lotto N.1 (Campo "A") costituito da N. 12.460 moduli fotovoltaici per una potenza complessiva di 7.227 kWp e per una potenza nominale di 5,7 MW;
- Lotto N.2 (Campo "B", Campo "C" e Campo "D",) costituito da N. 9.072 moduli fotovoltaici per una potenza complessiva di 5.262 kWp e per una potenza nominale di 4,5 MW.

Ciascun lotto di impianto avrà il proprio punto di connessione in MT a 15kV con propria cabina di consegna, come da soluzione elaborata da E-Distribuzione all'interno del preventivo di connessione cod. 344741366.

Il presente elaborato riguarda la relazione di calcolo elettrico delle opere previste. Il dimensionamento elettrico è stato eseguito mediante il software di calcolo Ampere Professional 2024 distribuito da Electro Graphics Srl di S. Martino di Lupari (PD). Vengono di seguito dettagliate le modalità di calcolo dei principali parametri elettrici.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici  
CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica  
CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici  
CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata  
CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo  
CEI 11-20 + V1 e V2 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria  
CEI EN 50110-1 CEI (11-48) Esercizio degli impianti elettrici  
CEI EN 50160 CEI (8-9) Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica  
CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV  
Norma CEI 0-14 "Guida all'applicazione del DPR 462/01 relativa alla semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra degli impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi"  
Norma CEI 11-4 "Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne"  
Norma CEI 11-32 "Impianti di produzione di energia elettrica connessi a sistemi di III categoria"  
Norma CEI 11-46 "Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi – Progettazione, costruzione, gestione ed utilizzo – Criteri generali di posa"  
Norma CEI 11-47 "Impianti tecnologici sotterranei – Criteri generali di posa"  
Norma CEI 11-61 "Guida all'inserimento ambientale delle linee aeree esterne e delle stazioni elettriche"  
Norma CEI 11-62 "Stazioni del cliente finale allacciate a reti di terza categoria"  
Norma CEI 11-63 "Cabine Primarie"  
Norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua"  
Norma CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto"  
Norma CEI EN 50086 2-4 "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati"  
Decreto Legislativo 9 Aprile 2008 n. 81 - "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"  
D.P.R. 22 Ottobre 2001 n. 462 "Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi"  
Decreto Legislativo 1 agosto 2003 n. 259 "Codice delle comunicazioni elettroniche"  
D.M. 12 Settembre 1959 "Attribuzione dei compiti e determinazione delle modalità e delle documentazioni relative all'esercizio delle verifiche e dei controlli previste dalle norme di prevenzione degli infortuni sul lavoro"  
Testo Unico di Leggi sulle Acque e sugli Impianti Elettrici (R.D. n. 1775 del 11/12/1933);  
Norme per l'esecuzione delle linee aeree esterne (R.D. n. 1969 del 25/11/1940) e successivi aggiornamenti (D.P.R. n. 1062 del 21/6/1968 e D.M. n. 449 del 21/3/1988);  
"Approvazione delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne" (D.M. n. 449 del 21/03/1988);  
"Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne" (D.M. 16/01/1991) e successivi aggiornamenti (D.M. 05/08/1998);  
Codice Civile (relativamente alla stipula degli atti di costituzione di servitù);  
"Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz)" (D.P.C.M del 8/07/2003);  
"Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8" (D.M. 24.11.1984 e s.m.i.);  
Codice della strada (D.Lgs. n. 285/92) e successive modificazioni;  
Leggi regionali e regolamenti locali in materia di rilascio delle autorizzazioni alla costruzione degli elettrodotti, qualora presenti ed in vigore.  
Per quanto riguarda, invece, l'attività di costruzione delle cabine elettriche, essa è subordinata all'ottenimento della concessione (o autorizzazione) edilizia, ed al rispetto delle seguenti norme di legge:



Engineering & Construction



GRE CODE

**GRE.EEC.R.00.IT.P.18314.00.059.00**

PAGE

6 di/of 50

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" e successive modificazioni (Legge n. 1086 del 5/11/1971);  
"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" e successive modificazioni - Legge n. 64 del 2/02/1974;  
"Edificabilità dei suoli" (Legge n. 10 del 28/01/1977);  
"Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada" (D.P.R. n. 495 del 16/12/1992);  
"Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8" (D.M. 24.11.1984 e s.m.i.);  
"Norme di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione stradale di gas naturale per autotrazione (D.M. 24.5.2002);  
"Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione, l'installazione e l'esercizio dei depositi di G.P.L. in serbatoi fissi di capacità complessiva superiore a 5 m3 e/o in recipienti mobili di capacità complessiva superiore a 5000 kg (D.M. 13.10.1994);  
"Norme di sicurezza per la progettazione, la costruzione, l'installazione e l'esercizio dei depositi di gas di petrolio liquefatto con capacità complessiva superiore a 5m3 (D.M. 31.3.1984)  
"Circolare n. 10 del Ministero dell'Interno Direzione Generale dei Servizi Antincendio e della Protezione civile" del 10.2.1969.  
I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

### **3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO**

L'impianto fotovoltaico sarà installato su tracker monoassiali all'interno di un'area agricola nel comune di Simaxis (OR). L'impianto sarà suddiviso in due lotti così definiti:

- Lotto N.1 (Campo "A"). Il generatore fotovoltaico sarà da N. 12.460 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino bifacciale da 580Wp @STC, per una potenza complessiva di 7.227 kWp. I pannelli saranno collegati in stringhe da 28 moduli/stringa, per un totale di 445 stringhe. I pannelli saranno montanti in modalità "frame" su N.210 tracker da 2x28 moduli e su N.25 tracker da 2x14 moduli. Il generatore fotovoltaico afferirà ad N.19 inverter solari di stringa con potenza nominale pari a 300kW/cad, per una potenza nominale complessiva di 5,7 MW. Gli inverter saranno collegati complessivamente a N.4 cabine di trasformazione di tipo compatto, di cui N.3 cabine (TA1, TA3 e TA4) equipaggiate con trasformatore MT/BT da 1250kVA isolato in olio e N.1 cabina (TA2) equipaggiata con trasformatore MT/BT da 1000kVA isolato in olio. Ciascuna cabina di trasformazione sarà dotata di un proprio autotrasformatore per i servizi ausiliari di tipo impregnato da 25kVA. La cabina di ricevimento - contenente la cella utente, la cella misura, la cella protezione linea ad impianto fotovoltaico, la cella protezione trafo ausiliari, un trasformatore per i servizi ausiliari MT/BT da 25kVA ed il quadro di BT dei servizi ausiliari - sarà posta a fianco della cabina di consegna di nuova posa.
- Lotto N.2 (Campo "B", Campo "C" e Campo "D"). Il generatore fotovoltaico sarà da N. 9.072 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino bifacciale da 580Wp @STC, per una potenza complessiva di 5.262 kWp. I pannelli saranno collegati in stringhe da 28 moduli/stringa, per un totale di 324 stringhe. I pannelli saranno montanti in modalità "frame" su N.147 tracker da 2x28 moduli e su N.30 tracker da 2x14 moduli. Il generatore fotovoltaico afferirà ad N.15 inverter solari di stringa con potenza nominale pari a 300kW/cad, per una potenza nominale complessiva di 4,5 MW. Gli inverter saranno collegati complessivamente a N.3 cabine di trasformazione di tipo compatto, di cui N.1 cabina (TB) equipaggiata con trasformatore MT/BT da 1000kVA isolato in olio, N.1 cabina (TC) equipaggiata con trasformatore MT/BT da 1250kVA isolato in olio e N.1 cabina (TD) equipaggiata con trasformatore MT/BT da 1600kVA isolato in olio. Ciascuna cabina di trasformazione sarà dotata di un proprio autotrasformatore per i servizi ausiliari di tipo impregnato da 25kVA. La cabina di ricevimento - contenente la cella utente, la cella misura, la cella protezione linea ad impianto fotovoltaico, la cella protezione trafo ausiliari, un trasformatore per i servizi ausiliari MT/BT da 25kVA ed il quadro di BT dei servizi ausiliari - sarà posta a fianco della cabina di consegna di nuova posa.

## 4. CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO

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

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

nella quale:

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

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza  $\cos \varphi$  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:

$$I_1 = I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos \varphi - j \sin \varphi)$$

$$I_2 = I_b \cdot e^{-j(\varphi - \frac{2\pi}{3})} = I_b \cdot \left( \cos \left( \varphi - \frac{2\pi}{3} \right) - j \sin \left( \varphi - \frac{2\pi}{3} \right) \right)$$

$$I_3 = I_b \cdot e^{-j(\varphi - \frac{4\pi}{3})} = I_b \cdot \left( \cos \left( \varphi - \frac{4\pi}{3} \right) - j \sin \left( \varphi - \frac{4\pi}{3} \right) \right)$$

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

$$V_n = V_n + j0$$

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

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nella quale *coeff* è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione. Per le utenze terminali la potenza  $P_n$  è la potenza nominale del carico, mentre per le utenze di distribuzione  $P_n$  rappresenta la somma vettoriale delle  $P_d$  delle utenze a valle ( $\Sigma P_d$  a valle).

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 ( $\Sigma Q_d$  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. 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 condotta in modo da verificare le condizioni:

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

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

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 dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una condotta principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- condotta 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 condotta principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Elenchiamo alcune tabelle, indicate per il mercato italiano:

- IEC 60364-5-52 (PVC/EPR);
- IEC 60364-5-52 (Mineral);
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026;
- CEI 20-91 (HEPR).

In media tensione, la gestione del calcolo si divide a seconda delle tabelle scelte:

- CEI 11-17;
- CEI UNEL 35027 (1-30kV);
- EC 60502-2 (6-30kV);
- IEC 61892-4 off-shore (fino a 30kV).

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.

Nel caso in oggetto sono state scelte i seguenti riferimenti normativi di posa:

- MEDIA TENSIONE:

CEI UNEL 35027: "Cavi di energia per tensione nominale da 1kV a 30kV. Portata di corrente in regime permanente – Posa in aria ed interrata", edizione seconda del 04/2009

- BASSA TENSIONE:

CEI-UNEL 35026: "Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua. Portata di corrente in regime permanente per posa interrata", edizione seconda del 09/2000

CEI-UNEL 35024/1: "Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua. Portata di corrente in regime permanente per posa in aria", edizione prima del 05/2020;

di cui si riportano le tabelle utilizzate per il calcolo dei coefficienti di declassamento:

**CEI UNEL 35027**

**Tabella 23 – Coefficienti di correzione per valori di resistività termica diversi da 1,5 K · m/W (cavi unipolari in tubi direttamente interrati)**

Sezione del conduttore (mm <sup>2</sup> )	Resistività termica (K · m/W)		
	1,0	2,0	2,5
10	1,11	0,92	0,85
16	1,11	0,92	0,85
25	1,12	0,91	0,85
35	1,12	0,91	0,84
50	1,12	0,91	0,84
70	1,12	0,91	0,84
95	1,13	0,91	0,84
120	1,13	0,91	0,84
150	1,13	0,91	0,83
185	1,13	0,91	0,83
240	1,14	0,90	0,83
300	1,14	0,90	0,83

**Tabella 18 – Coefficienti di correzione per posa interrata e temperature ambientali diverse da 20°C**

Temperatura massima conduttore (°C)	Temperatura ambiente del terreno (°C)			
	15	25	30	35
90	1,05	0,94	0,88	0,82

**Tabella 21 – Coefficienti di correzione per valori di profondità di posa diversi da 0,8 m (cavi in tubi direttamente interrati)**

Profondità di posa (m)	Cavi unipolari		Cavi tripolari
	Sezione del conduttore (mm <sup>2</sup> )		
	≤185	>185	
1,0	0,98	0,97	0,99
1,25	0,96	0,95	0,97
1,5	0,95	0,93	0,96

Per i cavi in alluminio si specifica quanto segue:

#### 4.2 Portate dei cavi con conduttori di alluminio

La portata del cavo con conduttori di alluminio si ottiene moltiplicando per 0,78 la portata del cavo con conduttori di rame di pari sezione nominale.

### **CEI UNEL 35026**

Tab. II **Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20 °C**

Temperatura del terreno (°C)	TIPO DI ISOLAMENTO	
	PVC	EPR
10	1,1	1,07
15	1,05	1,04
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

Tab. III **Fattori di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano**

**Tipo di posa: In tubi protettivi direttamente interrati**

Un cavo multipolare per ciascun tubo

Numero di cavi	DISTANZA FRA I CIRCUITI <sup>(a)</sup> (m)			
	a contatto	0,25	0,5	1
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

**Tipo di posa: In tubi protettivi direttamente interrati**

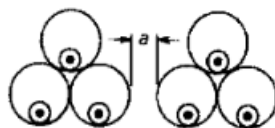
Un cavo unipolare per ciascun tubo

Numero di circuiti	DISTANZA FRA I CIRCUITI <sup>(a)</sup> (m)			
	a contatto	0,25	0,5	1
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

Cavi multipolari:



Cavi unipolari:



Tab. IV **Fattori di correzione per differenti valori di profondità di posa**

Profondità di posa (m)	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
Fattore di correzione	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94

Tab. V **Fattori di correzione per differenti valori di resistività termica del terreno**

**Cavi unipolari**

Resistività del terreno (K•m/W)	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Fattore di correzione	1,08	1,05	1,00	0,90	0,82

**Cavi multipolari**

Resistività del terreno (K•m/W)	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Fattore di correzione	1,06	1,04	1,00	0,91	0,84

**CEI UNEL 35024-1**

**Tabella 3 – Fattore di correzione  $k_1$  per temperature ambiente diverse da 30 °C**

Temperatura ambiente	Tipo di isolamento	
	Termoplastico (**)	Elastomerico (***)
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
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

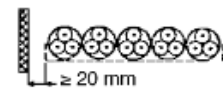
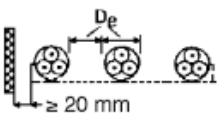
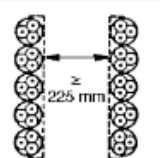
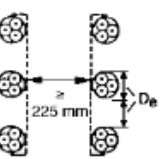
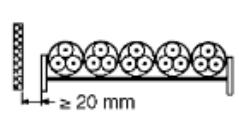
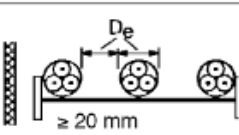
**Tabella 4 – Fattori di correzione  $k_2$  per circuiti realizzati con cavi installati in fascio o strato**

Appendice A			Numero di circuiti o di cavi multipolari												
Condizioni di posa	Art.	Disposizione (cavi a contatto)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
Condizioni di posa non previste negli art. 2-3-4-5 seguenti e nelle Tabelle 5 e 6	1	Raggruppati a fascio, annegati	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	
11-12-25	2	Singolo strato su muro, pavimento o passerelle non perforate	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Nessuna ulteriore riduzione per più di 9 circuiti o cavi multipolari			
11A	3	Strato a soffitto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
13	4	Strato su passerelle perforate orizzontali o verticali (perforate o non perforate)	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
14-15 16-17	5	Strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

**NOTE**

- (1) Questi fattori sono applicabili a fascio o strato di cavi simili, uniformemente carichi.
- (2) Dove le spaziature orizzontali fra cavi adiacenti, appartenenti a circuiti diversi, superano di due volte il diametro esterno del cavo di sezione maggiore, non è necessario applicare il fattore di correzione.
- (3) Sono applicabili gli stessi fattori per:
  - circuiti di cavi unipolari;
  - cavi multipolari.
- (4) Se un sistema consiste sia di cavi bipolari sia tripolari, il numero di cavi è preso pari al numero dei circuiti e il corrispondente fattore è applicato alle tabelle per due conduttori carichi per i cavi bipolari e a quella per tre conduttori carichi per cavi tripolari.  
 Esempio: un fascio di cavi multipolari installati su passerella, distanziati dalla parete, contiene 4 cavi bipolari da 25 mm<sup>2</sup> in materiale termoplastico e 4 cavi tripolari da 35 mm<sup>2</sup> in materiale termoplastico.  
 Il numero totale di cavi (o circuiti) simili è pari a 8, a cui corrisponde un coefficiente di correzione di 0,52 (caso 1).  
 Tale coefficiente si applica sia ai valori di portata relativi a cavi con 2 conduttori carichi da 25 mm<sup>2</sup> sia a 3 conduttori carichi da 35 mm<sup>2</sup>.  
 (119 A e 126 A rispettivamente) ricavati dalla Tabella 2.
- (5) Se un fascio o strato consiste di "n" cavi unipolari carichi, si possono considerare sia come n/2 circuiti bipolari per sistemi fase-fase o fase-terra, sia come n/3 circuiti tripolari per sistemi trifase.
- (6) I valori dati sono la media sulla gamma delle dimensioni dei conduttori e dei tipi di installazione. La tolleranza dei valori riportati è entro il 5 %.

**Tabella 5 – Fattori di correzione  $k_2^{(3)}$  per circuiti realizzati con cavi multipolari installati in strato su più supporti (per es. passerelle)**

Appendice A	Metodo di installazione	Numero di cavi per ogni supporto							
		Numero di passerelle	1	2	3	4	6	9	
13	Passerelle perforate (NOTA 1)		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
		2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	–	
		3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	–	
13	Passerelle verticali perforate (NOTA 2)		2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
			2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	–
	Scala posa cavi o elemento di sostegno (NOTA 1)		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
14-15 16-17		2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	–	
		3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	–	

NOTE Questi fattori sono applicabili a cavi simili uniformemente caricati.

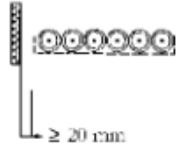
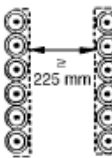
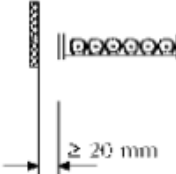
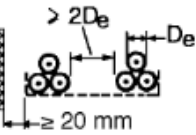
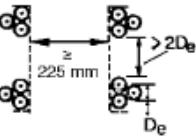
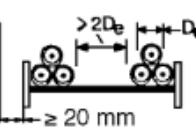
(1) I valori sono relativi a distanze verticali tra le passerelle di 300 mm. Per distanze verticali minori i fattori dovrebbero essere ridotti.

(2) I valori sono relativi a distanze orizzontali tra le passerelle di 225 mm, con passerelle montate dorso a dorso. Per distanze minori i fattori dovrebbero essere ridotti.

(3) Questi fattori sono applicabili a cavi simili uniformemente caricati.

**Tabella 6 – Fattori di correzione  $k_2^{(3)}$  per circuiti realizzati con cavi unipolari installati in strato su più supporti (es. passerelle)**

Per circuiti che hanno più cavi in parallelo per fase, ciascun gruppo trifase di conduttori dovrebbe essere considerato come un circuito ai fini dello scopo di questa tabella.

Appendice A	Metodo di installazione	Numero di circuiti trifasi				Utilizzato per	
		Numero di passerelle	1	2	3		
13	Passerelle perforate (NOTA 1)		2 3	0,96 0,95	0,87 0,85	0,81 0,78	3 cavi in formazione orizzontale
13	Passerelle verticali perforate (NOTA 2)		2	0,95	0,84	–	3 cavi in formazione verticale
14-15 16-17	Scala posa cavi o elemento di sostegno (NOTA 1)		2 3	0,98 0,97	0,93 0,90	0,89 0,86	3 cavi in formazione orizzontale
13	Passerelle perforate (NOTA 1)		2 3	0,97 0,96	0,93 0,92	0,89 0,86	3 cavi in formazione a trefolo
13	Passerelle verticali (NOTA 2)		2	1,00	0,90	0,86	
14-15 16-17	Scala posa cavi o elemento di sostegno (NOTA 1)		2 3	0,97 0,96	0,95 0,94	0,93 0,90	

NOTE Questi fattori sono applicabili a cavi simili uniformemente caricati.

- (1) I valori sono relativi a distanze verticali tra le passerelle di 300 mm. Per distanze verticali minori i fattori dovrebbero essere ridotti.
- (2) I valori sono relativi a distanze orizzontali tra le passerelle di 225 mm, con passerelle montate dorso a dorso. Per distanze minori i fattori dovrebbero essere ridotti.
- (3) Questi fattori sono applicabili a cavi simili uniformemente caricati.

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 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.

## 6. 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:

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

La costante K viene data dalla norma CEI 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 = 92

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



**Engineering & Construction**



GRE CODE

**GRE.EEC.R.00.IT.P.18314.00.059.00**

PAGE

19 di/of 50

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

## 7. 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, possa avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

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

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

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro.

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.

## 8. DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE

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

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

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

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

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

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

dove:

- $S_p$  è la sezione del conduttore di protezione ( $\text{mm}^2$ );
- $I$  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  $\text{mm}^2$  rame o 16  $\text{mm}^2$  alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4  $\text{mm}^2$  o 16  $\text{mm}^2$  alluminio se non è prevista una protezione meccanica.

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

Nei sistemi TT, la sezione dei conduttori di protezione può essere limitata a:

- 25  $\text{mm}^2$ , se in rame;
- 35  $\text{mm}^2$ , se in alluminio.

## 9. 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  $\alpha_{cavo}$  è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

## 10. CADUTE DI TENSIONE

Le cadute di tensione sono calcolate 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 riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale:

$$cdt(I_b) = \max \left( \left| \sum_{j=1}^k Z_{f_i} \cdot I_{f_i} - Z_{n_i} \cdot I_{n_i} \right| \right)_{f=R,S,T}$$

dove:

- $f$  rappresenta le tre fasi R, S, T;
- $n$  rappresenta il conduttore di neutro;
- $i$  rappresenta le  $k$  utenze coinvolte nel calcolo;

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 ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in  $\Omega/\text{km}$ . Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta:

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

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.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

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.

## **11. FORNITURA DELLA RETE**

La conoscenza della fornitura della rete è necessaria per l'inizializzazione della stessa al fine di eseguire il calcolo dei guasti.

Le tipologie di fornitura possono essere:

- in bassa tensione
- in media tensione
- in alta tensione
- ad impedenza nota
- in corrente continua

I parametri trovati in questa fase servono per inizializzare il calcolo dei guasti, ossia andranno sommati ai corrispondenti parametri di guasto dell'utenza a valle. Noti i parametri alle sequenze nel punto di fornitura, è possibile inizializzare la rete e calcolare le correnti di cortocircuito secondo le norme CEI EN 60909-0.

Tali correnti saranno utilizzate in fase di scelta delle protezioni per la verifica dei poteri di interruzione delle apparecchiature.



## 12. MEDIA E ALTA TENSIONE

Nel caso in cui la fornitura sia in media o alta tensione si considerano i seguenti dati di partenza:

- Tensione di fornitura  $V_{mt}$  (in kV);
- Corrente di corto circuito trifase massima,  $I_{k,max}$  (in kA);
- Corrente di corto circuito monofase a terra massima,  $I_{k1ftmax}$  (in kA).

Se si conoscono si possono aggiungere anche le correnti:

- Corrente di corto circuito trifase minima,  $I_{k,min}$  (in kA);
- Corrente di corto circuito monofase a terra minima,  $I_{k1ftmin}$  (in kA);

Dai dati si ricavano le impedenze equivalenti della rete di fornitura per determinare il generatore equivalente di tensione.

$$Z_{ccmt} = \frac{1,1 \cdot V_{mt}}{\sqrt{3} \cdot I_{k,max}} \cdot 1000$$

da cui si ricavano le componenti dirette:

$$\cos \varphi_{ccmt} = \sqrt{1 - (0,995)^2}$$

$$X_{dl} = 0,995 \cdot Z_{ccmt}$$

$$R_{dl} = \cos \varphi_{ccmt} \cdot Z_{ccmt}$$

e le componenti omopolari:

$$R_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot V_{mt}}{I_{k1ftmax}} \cdot 1000 \cdot \cos \varphi_{ccmt} - (2 \cdot R_{dl})$$

$$X_0 = R_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{ccmt})^2} - 1}$$

## 13. TRASFORMATORI

Se nella rete sono presenti dei trasformatori a due avvolgimenti, i dati di targa richiesti sono:

- 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  $I_{tr}/I_{rt}$ ;
- 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).

Dai dati di targa si possono ricavare le caratteristiche elettriche dei trasformatori, ovvero:  
Impedenza di cortocircuito del trasformatore espressa in m $\Omega$ :

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

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

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

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

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

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 m $\Omega$ :

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

nella quale:

$$R_d = R_{cct}$$

$$X_d = X_{cct}$$

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) avremo:

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

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

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

## 14. FATTORI DI CORREZIONE PER GENERATORI E TRASFORMATORI (EN 60909-0)

Per i trasformatori a due avvolgimenti, con o senza regolazione delle spire, quando si stanno calcolando le correnti massime di cortocircuito, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza  $K_T$  tale che:

$$Z_{cctK} = K_T \cdot Z_{cct}$$
$$K_T = 0.95 \cdot \frac{C_{max}}{1 + 0.6 \cdot x_T}$$

dove:

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

è la reattanza relativa del trasformatore e  $C_{max}$  è preso dalla tabella 1 ed è relativo alla tensione lato bassa del trasformatore.

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare.

## 15. CALCOLO DEI GUASTI

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

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

### 15.1. CALCOLO DELLE CORRENTI MASSIME DI CORTOCIRCUITO

Il calcolo delle correnti di cortocircuito massime viene condotto come descritto nella norma CEI EN 60909-0. Sono previste le seguenti condizioni generali:

- guasti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto subtransitorio. Eventuale gestione della attenuazione della corrente per il guasto trifase "vicino" alla sorgente.
- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione  $C_{max}$ ;
- impedenza di guasto minima della rete, 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 data dalle tabelle UNEL 35023-2012 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in mW risulta:

$$R_{dc} = \frac{R_c}{1000} \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \left( \frac{1}{1 + (\alpha \cdot \Delta T)} \right)$$

dove  $\Delta T$  è 50 o 70 °C e  $\alpha = 0.004$  a 20 °C.

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

$$X_{dc} = \frac{X_c}{1000} \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

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:

$$R_{db} = \frac{R_b}{1000} \cdot \frac{L_b}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{db} = \frac{X_b}{1000} \cdot \frac{L_b}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

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

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione. Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$R_{0cN} = R_{dc} + 3 \cdot R_{dcN}$$

$$X_{0cN} = 3 \cdot X_{dc}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$R_{0cPE} = R_{dc} + 3 \cdot R_{dcPE}$$

$$X_{0cPE} = 3 \cdot X_{dc}$$

dove le resistenze  $R_{dcN}$  e  $R_{dcPE}$  vengono calcolate come la  $R_{dc}$ .

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:

$$R_{0bN} = R_{db} + 3 \cdot R_{dbN}$$

$$X_{0bN} = 3 \cdot X_{db}$$

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

$$R_{0bPE} = R_{db} + 3 \cdot R_{dbPE}$$

$$X_{0bPE} = X_{db} + 3 \cdot (X_{b-ring} - X_{db})$$

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

$$R_d = R_{dc} + R_{d-up}$$

$$X_d = X_{dc} + X_{d-up}$$

$$R_{0N} = R_{0cN} + R_{0N-up}$$

$$X_{0N} = X_{0cN} + X_{0N-up}$$

$$R_{0PE} = R_{0cPE} + R_{0PE-up}$$

$$X_{0PE} = X_{0cPE} + X_{0PE-up}$$

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:

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

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Nmin} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0N})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0N})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PEmin} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase  $I_{kmax}$ , fase neutro  $I_{k1Nmax}$ , fase terra  $I_{k1PEmax}$  e bifase  $I_{k2max}$  espresse in kA:

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

$$I_{k1Nmax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Nmin}}$$

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

$$I_{k2max} = \frac{V_n}{2 \cdot Z_{kmin}}$$

Infine dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti:

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

$$I_{p1N} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1N \max}$$

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

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

dove:

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

Calcolo della corrente di cresta per guasto trifase secondo la norma IEC 61363-1: Electrical installations of ships. Se richiesto,  $I_p$  può essere calcolato applicando il metodo semplificato della norma riportato al paragrafo 6.2.5 Neglecting short-circuit current decay. Esso prevede l'utilizzo di un coefficiente  $k = 1.8$  che tiene conto della massima asimmetria della corrente dopo il primo semiperiodo di guasto.

## 15.2. CALCOLO DELLE CORRENTI MINIME DI CORTOCIRCUITO

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI EN 60909-0 par 7.1.2 per quanto riguarda:

- guasti con contributo della fornitura e dei generatori. Il contributo dei generatori è in regime permanente per i guasti trifasi 'vicini', mentre per i guasti 'lontani' o asimmetrici si considera il contributo subtransitorio;
- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione  $C_{min}$ , che può essere 0.95 se  $C_{max} = 1.05$ , oppure 0.90 se  $C_{max} = 1.10$  (Tab. 1 della norma CEI EN 60909-0); in media e alta tensione il fattore  $C_{min}$  è pari a 1.

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

- il rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario del cavo;
- la norma CEI EN 60909-0, che indica le temperature alla fine del guasto.

Le temperature sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

Isolante	Cenelec R064-003 [°C]	CEI EN 60909-0 [°C]
PVC	70	160
G	85	200
G5/G7/G10/EPR	90	250
HEPR	120	250
serie L rivestito	70	160
serie L nudo	105	160
serie H rivestito	70	160
serie H nudo	105	160

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

$$R_{d \max} = R_d \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{0N \max} = R_{0N} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{0PE \max} = R_{0PE} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze massime.

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

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

$$I_{k1N \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1N \max}}$$

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

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

### 15.3. CALCOLO GUASTI BIFASE-NEUTRO E BIFASE-TERRA

Riportiamo le formule utilizzate per il calcolo dei guasti. Chiamiamo con  $Z_d$  la impedenza diretta della rete, con  $Z_i$  l'impedenza inversa, e con  $Z_0$  l'impedenza omopolare.

Nelle formule riportate in seguito,  $Z_0$  corrisponde all'impedenza omopolare fase-neutro o fase-terra.

$$I_{k2} = \left| -j \cdot V_n \cdot \frac{\dot{Z}_0 - \alpha \cdot \dot{Z}_i}{\dot{Z}_d \cdot \dot{Z}_i + \dot{Z}_d \cdot \dot{Z}_0 + \dot{Z}_i \cdot \dot{Z}_0} \right|$$

e la corrente di picco:

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



## 16. SCELTA DELLE PROTEZIONI

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

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- 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 dell'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 ( $I_{mag\ max}$ ).

## 17. VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE

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

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

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

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

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

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

- a) Le intersezioni sono due:
  - $I_{cc \min} \geq I_{inters \min}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_a$ );
  - $I_{cc \max} \leq I_{inters \max}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_b$ ).
- b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
  - $I_{cc \min} \geq I_{inters \min}$ .
- c) 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. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

### Note:

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti  $K^2 S^2$  e la  $I_z$  dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

## 18. VERIFICA DI SELETTIVITÀ

È 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.

Nelle valutazioni si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

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.

## 19. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Secondo la norma 64-8 par. 413, un dispositivo di protezione deve interrompere automaticamente l'alimentazione per proteggere contro i contatti indiretti i circuiti e i componenti elettrici, in modo che, in caso di guasto, non possa persistere una tensione di contatto pericolosa per una persona.

E' definita la tensione di contatto limite convenzionale a 50 V in c.a. e 120 V in c.c. non ondulata, oltre la quale esiste pericolo. Tuttavia, in alcune circostanze, è possibile superare tale valore purché la protezione intervenga entro 5 secondi o tempi definiti dalla norma, a seconda del sistema elettrico adottato.

### 19.1. SISTEMI TN

Tutte le masse dell'impianto devono essere collegate al punto di messa a terra del sistema di alimentazione con conduttori di protezione che devono essere messi a terra in corrispondenza o in prossimità di ogni trasformatore o generatore di alimentazione.

La norma richiede che deve essere soddisfatta la condizione:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

$U_0$  è la tensione nominale verso terra;

$Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, ed in Ampère corrisponde alla variabile  $Z_{k1}(ft) \max$ ;

$I_a$  è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tab. 41A della norma.

E' necessario verificare che:

$$I_a \leq I_{a.c.i.} = \frac{U_0}{Z_s}$$

Dove  $I_{a.c.i.}$  è una variabile utilizzata per il confronto con i valori di sgancio delle protezioni.

$I_{a.c.i.}$  normalmente è pari alla corrente di guasto a terra  $I_{k1}(ft) \min$  calcolata.

Viene calcolata anche la corrente:

$$I_{50V} = \frac{50}{Z_E}$$

dove  $Z_E$  è l'impedenza che collega la massa del dispositivo al punto di messa a terra del sistema.

$I_{a.c.i.}$  assume il valore di 150V se quest'ultima è maggiore della  $I_{k1}(ft) \min$ , in pratica si accettano correnti di sgancio superiori fino al valore che porta le masse alla tensione limite convenzionale, quindi:

$$I_{a.c.i.} = \max\left(\frac{50}{Z_E}, \frac{U_0}{Z_s}\right)$$

Se richiesto dal progetto, è possibile imporre a ciascuna utenza il valore di  $I_{a.c.i.}$  a 150V o 125V e assicurare di non superare mai le tensioni di contatto limite.

Per i sistemi TN-C, è necessario verificare la continuità del PEN e che non vi siano protezioni o sezionatori inseriti nel conduttore.

### 19.2. SISTEMI TT

Tutte le masse protette contro i contatti indiretti dallo stesso dispositivo di protezione devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

Il punto neutro di ogni trasformatore o di ogni generatore deve essere collegato a terra, in modo da permettere l'interruzione dell'alimentazione al primo guasto franco su una massa collegata al dispersore di resistenza di terra RE.

I dispositivi di protezione devono essere a corrente differenziale e deve essere soddisfatta la condizione:

$$R_E \cdot I_{dn} \leq U_L$$

dove:

RE è la resistenza del dispersore dell'impianto di terra, al quale si aggiunge anche l'impedenza dei cavi di protezione che collegano la massa protetta, calcolando la variabile ZE;

Idn è la corrente nominale differenziale;

UL è la tensione limite convenzionale (normalmente 50 V).

E' necessario verificare che:

$$I_{dn} \leq I_{a.c.i.} = \frac{U_L}{Z_E}$$

Per completezza, quando vi sono tutti gli elementi per calcolare la corrente di circolazione di un guasto a terra, ossia la Ik1(ft) min, allora Ia c.i. è scelta tra la maggiore delle due correnti, similmente al sistema TN:

$$I_{a.c.i.} = \max\left(\frac{U_L}{Z_E}, \frac{U_0}{Z_s}\right)$$

Ovviamente, per la normativa italiana, il dispositivo di protezione deve essere solo a corrente differenziale.

### 19.3. SISTEMI IT

Nei sistemi IT le parti attive devono essere isolate da terra oppure essere collegate a terra attraverso un'impedenza di valore sufficientemente elevato.

Le masse devono essere messe a terra, e nel caso di un singolo guasto a terra, deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$R_E \cdot I_d \leq U_L$$

dove:

RE è la resistenza del dispersore, al quale si aggiunge anche l'impedenza dei cavi di protezione che collegano la massa protetta, calcolando la variabile ZE ;

Id è la corrente del primo guasto a terra, che sarà pari alla corrente di guasto a terra Ik1(ft) min nelle condizioni complessive di rete definite nel progetto.

È necessario verificare che:

$$V_T = Z_E \cdot I_d \leq U_L$$

dove VT è la tensione della massa a guasto.

La norma richiede l'interruzione automatica dell'alimentazione per un secondo guasto su di un conduttore attivo differente, ovviamente appartenente alla stessa area elettrica a valle della fornitura o di un trasformatore.

Viene indicata la formula che deve essere rispettata, che in generale è la seguente:

$$2 \cdot Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

Uo è la tensione nominale verso terra;

Zs è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente;

Ia è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tab. 41A della norma.

Il coefficiente 2 indica che il secondo guasto può manifestarsi in un circuito differente, ed in più la norma suggerisce di considerare il caso più severo, comprendendo anche i guasti sul neutro.

$$I_a \leq I_{a.c.i.} = \min_{s2} \frac{U_0}{(Z_{s1} + Z_{s2})}$$

dove:

Zs1 è l'impedenza dell'anello di guasto dell'utenza in considerazione;

Zs2 è l'impedenza dell'anello di guasto di una seconda utenza;

Ia c.i. è la minima corrente di guasto, calcolata permutando tutte le utenze s2 appartenenti alla stessa area elettrica di s1.

Ia c.i. normalmente è pari alla corrente di guasto a terra Ik(IT) min calcolata.

Esso calcola anche la corrente:

$$I_{50V} = \frac{50}{Z_E}$$

dove ZE è l'impedenza che collega la massa del dispositivo al punto di messa a terra del sistema.

Ia c.i. assume il valore di I50V se quest'ultima è maggiore della Ik(IT) min, in pratica si accettano correnti di sgancio superiori fino al valore che portano le masse alla tensione limite convenzionale, quindi:

$$I_{a.c.i.} = \max\left(\frac{50}{Z_E}, \frac{U_0}{Z_{IT\ max}}\right)$$

## 20. RIFERIMENTI NORMATIVI

### 20.1. NORME DI RIFERIMENTO PER LA BASSA TENSIONE:

- 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 11-20 IVa Ed. 2000-08: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI EN 60909-0 IIIa Ed. (IEC 60909-0:2016-12): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- IEC 60090-4 First ed. 2000-7: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 4: Esempi per il calcolo delle correnti di cortocircuito.
- 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 EN 60947-2 (CEI 17-5) VIIIa Ed. 2007-07: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1 Ia Ed.) 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) 2007: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua.
- CEI 64-8 VIIa Ed. 2012: 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 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35016 2016: Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011).
- CEI UNEL 35023 2012: Cavi di energia per tensione nominale U uguale ad 1 kV - Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 2020: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico 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.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- CEI EN 61439 2012: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).
- CEI 17-43 IIa Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).
- CEI 23-51 2016: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
-

## 20.2. NORME DI RIFERIMENTO PER LA MEDIA TENSIONE

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1) 2011: Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI-UNEL 35027 IIa Ed. 2009: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV.
- CEI 99-4 2014: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale.
- CEI 17-1 VIIa Ed. (CEI EN 62271-100) 2013: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 100: Interruttori a corrente alternata.
- CEI 17-130 (CEI EN 62271-103) 2012: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso.
- IEC 60502-2 2014: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2.

IEC 61892-4 Ia Ed. 2007-06: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.



## 21. DIMENSIONAMENTO CAVI – LOTTO 1

**Ib:** Corrente di utilizzo

**Iz:** Portata cavo

**Cdt tratta cavo a Ib:** Caduta di tensione su tratta cavo alla corrente Ib

**T<sub>cavo a Ib</sub>:** Temperatura cavo alla corrente Ib

**T<sub>amb posa</sub>:** Temperatura ambiente nelle condizioni di posa

**Coef. decl. Tot.:** Coefficiente declassamento totale

Quadro utenza	Nome utenza	Tipo	Formazione	Materiale conduttore	Materiale isolante	Lunghezza tratta	Ib	Iz	Cdt su tratta cavo a Ib	Temperatura cavo a Ib	Tabella posa	Tipo posa	Temperatura ambiente nelle condizioni di posa	Coefficiente declassamento totale	Tensione nominale	Perdite calcolate
			[mm <sup>2</sup> ]			[m]	[A]	[A]	[%]	[°C]			[°C]		[V]	[W]
SCOMPARTO U	SCOMPARTO UTENTE	ARE4H5AREX 12/20 kV	3x240	ALLUMINIO	XLPE	10	218,0	280,8	0,004	62	CEI-UNEL 35026	61 cavi multipolari in tubi protettivi interrati	20	0,78	15000	131
RICEVIMENTO	LINEA A TA1	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x240)	ALLUMINIO	HEPR	350	218,6	260,7	0,14	69	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,688	15000	4591
RICEVIMENTO	TRAFO AUX	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x10)	ALLUMINIO	HEPR	10	0,804	43,7	0	30	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,546	15000	0
QMT1	TRAFO T1	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x35)	ALLUMINIO	HEPR	1	57,6	105,5	0,001	48	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,624	15000	9
QMT1	LINEA A TA2	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x185)	ALLUMINIO	HEPR	140	161,0	222,2	0,054	57	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,688	15000	1304
QMT2	TRAFO T2	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x35)	ALLUMINIO	HEPR	10	46,1	105,5	0,006	41	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,624	15000	41
QMT2	LINEA A TA3	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x150)	ALLUMINIO	HEPR	300	114,9	197,4	0,103	44	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,688	15000	1775
QMT3	TRAFO T3	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x35)	ALLUMINIO	HEPR	10	57,5	105,5	0,007	48	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,624	15000	60
QMT3	LINEA A TA4	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x120)	ALLUMINIO	HEPR	350	57,4	172,7	0,074	28	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,688	15000	637
QMT4	TRAFO T4	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x35)	ALLUMINIO	HEPR	10	57,4	105,5	0,007	48	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,624	15000	60

Tabella 1 - Tabella cavi MT – Lotto 1



Green Power

Engineering &amp; Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.18314.14.OXX.00

PAGE

42 di/of 50

Quadro utenza	Nome utenza	Tipo	Formazione	Materiale conduttore	Materiale isolante	Lunghezza tratta	lb	lz	Cdt su tratta cavo a lb	Temperatura cavo a lb	Tabella posa	Tipo posa	Temperatura ambiente nelle condizioni di posa	Coefficiente declassamento totale	Tensione nominale	Perdite calcolate
			[mm <sup>2</sup> ]			[m]	[A]	[A]	[%]	[°C]			[°C]		[V]	[W]
RICEVIMENTO	LINEA A QE GEN BT	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	5G25	ALLUMINIO	HEPR	10	32,8	57,3	0,245	50	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	400	32
QMT1	LINEA A QBT1	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(4x240)	RAME	HEPR	10	1081,4	1456,8	0,064	63	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,6	800	554
QMT1	LINEA A QBTAUX1	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	800	10
RICEVIMENTO	LINEA CONSEGNA	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G4	ALLUMINIO	HEPR	10	10,1	27,1	0,799	30	CEI-UNEL 35026	61 cavi multipolari in tubi protettivi interrati	20	0,696	231	19
RICEVIMENTO	LINEA A SC1	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	5G16	ALLUMINIO	HEPR	220	11,2	47,7	2,39	24	CEI-UNEL 35026	61 cavi multipolari in tubi protettivi interrati	20	0,663	400	107
RICEVIMENTO	LINEA A UTILITIES	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	5G16	ALLUMINIO	HEPR	220	11,2	42,1	2,39	25	CEI-UNEL 35026	61 cavi multipolari in tubi protettivi interrati	20	0,585	400	107
QBTAUX1	IN TAUX1	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	800	10
QBT1	I1	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240)+1G120	RAME	HEPR	110	216,5	260,9	0,566	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	980
QBT1	I2	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240)+1G120	RAME	HEPR	65	215,4	260,9	0,333	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	574
QBT1	I3	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240)+1G120	RAME	HEPR	15	216,5	260,9	0,077	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	133
QBT1	I4	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240)+1G120	RAME	HEPR	30	216,5	260,9	0,155	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	268
QBT1	I5	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240)+1G120	RAME	HEPR	60	216,5	260,9	0,309	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	535
QMT2	LINEA A QBT2	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(3x240)	RAME	HEPR	10	864,9	1183,7	0,069	62	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,65	800	477
QMT2	LINEA A QBTAUX2	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	800	10
QBTAUX1	OUT TAUX1	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	5G35	ALLUMINIO	HEPR	10	44,7	69,9	0,399	55	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	400	71
QBTAUX2	IN TAUX2	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	800	10
QBT2	I6	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240)+1G120	RAME	HEPR	80	216,5	260,9	0,412	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	714
QBT2	I7	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240)+1G120	RAME	HEPR	60	216,5	260,9	0,309	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	535
QBT2	I8	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240)+1G120	RAME	HEPR	25	216,5	260,9	0,129	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	223



Green Power

Engineering &amp; Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.18314.14.OXX.00

PAGE

43 di/of 50

QBT2	I9	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	50	215,4	260,9	0,256	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	441
QMT3	LINEA A QBT3	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(4x240)	RAME	HEPR	10	1078,0	1456,8	0,064	63	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavit� di strutture	30	0,6	800	552
QMT3	LINEA A QBTAUX3	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavit� di strutture	30	0,546	800	10
QBTAUX1	LINEA TRACKER 1	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	250	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	160
QBTAUX1	LINEA TRACKER 2	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	220	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	141
QBTAUX1	LINEA TRACKER 3	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	290	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	186
QBTAUX2	OUT TAUX2	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	5G35	ALLUMINIO	HEPR	10	44,7	69,9	0,399	55	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavit� di strutture	30	0,546	400	71
QBTAUX3	IN TAUX3	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavit� di strutture	30	0,546	800	10
QBT3	I10	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	35	215,4	260,9	0,179	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	308
QBT3	I11	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	45	215,4	260,9	0,231	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	398
QBT3	I12	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	55	215,4	260,9	0,282	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	486
QBT3	I13	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	80	216,5	260,9	0,412	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	714
QBT3	I14	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	110	215,4	260,9	0,563	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	970
QMT4	LINEA A QBT4	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(4x240)	RAME	HEPR	10	1076,9	1456,8	0,064	63	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavit� di strutture	30	0,6	800	551
QMT4	LINEA A QBTAUX4	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavit� di strutture	30	0,546	800	10
QBTAUX2	LINEA TRACKER 1	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	320	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	206
QBTAUX2	LINEA TRACKER 2	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	270	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	173
QBTAUX2	LINEA TRACKER 3	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	280	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	180
QBTAUX3	OUT TAUX3	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	5G35	ALLUMINIO	HEPR	10	44,7	69,9	0,399	55	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavit� di strutture	30	0,546	400	71
QBTAUX4	IN TAUX4	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavit� di strutture	30	0,546	800	10
QBT4	I15	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	145	215,4	260,9	0,742	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	1279
QBT4	I16	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	140	215,4	260,9	0,717	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	1235

QBT4	I17	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	155	215,4	260,9	0,793	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	1366
QBT4	I18	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	190	215,4	260,9	0,972	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	1675
QBT4	I19	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	220	215,4	260,9	1,13	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	1938
QBTAUX3	LINEA TRACKER 1	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	390	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	252
QBTAUX3	LINEA TRACKER 2	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	420	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	271
QBTAUX3	LINEA TRACKER 3	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	415	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	268
QBTAUX4	OUT TAUX4	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	5G35	ALLUMINIO	HEPR	10	44,7	69,9	0,399	55	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	400	71
QBTAUX4	LINEA TRACKER 1	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	390	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	252
QBTAUX4	LINEA TRACKER 2	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	380	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	245
QBTAUX4	LINEA TRACKER 3	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	330	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	212

Tabella 2 - Tabella cavi BT – Lotto 1

Quadro utenza	Nome utenza	Tipo	Formazione	Materiale conduttore	Materiale isolante	Lunghezza tratta	lb	lz	Cdt su tratta cavo a lb	Temper atura cavo a lb	Tabella posa	Tipo posa	Temperatura ambiente nelle condizioni di posa	Coefficiente declassamento totale	Tensione nominale	Perdite calcolate
			[mm <sup>2</sup> ]			[m]	[A]	[A]	[%]	[°C]			[°C]		[V]	[W]
QBT1	S1.19	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	180	13,0	32	1,57	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	254
QBT1	S2.14	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	210	13,0	32	1,83	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	297
QBT1	S3.1	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	240	13,0	32	2,09	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	339
QBT1	S4.14	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	215	13,0	32	1,87	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI- UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	304
QBT1	S5.15	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	240	13,0	32	2,09	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI- UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	339

QBT2	S6.17	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	240	13,0	32	2,09	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	339
QBT2	S7.19	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	240	13,0	32	2,09	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	339
QBT2	S8.8	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	260	13,0	32	2,26	40	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,5	1254	367
QBT2	S9.11	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	215	13,0	32	1,87	40	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,5	1254	304
QBT3	S10.19	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	360	13,0	32	3,13	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	509
QBT3	S11.17	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	320	13,0	32	2,78	40	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,5	1254	452
QBT3	S12.13	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	320	13,0	32	2,78	40	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,5	1254	452
QBT3	S13.10	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	350	13,0	32	3,04	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	494
QBT3	S14.5	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	340	13,0	32	2,96	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	480
QBT4	S15.15	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	285	13,0	32	2,48	40	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,5	1254	403
QBT4	S16.7	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	280	13,0	32	2,44	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	395
QBT4	S17.23	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	230	13,0	32	2,00	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	325
QBT4	S18.10	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	200	13,0	32	1,74	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	283
QBT4	S19.6	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	180	13,0	32	1,57	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	254

Tabella 3 - Tabella cavi DC di massima lunghezza per ciascun inverter – Lotto 1



## 22. DIMENSIONAMENTO CAVI – LOTTO 2

**I<sub>b</sub>**: Corrente di utilizzo

**I<sub>z</sub>**: Portata cavo

**Cdt tratta cavo a I<sub>b</sub>**: Caduta di tensione su tratta cavo alla corrente I<sub>b</sub>

**T<sub>cavo a I<sub>b</sub></sub>**: Temperatura cavo alla corrente I<sub>b</sub>

**T<sub>amb posa</sub>**: Temperatura ambiente nelle condizioni di posa

**Coef. decl. Tot.:** Coefficiente declassamento totale

Quadro utenza	Nome utenza	Tipo	Formazione	Materiale conduttore	Materiale isolante	Lunghezza tratta	I <sub>b</sub>	I <sub>z</sub>	Cdt su tratta cavo a I <sub>b</sub>	Temperatura cavo a I <sub>b</sub>	Tabella posa	Tipo posa	Temperatura ambiente nelle condizioni di posa	Coefficiente declassamento totale	Tensione nominale	Perdite calcolate
			[mm <sup>2</sup> ]			[m]	[A]	[A]	[%]	[°C]			[°C]		[V]	[W]
SCOMPARTO U	SCOMPARTO UTENTE	ARE4H5AREX 12/20 kV	3x240	ALLUMINIO	XLPE	10	170,3	280,8	-0,003	46	CEI-UNEL 35026	61 cavi multipolari in tubi protettivi interrati	20	0,78	15000	77
RICEVIMENTO	LINEA A TB	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x185)	ALLUMINIO	HEPR	50	170,8	222,2	-0,02	61	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,688	15000	512
RICEVIMENTO	TRAFO AUX	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x10)	ALLUMINIO	HEPR	10	0,597	43,7	0	30	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,546	15000	0
QMTB	TRAFO TB	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x35)	ALLUMINIO	HEPR	1	45,9	105,5	-0,001	41	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,624	15000	7
QMTB	LINEA A TC	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x150)	ALLUMINIO	HEPR	30	124,9	197,4	-0,011	48	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,688	15000	206
QMTC	TRAFO TC	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x35)	ALLUMINIO	HEPR	10	56,4	105,5	-0,007	47	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,624	15000	59
QMTC	LINEA A TD	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x120)	ALLUMINIO	HEPR	350	68,4	172,7	-0,088	31	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,688	15000	903
QMTD	TRAFO TD	ARG7H1R 12/20 kV	3x(1x35)	ALLUMINIO	HEPR	10	68,4	105,5	-0,009	55	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,624	15000	92

Tabella 4 - Tabella cavi MT – Lotto 2



Green Power

Engineering &amp; Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.18314.14.OXX.00

PAGE

47 di/of 50

Quadro utenza	Nome utenza	Tipo	Formazione	Materiale conduttore	Materiale isolante	Lunghezza tratta	lb	lz	Cdt su tratta cavo a lb	Temperatura cavo a lb	Tabella posa	Tipo posa	Temperatura ambiente nelle condizioni di posa	Coefficiente declassamento totale	Tensione nominale	Perdite calcolate
			[mm <sup>2</sup> ]			[m]	[A]	[A]	[%]	[°C]			[°C]		[V]	[W]
QMTB	LINEA A QBTB	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(3x240)	RAME	HEPR	10	861,5	1183,7	0,068	62	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,65	800	469
QMTB	LINEA A QBTAUXB	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	800	10
RICEVIMENTO	LINEA CONSEGNA	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G4	ALLUMINIO	HEPR	10	10,1	27,1	0,799	30	CEI-UNEL 35026	61 cavi multipolari in tubi protettivi interrati	20	0,696	231	19
RICEVIMENTO	LINEA A SC2	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	5G16	ALLUMINIO	HEPR	50	11,2	47,7	0,543	24	CEI-UNEL 35026	61 cavi multipolari in tubi protettivi interrati	20	0,663	400	24
QBTAUXB	IN TAUXB	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	800	10
QBTB	I1	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	100	215,4	260,9	0,512	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	882
QBTB	I2	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	190	215,4	260,9	0,972	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	1675
QBTB	I3	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	290	215,4	260,9	1,48	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	2554
QBTB	I4	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	330	215,4	260,9	1,69	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	2905
QMTC	LINEA A QBTC	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(4x240)	RAME	HEPR	10	1058,8	1456,8	0,063	62	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,6	800	534
QMTC	LINEA A QBTAUXC	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	800	10
QBTAUXB	OUT TAUXB	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	5G35	ALLUMINIO	HEPR	10	44,7	69,9	0,399	55	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	400	71
QBTAUXC	IN TAUXC	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	800	10
QBTC	I5	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	40	211,2	260,9	0,201	66	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	340
QBTC	I6	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	105	212,6	260,9	0,531	66	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	903
QBTC	I7	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	150	211,2	260,9	0,753	66	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	1272
QBTC	I8	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	175	212,6	260,9	0,884	66	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	1504
QBTC	I9	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	190	211,2	260,9	0,953	66	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	1610
QMTD	LINEA A QBTD	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(4x240)	RAME	HEPR	10	1283,7	1456,8	0,076	77	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi unipolari con guaina in cavità di strutture	30	0,6	800	780



Green Power

Engineering &amp; Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.18314.14.OXX.00

PAGE

48 di/of 50

QMTD	LINEA A QBTAUXD	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	800	10
QBTAUXB	LINEA TRACKER 1	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	270	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	173
QBTAUXB	LINEA TRACKER 2	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	370	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	239
QBTAUXB	LINEA TRACKER 3	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	415	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	268
QBTAUXC	OUT TAUXC	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	5G35	ALLUMINIO	HEPR	10	44,7	69,9	0,399	55	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	400	71
QBTAUXD	IN TAUXD	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	4G10	ALLUMINIO	HEPR	10	15,3	32,8	0,085	43	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	800	10
QBTD	I10	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	70	212,6	260,9	0,354	66	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	602
QBTD	I11	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	35	212,6	260,9	0,177	66	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	301
QBTD	I12	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	20	216,5	260,9	0,103	68	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	178
QBTD	I13	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	45	214,0	260,9	0,229	67	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	392
QBTD	I14	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	75	214,0	260,9	0,382	67	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	654
QBTD	I15	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3x(1x240) +1G120	RAME	HEPR	120	214,0	260,9	0,611	67	CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	20	0,689	800	1046
QBTAUXC	LINEA TRACKER 1	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	190	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	122
QBTAUXC	LINEA TRACKER 2	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	270	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	173
QBTAUXC	LINEA TRACKER 3	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	340	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	219
QBTAUXD	OUT TAUXD	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	5G35	ALLUMINIO	HEPR	10	44,7	69,9	0,399	55	CEI-UNEL 35024/1	21 - cavi multipolari in cavità di strutture	30	0,546	400	71
QBTAUXD	LINEA TRACKER 1	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	210	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	135
QBTAUXD	LINEA TRACKER 2	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	260	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	167
QBTAUXD	LINEA TRACKER 3	ARG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	3G6	ALLUMINIO	HEPR	210	7,22	24,6	//	35	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi multipolari con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,39	231	135

Tabella 5 - Tabella cavi BT – Lotto 2



Quadro utenza	Nome utenza	Tipo	Formazione	Materiale conduttore	Materiale isolante	Lunghezza tratta	lb	lz	Cdt su tratta cavo a lb	Temperatura cavo a lb	Tabella posa	Tipo posa	Temperatura ambiente nelle condizioni di posa	Coefficiente declassamento totale	Tensione nominale	Perdite calcolate
			[mm <sup>2</sup> ]			[m]	[A]	[A]	[%]	[°C]			[°C]		[V]	[W]
QBTB	S1.23	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	150	13,0	32	1,31	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	212
QBTB	S2.23	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	210	13,0	32	1,83	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	297
QBTB	S3.9	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	195	13,0	32	1,70	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	275
QBTB	S4.2	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	150	13,0	32	1,31	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	212
QBTC	S5.20	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	105	13,0	32	0,913	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	148
QBTC	S6.21	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	130	13,0	32	1,13	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	184
QBTC	S7.2	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	175	13,0	32	1,52	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	247
QBTC	S8.19	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	215	13,0	32	1,87	40	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,5	1254	304
QBTC	S9.9	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	215	13,0	32	1,87	40	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,5	1254	304
QBTD	S10.15	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	205	13,0	32	1,78	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	290
QBTD	S11.17	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	260	13,0	32	2,26	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	367
QBTD	S12.11	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	260	13,0	32	2,26	40	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,5	1254	367

											CEI-UNEL 35026	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati				
QBTD	S13.17	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	230	13,0	32	2,00	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	325
QBTD	S14.7	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	150	13,0	32	1,31	40	CEI-UNEL 35024/1	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate	30	0,5	1254	212
QBTD	S15.1	H1Z2Z2-K	2x(1x6)	RAME	HEPR	105	13,0	32	0,913	40	CEI-UNEL 35024/1 CEI-UNEL 35026	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate 61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati	30	0,5	1254	148

Tabella 6 - Tabella cavi DC di massima lunghezza per ciascun inverter – Lotto 2