

# COMUNE DI CHIARI

Provincia di Brescia

SETTORE TERRITORIO

UFFICIO AMBIENTE ECOLOGIA



RIGENERAZIONE URBANA,  
CONFORME AL PGT VIGENTE,  
MEDIANTE RIPRISTINO  
DELL'ORIGINARIO ASSETTO  
MORFOLOGICO DELL'INTERO  
AMBITO DI TRASFORMAZIONE "AT -  
AR-05 sub. B" DI VIA ROCCA FRANCA  
**LOTTO 1: RECUPERO AMBIENTALE  
MEDIANTE RIEMPIMENTO CON  
TERRE E ROCCE DA SCAVO -  
PRIMO STRALCIO**

**CUP: D44J24000480004**  
**CUI: L00606990174202500006**



RESPONSABILE UNICO  
PROGETTO:

DIRIGENTE  
SETTORE TERRITORIO  
Arch. Aldo Maifreni

COLLABORATORI:  
AREA AMBIENTE ECOLOGIA  
Geom. Simona Maraschi

AREA LAVORI PUBBLICI  
Ing. Ivan Foschetti  
Arch. Alessandra Favret

PROGETTISTI PE:

INGAMBIENTE S.R.L.  
Ing. Carlo Gorio  
Ing. Vania Toninelli  
Ing. Ester Bellicini

Consulenti della società  
incaricata per la  
COMPONENTE GEOLOGICA:  
Dott. Geol. Laura Ziliani  
Dott. Geol. Gianantonio  
Quassoli

Consulente della società  
incaricata per il PROGETTO  
DELL'IMPIANTO ELETTRICO:  
P.I. Paolo Boschetti

Elaborato:

**IMPIANTO ELETTRICO**  
**Relazione di Calcolo**

Scala:

-

Data:

Novembre 2025

Codice:

PE-07-E-RT

Progetto:

PROGETTO  
ESECUTIVO

Rev:

Rev:

Rev:

Tavola:

**E09**

## **INDICE RELAZIONE**

<b>1.</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>INQUADRAMENTO DELL'AREA.....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>CLASSIFICAZIONE DELL'ISOLAMENTO DEI CAVI.....</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI .....</b>	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE E DI UTILIZZAZIONE .....</b>	<b>8</b>
<b>6.</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO ELETTRICO .....</b>	<b>9</b>
6.1.	Pulsante d'emergenza .....	10
<b>7.</b>	<b>CRITERI DI SICUREZZA ELETTRICA.....</b>	<b>10</b>
7.1.	Protezione contro i contatti diretti .....	10
7.2.	Protezione contro i contatti indiretti .....	10
7.3.	Protezione delle condutture contro le sovracorrenti.....	11
<b>8.</b>	<b>CALCOLI ELETTRICI DEGLI IMPIANTI IN PROGETTO .....</b>	<b>13</b>
8.1.	Calcolo delle correnti di impiego .....	13
8.2.	Dimensionamento dei cavi .....	14
8.3.	Integrale di Joule .....	16
8.4.	Dimensionamento dei conduttori di neutro .....	18
8.5.	Dimensionamento dei conduttori di protezione .....	19
8.6.	Calcolo della temperatura dei cavi .....	20
8.7.	Cadute di tensione .....	20
8.8.	Fornitura della rete .....	22
8.9.	Bassa tensione .....	23
8.10.	Calcolo dei guasti .....	24
8.11.	Calcolo delle correnti massime di cortocircuito .....	25
8.12.	Calcolo delle correnti minime di cortocircuito.....	28
8.13.	Calcolo guasti bifase-neutro e bifase-terra .....	30
8.14.	Scelta delle protezioni .....	30
8.15.	Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture.....	31
8.16.	Verifica di selettività.....	32
8.17.	Massima lunghezza protetta .....	33
<b>9.</b>	<b>CALCOLI DEL DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO ELETTRICO.....</b>	<b>34</b>

## 1. PREMESSA

La relazione ha come oggetto il **progetto Esecutivo** dell'impianto elettrico che verrà realizzato all'interno dell'area AT-AR sub B; nel Comune di Chiari (BS).

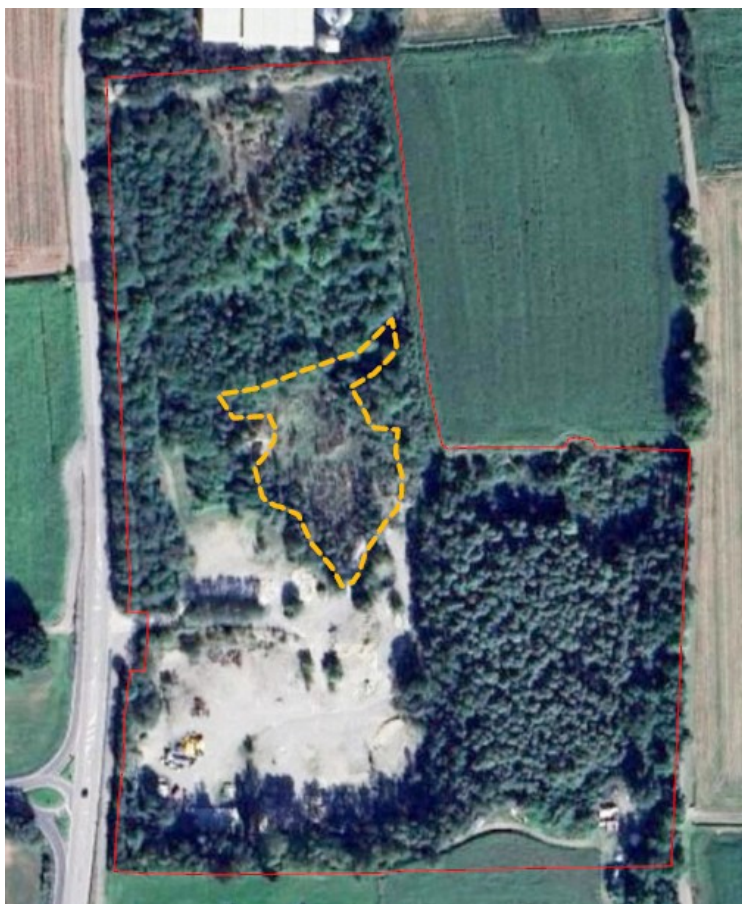
Il progetto ESECUTIVO è stato redatto in data Novembre 2025; si declina ogni responsabilità inerente a successive modifiche non comunicate e approvate .

## 2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'area dell'ambito di trasformazione "AT – AR-05 sub. B" è ubicata in Via Roccafranca nella porzione sud del Comune di Chiari (BS) e confina:

- a ovest con la Via Roccafranca;
- a est con la Via Tagliata;
- a nord con il Consorzio Agrario;
- a sud con la strada SP11.

Il presente progetto esecutivo riguarda l'intervento di recupero mediante riempimento con terre e rocce da scavo di una porzione (in colore giallo) dell'intera area in proprietà del Comune di Chiari, individuata con perimetro in colore rosso nella figura seguente.



*Figura 1: ortofoto con indicazione area oggetto di riempimento*

Come possibile vedere nella figura, l'area, un tempo oggetto di escavazione, risulta oggi in buona parte ricoperta da vegetazione.

L'area oggetto del presente progetto è una zona depressa con profondità massima di circa 15 m rispetto alla quota di riferimento del piano stradale presso l'accesso principale da Via Roccafranca (139,39 m s.l.m.). La profondità massima rilevata è pari a circa 124 m s.l.m.

In particolare l'estensione del fondo dell'area depressa da riempire è estesa circa 2.200 mq mentre l'estensione dell'area alla quota finale di riempimento è pari a circa 5.100 mq.

### 3. Classificazione dell'isolamento dei Cavi

In funzione del Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) i cavi idonei sono quelli con la seguente EUROCLASSE :

EUROCLASSE	DESIGNAZIONE CAVI
Cca – s3 – d1- a3	FS17 – FG16R16 -

#### **4. Riferimenti tecnici e Normativi**

Il progetto degli impianti elettrici segue le prescrizioni tecniche e normative di seguito citate .

##### **Leggi di riferimento**

- DM 37/08 del 22 Gennaio 2008: Norme per la sicurezza degli impianti
- DLgs 81/08: Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
- Decreto legislativo 81-2008 e decreto legislativo 31 luglio 1977 n. 277, rispettivamente: Attuazione e modifica della direttiva 93/68 CEE - Marcatura CE del materiale elettrico
- DM del 15 ottobre 1993 n. 519: Regolamento recante autorizzazione dell'Istituto superiore di prevenzione e sicurezza del lavoro a esercitare attività omologative di primo o nuovo impianto per la messa a terra e la protezione delle scariche atmosferiche
- D.P.R. n° 462 del 22/10/2001: 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

Poiché il progetto riguarda interventi da eseguirsi sugli impianti di cui all'art. 1 del Decreto Ministeriale 22 Gennaio 2008 n. 37 una particolare attenzione dovrà essere riservata, dall'appaltatore, al pieno rispetto delle condizioni previste dal DM medesimo, egli dovrà quindi:

- ☐ essere in possesso dei requisiti tecnico professionali previsti, riconosciuti ai sensi degli articoli 3, 4 del DM medesimo per quanto attiene all'installazione, trasformazione e manutenzione degli impianti da eseguirsi;
- ☐ presentare la dichiarazione di conformità o di collaudo degli impianti così come prescritto dagli articoli 7 e 11 del DM 37/08.

## **Norme TECNICHE di riferimento**

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua

CEI 70-1 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)

## **Quadri Elettrici**

CEI 23-48: Involucri per apparecchi per installazioni elettriche fisse per usi domestici e similari - Parte 1: Prescrizioni generali

CEI 23-49: Involucri per apparecchi per installazioni elettriche fisse per usi domestici e similari - Parte 2: Prescrizioni particolari per involucri destinati a contenere dispositivi di protezione ed apparecchi che nell'uso ordinario dissipano una potenza non trascurabile

CEI EN 62208 (CEI 17-87): Involucri vuoti per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione - Prescrizioni generali

CEI EN 60439/1: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)

CEI EN 60439/3: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso

CEI EN 61439/1: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione – Parte 1: Regole generali

CEI EN 61439/2: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione – Parte 2: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra di potenza

## **Impianti illuminazione artificiale**

EN 12464-1: "Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places" (Luce e Illuminazione - Illuminazione dei luoghi di lavoro - Parte 1: Luoghi di lavoro interni")



## **Cablaggio strutturato**

CEI EN 50173-1 (CEI 306-6): Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio generico  
- Parte 1: Requisiti generali e uffici

CEI EN 50098-1 (CEI 306-1): Cablaggi nei locali degli utilizzatori per le tecnologie  
dell'informazione - Parte 1: Accesso base ISDN

CEI EN 50174-1 (CEI 306-3): Tecnologia dell'informazione - Installazione del cablaggio -  
Parte 1: Specifiche ed assicurazione della qualità

CEI 50174-2 (CEI 306-5): Tecnologia dell'informazione - Installazione del cablaggio -  
Parte 2: Pianificazione e criteri di installazione all'interno degli edifici

CEI EN 50310 (CEI 306-4): Applicazione della connessione equipotenziale e della messa a  
terra in edifici contenenti apparecchiature per la tecnologia dell'informazione

CEI EN 50346: Tecnologia dell'informazione - Installazione del cablaggio - Prove del  
cablaggio installato

## 5. Caratteristiche del sistema di distribuzione e di utilizzazione

Il punto di consegna dell'Ente Distributore ha le seguenti caratteristiche :

- Categoria I
- Tensione di consegna 400V
- Corrente di corto circuito presunta 10kA

Il sistema elettrico utilizzato dall'utenza ha le seguenti caratteristiche:

- Categoria I
- Fasi 3F+N
- Tensione concatenata 400V
- Frequenza 50 Hz
- Stato del neutro TT
- Caduta di tensione ammissibile 4%
- Corrente di corto circuito inizio linea 10kA

## **6. Descrizione dell'impianto elettrico**

L'impianto elettrico verrà realizzato a servizio degli utilizzatori elettrici presenti nell'area di ingresso e di riempimento dell'ex cava.

Verrà installato un nuovo contatore di energia elettrica dell'Ente Distributore a valle del quale verrà installato un quadro elettrico contenente un interruttore automatico a protezione della linea al quadro elettrico Generale che verrà installato all'interno della Baracca Ufficio.

Le linee elettriche verranno posate all'interno di cavidotti interrati, le linee verranno derivate dal quadro elettrico GENERALE e alimenteranno gli apparecchi illuminanti posti su supporti a palo, i centralini interni alle baracche ufficio e spogliatoio e le apparecchiature elettroniche per la video sorveglianza.

L'impianto di illuminazione dell'area in oggetto verrà realizzato con proiettori su supporto a palo, l'illuminazione sarà funzionale alle attività svolte nella zona baracche ufficio e nella zona di riempimento a quota -10m.

All'interno dello scavo della zona ingresso, verrà installato il dispersore per la realizzazione dell'impianto di messa a terra; il collettore principale verrà installato all'interno del quadro elettrico Generale.

### 6.1. Pulsante d'emergenza

Sulla parete esterna della Baracca Ufficio, verrà installato un pulsante d'EMERGENZA per l'impianto elettrico.

Il pulsante agirà sulla bobina d'apertura accoppiata all'interruttore automatico del quadro sotto contatore.

## 7. Criteri di Sicurezza ELETTRICA

### 7.1. Protezione contro i contatti diretti

Tale protezione è prevista in conformità alle prescrizioni della Norma CEI 64-8/4 art. 412 e 481.2, esclusivamente secondo le modalità:

- isolamento delle parti attive (art. 412.1);
- adozione di involucri o barriere (art. 412.2) che garantiscano il prescritto grado di protezione contro i contatti diretti.

N.B. Per realizzare l'accoppiamento di parti nel rispetto del prescritto grado di protezione, si è richiesta l'adozione di idonei accessori.

Non sono state consentite le misure di protezione del tipo:

- mediante ostacoli;
- mediante distanziamento.

### 7.2. Protezione contro i contatti indiretti

In generale la protezione è prevista in conformità alle prescrizioni della Norma CEI 64-8/4 art. 413 e 481.3, esclusivamente secondo le modalità:

- mediante interruzione automatica della alimentazione (art. 413.1);
- mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente (art. 413.2).
- per fase-terra è stata adottata la protezione differenziale con corrente di intervento **non superiore a 30 mA** coordinato con la resistenza di terra.

Secondo la Norma CEI 64-8 la resistenza di terra dovrà soddisfare la seguente relazione:

$R_t = V_t / I_d$
-------------------

Dove :

- $R_t$ = resistenza dell'impianto di terra

- $V_t$ = **tensione di contatto (25V)**

- $I_d$ = corrente nominale dell'interruttore differenziale utilizzato a protezione dei circuiti .

### 7.3. Protezione delle condutture contro le sovracorrenti

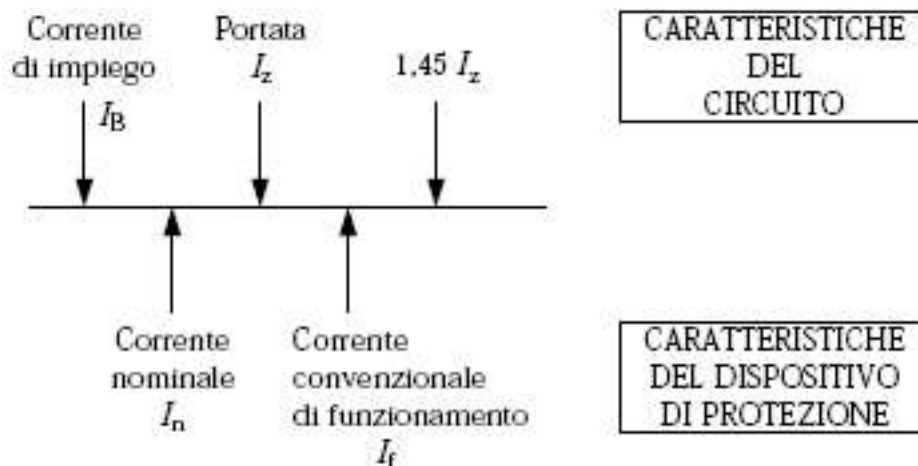
#### SOVRACCARICO

Ogni circuito è previsto protetto da un interruttore magnetotermico che ne garantisce la protezione contemporanea contro sovraccarichi e corto circuiti.

Per la protezione da sovraccarico sono garantite le condizioni (CEI 64-8/4 art. 433.2)

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1.45 \times I_z$$



dove :

$I_b$ = corrente di impiego delle conduttura

$I_z$ = portata della conduttura

$I_n$ = corrente nominale del dispositivo di protezione

$I_f$ = corrente convenzionale di funzionamento del dispositivo di protezione

## CORTOCIRCUITO

Per la protezione contro il corto circuito è garantito che (art. 434.3).

- il potere d'interruzione dell'interruttore sia superiore al valore della I<sub>cc</sub>;
- per tutti i valori della corrente di guasto, la caratteristica d'intervento del dispositivo di protezione, soddisfano l'equazione :

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

dove :

t= durata in secondi

I= corrente di corto circuito (valore efficace)

S= sezione dei conduttori mmq

K= coefficiente il cui valore è riportato nella Norma CEI 64-8 e che varia al variare del tipo di cavo;

115 per cavi in rame isolati in PVC

135 per cavi in rame isolati in gomma ordinaria

143 per cavi in rame isolati in gomma e polietilene reticolato.

Le protezioni contro il sovraccarico sono installate a monte dei conduttori protetti.

## 8. Calcoli elettrici degli impianti in progetto

### 8.1. 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:

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

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

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

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

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nella quale *coeff* è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza  $P_n$ , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle  $P_d$  delle utenze a valle ( $\sum P_d$  a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

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

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

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

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

## 8.2. Dimensionamento dei cavi

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

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

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

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

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



L'individuazione della sezione si effettua utilizzando 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)

Il programma gestisce ulteriori tabelle, specifiche per alcuni paesi. L'elenco completo è disponibile nei Riferimenti normativi.

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

La portata minima del cavo viene calcolata come:

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

dove il coefficiente  $k$  ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

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

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente  $k$ ) sia superiore alla  $I_{z \min}$ . Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

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

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

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

### 8.3. Integrale di Joule

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

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

La costante K viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

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

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

#### 8.4. Dimensionamento dei conduttori di neutro

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, 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  $16 \text{ mm}^2$ ;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a  $16 \text{ mm}^2$  se il conduttore è in rame e a  $25 \text{ mm}^2$  se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di  $16 \text{ mm}^2$  se conduttore in rame e  $25 \text{ mm}^2$  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, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

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

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

## 8.5. Dimensionamento dei conduttori di protezione

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

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

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

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

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

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

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;

E' 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;

## 8.6. Calcolo della temperatura dei cavi

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

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

esprese in °C.

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

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

## 8.7. 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:

$$c.d.t(ib) = \max \left( \left| \sum_{i=1}^k \dot{Z}f_i \cdot \dot{I}f_i - \dot{Z}n_i \cdot \dot{I}n_i \right| \right)_{f=R,S,T}$$

con  $f$  che rappresenta le tre fasi R, S, T;

con  $n$  che rappresenta il conduttore di neutro;

con  $i$  che 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.

## **8.8. 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 della 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 11-25.

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



## 8.9. Bassa tensione

Questa può essere utilizzata quando il circuito è alimentato alla rete di distribuzione in bassa tensione, oppure quando il circuito da dimensionare è collegato in sottoquadro ad una rete preesistente di cui si conosca la corrente di cortocircuito sul punto di consegna.

I dati richiesti sono:

- tensione concatenata di alimentazione espressa in V;
- corrente di cortocircuito trifase della rete di fornitura espressa in kA (usualmente 10 kA).
- corrente di cortocircuito monofase della rete di fornitura espressa in kA (usualmente 6 kA).

Dai primi due valori si determina l'impedenza diretta corrispondente alla corrente di cortocircuito  $I_{cctrif}$ , in mΩ:

$$Z_{cctrif} = \frac{V_2}{\sqrt{3} \cdot I_{cctrif}}$$

In base alla tabella fornita dalla norma CEI 17-5 che fornisce il  $\cos \phi_{cc}$  di cortocircuito in relazione alla corrente di cortocircuito in kA, si ha:

$50 < I_{cctrif}$	$\cos \phi_{cc} = 0.2$
$20 < I_{cctrif} \leq 50$	$\cos \phi_{cc} = 0.25$
$10 < I_{cctrif} \leq 20$	$\cos \phi_{cc} = 0.3$
$6 < I_{cctrif} \leq 10$	$\cos \phi_{cc} = 0.5$
$4.5 < I_{cctrif} \leq 6$	$\cos \phi_{cc} = 0.7$
$3 < I_{cctrif} \leq 4.5$	$\cos \phi_{cc} = 0.8$
$1.5 < I_{cctrif} \leq 3$	$\cos \phi_{cc} = 0.9$
$I_{cctrif} \leq 1.5$	$\cos \phi_{cc} = 0.95$

da questi dati si ricava la resistenza alla sequenza diretta, in mΩ:

$$R_d = Z_{cctrif} \cdot \cos \phi_{cc}$$

ed infine la relativa reattanza alla sequenza diretta, in mΩ:

$$X_d = \sqrt{Z_{cctrif}^2 - R_d^2}$$

Dalla conoscenza della corrente di guasto monofase  $I_{k1}$ , è possibile ricavare i valori dell'impedenza omopolare.

Invertendo la formula:

$$I_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_2}{\sqrt{(2 \cdot R_d + R_0)^2 + (2 \cdot X_d + X_0)^2}}$$

con le ipotesi  $\frac{R_0}{X_0} = \frac{Z_0}{X_0} \cdot \cos \varphi_{cc}$ , cioè l'angolo delle componenti omopolari uguale a quello delle componenti dirette, si ottiene:

$$R_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot V}{I_{k1}} \cdot \cos \varphi_{cc} - 2 \cdot R_d$$

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

### 8.10. 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 della utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

### 8.11. Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

- a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione  $C_{max}$ ;
- b) impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza data dalle tabelle UNEL 35023-2012 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in mΩ risulta:

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

dove  $\Delta T$  è 50 o 70 °C.

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

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

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

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

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

La reattanza è invece:

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

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

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

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

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

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

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

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

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

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

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

Per il conduttore di neutro si ha:

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

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

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

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

$$X_{0sbarraPE} = X_{dsbarra} + 3 \cdot (X_{anello\_guasto} - X_{dsbarra})$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

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

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

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

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

Fase terra:

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

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

$$\begin{aligned} I_{k \max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \min}} \\ I_{k1Neutr \max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr \min}} \\ I_{k1PE \max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \min}} \\ I_{k2 \max} &= \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k \min}} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} I_p &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k \max} \\ I_{p1Neutro} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutr \max} \\ I_{p1PE} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE \max} \\ I_{p2} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max} \end{aligned}$$

dove:

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

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.

### 8.12. Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 11.25 par 2.5 per quanto riguarda:

- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione di 0.95 (tab. 1 della norma CEI 11-25);
- in media e alta tensione il fattore è pari a 1;
- guasti permanenti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto permanente.

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:

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}I_{k\min} &= \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\max}} \\I_{k1Neutr\ominus\min} &= \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr\ominus\max}} \\I_{k1PE\min} &= \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\max}} \\I_{k2\min} &= \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k\max}}\end{aligned}$$

### 8.13. Calcolo guasti bifase-neutro e bifase-terra

Riportiamo le formule utilizzate per il calcolo dei guasti. Chiamiamo con  $Z_d$  l'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:

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

### 8.14. 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 della 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 ( $I_{mag \max}$ ).



### 8.15. 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:
  - $I_{ccmin} \square I_{inters min}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_a$ );
  - $I_{ccmax} \square I_{inters max}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_b$ ).
- b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
  - $I_{ccmin} \square I_{inters min}$ .
- c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
  - $I_{cc max} \square I_{inters max}$ .

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 eseguita dal programma 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.

### **8.16. Verifica di selettività**

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

- Corrente la 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.

### 8.17. Massima lunghezza protetta

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

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

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

Pertanto:

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

Dove:

- U: è la tensione concatenata per il neutro non distribuito e di fase per neutro distribuito;
- $\rho$ : è la resistività a 20°C del conduttore;
- m: rapporto tra sezione del conduttore di fase e di neutro (se composti dello stesso materiale);
- Imag: taratura della magnetica.

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

- 0.9 per sezioni di 120 mm<sup>2</sup>;
- 0.85 per sezioni di 150 mm<sup>2</sup>;
- 0.8 per sezioni di 185 mm<sup>2</sup>;
- 0.75 per sezioni di 240 mm<sup>2</sup>;

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

## **9. Calcoli del dimensionamento dell'impianto elettrico**

## Stato utenze

## Utenza

+NICCHIA CONTATORI.Q-0-Q-0.0

INTERRUTTORE GENERALE

Coord.  $I_b < I_{ns} < I_z$  [A]

	$I_b$	$\leq$	$I_{ns}$	$\leq$	$I_z$	
Fase	15,152		32		72	1) Utenza +NICCHIA CONTATORI.Q-0-Q-0.0: $I_{ns} = 32$ [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	0,519		32		72	

## Verifica contatti indiretti

la c.i. [A]	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Tempo di interruzione [s]	9	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
VT a la c.i. [V]	1	La protezione dell'utenza +NICCHIA CONTATORI.Q-0-Q-0.0
	50	interviene tramite sgancio differenziale; $I_{prot.} = 1 \leq I_{a.c.i.} = 9$

## Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea	Verificato
$PdI \geq I_{km\ max}$	$/ I_{km\ max} [^\circ]$
10	60

Sg. mag.  $< I_{magmax}$  [A]

Sg. mag.	$<$	$I_{magmax}$
320		453,115

## Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	5G16
Lunghezza linea [m]	100
Temperatura cavo a $I_b$ [ $^\circ$ C]	20 $\leq$ 23 $\leq$ 90
Temperatura cavo a $I_n$ [ $^\circ$ C]	20 $\leq$ 34 $\leq$ 90

 $K^2S^2 > I^2t$  [A $^2$ s]

	Verificato
$K^2S^2$ conduttore fase	$5,235 \cdot 10^6$
$K^2S^2$ neutro	$5,235 \cdot 10^6$
$K^2S^2$ PE	$5,235 \cdot 10^6$

## Caduta di tensione [%]

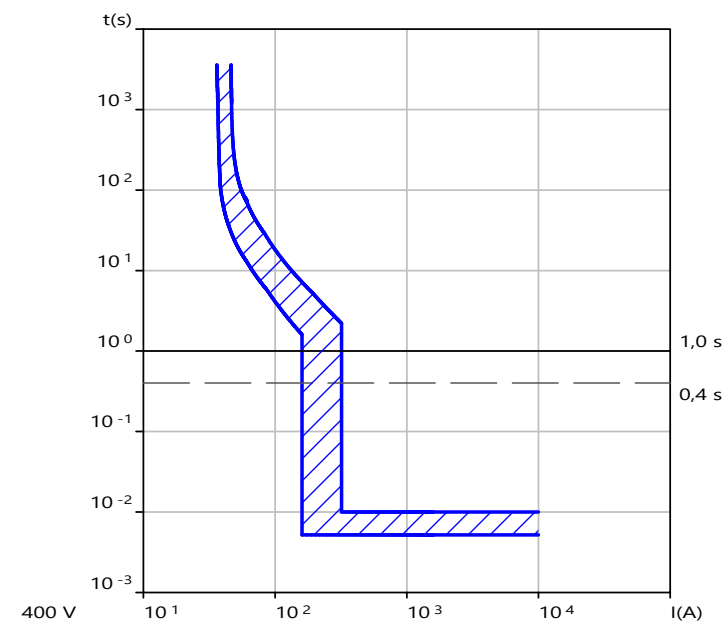
Tensione nominale [V]		400
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,959	0,959	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
2.037	2.037	

## Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Trifase	1,715	0,897	4,885
Bifase	1,485	0,777	5,323
Bifase-N	1,526	0,788	5,409
Fase-N	0,875	0,453	4,487
A transitorio fondo linea			
	$I_{kv\ max}$	$/ I_{kv\ max} [^\circ]$	
	1,715	11,78	

## Protezione

ABB - S 204 M-C - 32 A



Utenza		SEZIONATORE GENERALE	
+BARACCA 1.Q-1-Q-1.0			
Coord. Ib <= Ins < Iz [A]		1) Utenza +NICCHIA CONTATORI.Q-0-Q-0.0: Ins = 32 [A] (sgancio protezione termica)	
Fase	Ib <= Ins < Iz		
Neutro	Ib <= Ins < Iz		
Verifica contatti indiretti		Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).	
Ia c.i. [A]	9		
Tempo di interruzione [s]	1		
VT a Ia c.i. [V]	50		
Icw [kA]			
Icw: corrente ammissibile di breve durata			
Icw	Tcw	Verificato	
0,8	1		
Caduta di tensione [%]		Correnti di guasto [kA]	
Tensione nominale [V]		A regime fondo linea, Picco a inizio linea	
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max	
0	0,959	4	
Cdt (In)	CdtT (In)		
0	2,037		
		A transitorio fondo linea	
		Ikv max	/ _ Ikv max [°]
		1,715	11,78
		Protezione	
		ABB - EB 204-63A - 63 A	

Utenza		+BARACCA 1.Q-1-Q-1.1		SCARICATORI SOVRATENSIONE	
Coord. Ib < Ins < Iz [A]		Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase				32	36
Neutro		0		32	36
		1) Utenza +NICCHIA CONTATORI.Q-0-Q-0.0: Ins = 32 [A] (sgancio protezione termica)			
Verifica contatti indiretti		Utenza di tipo SPD.			
Ia c.i. [A]		8,998			
Tempo di interruzione [s]		0,4			
VT a Ia c.i. [V]		50			
Potere di interruzione [kA]					
A transitorio inizio linea		Verificato			
PdI >= Ikm max		/_Ikm max [°]			
120		1,715		11,78	
Cavo					
Designazione		FS17 450/750V Cca-s3,d1,a3			
Formazione		4x(1x6)+1G6			
Lunghezza linea [m]		0,3			
Temperatura cavo a Ib [°C]		30	<=	30	<= 70
Temperatura cavo a In [°C]		30	<=	62	<= 70
K²S²>I²t [A²s]					
		Verificato			
K²S² conduttore fase		4,761*10 <sup>5</sup>			
K²S² neutro		4,761*10 <sup>5</sup>			
K²S² PE		7,362*10 <sup>5</sup>			
Correnti di guasto [kA]					
A regime fondo linea, Picco a inizio linea		Max	Min	Picco	
Trifase		1,702	0,891	2,341	
Bifase		1,474	0,772	2,142	
Bifase-N		1,515	0,783	2,201	
Fase-N		0,869	0,45	1,334	
A transitorio fondo linea		Ikv max	/_Ikv max [°]		
		1,702	11,71		
Caduta di tensione [%]					
Tensione nominale [V]		400			
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max			
0	0,959	4			
Cdt (In)	CdtT (In)				
0,015	2,052				
Protezione		ABB - E 94/32 - 32 A SIEMENS - NH 00-gL 32A			

## Stato utenze

## Utenza

+BARACCA 1.Q-1-Q-1.2

QUADRO SERVIZI BARACCA | UFFICIO

Coord.  $I_b < I_{ns} < I_z$  [A]

	$I_b$	$\leq$	$I_{ns}$	$\leq$	$I_z$	
Fase	8,418		20		49	1) Utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.2: $I_{ns} = 20$ [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	8,418		20		49	

## Verifica contatti indiretti

la c.i. [A]	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Tempo di interruzione [s]	8,969	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
VT a la c.i. [V]	0,4	La protezione dell'utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.2
	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 $\leq$ la c.i. = 8,969

## Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea	Verificato
PdI $\geq$ Ikm max	/ Ikm max [°]
6	0,875 10,002

Sg. mag. <  $I_{magmax}$  [A]

Sg. mag.	<	$I_{magmax}$
200		420,343

## Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	3G6
Lunghezza linea [m]	3
Temperatura cavo a $I_b$ [°C]	20 $\leq$ 22 $\leq$ 90
Temperatura cavo a $I_n$ [°C]	20 $\leq$ 32 $\leq$ 90

 $K^2S^2 > I^2t$  [A²s]

	Verificato
$K^2S^2$ conduttore fase	$7,362 \cdot 10^5$
$K^2S^2$ neutro	$7,362 \cdot 10^5$
$K^2S^2$ PE	$7,362 \cdot 10^5$

## Caduta di tensione [%]

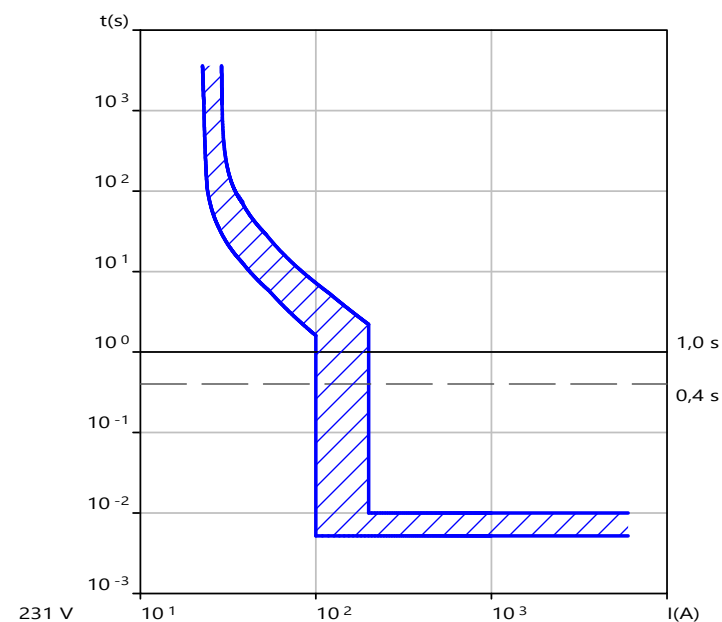
Tensione nominale [V]	231	
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,084	0,951	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
0.199	2.236	

## Correnti di guasto [kA]

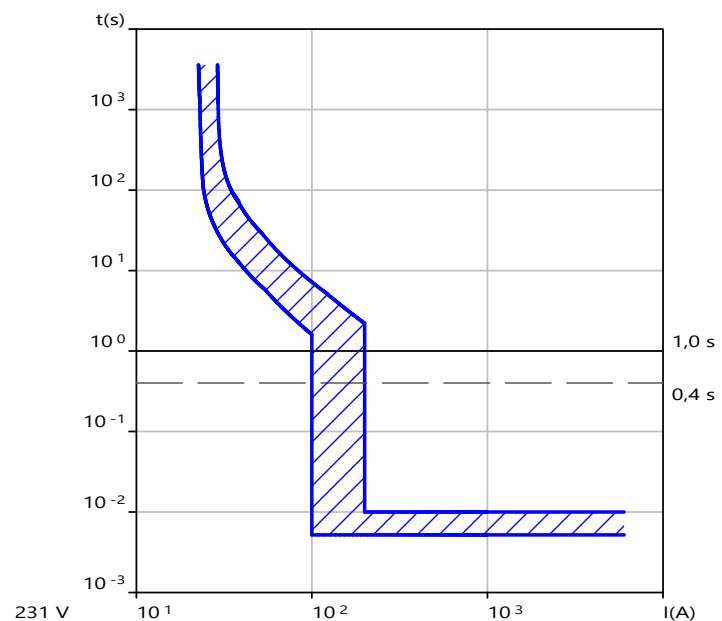
A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,815	0,42	1,334
A transitorio fondo linea			
	Ikv max	/ Ikv max [°]	
	0,815	9,392	

## Protezione

ABB - S 202-C - 20 A





Utenza				QUADRO SERVIZI BARACCA   SPOGLIATOIO			
+BARACCA 1.Q-1-Q-1.3							
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				1) Utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.3: Ins = 20 [A] (sgancio protezione termica)			
Fase	Ib	<=	Ins	<=	Iz		
	9,62		20		49		
Neutro	9,62		20		49		
Verifica contatti indiretti				Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.			
Verificato				(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)			
Ia c.i. [A]	8,8			La protezione dell'utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.3			
Tempo di interruzione [s]	0,4			interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 8,8			
VT a Ia c.i. [V]	50						
Potere di interruzione [kA]				Sg. mag.<Imagmax [A]			
Verificato				Verificato			
A transitorio inizio linea	PdI >= Ikm max /_Ikm max [°]			Sg. mag.		< Imagmax	
6	0,875 10,002			200		298,052	
Cavo				K²S²>I²t [A²s]			
Verificato				Verificato			
Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3			K²S² conduttore fase		7,362*10⁵	
Formazione	3G6			K²S² neutro		7,362*10⁵	
Lunghezza linea [m]	20			K²S² PE		7,362*10⁵	
Temperatura cavo a Ib [°C]	20 <= 23 <= 90						
Temperatura cavo a In [°C]	20 <= 32 <= 90						
Caduta di tensione [%]				Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V] 231				A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max			Max	Min	Picco
0,638	1,598	4		Fase-N	0,586	0,298	1,334
Cdt (In)	CdtT (In)			A transitorio fondo linea			
1,326	3,362				Ikv max	/_IkV max [°]	
					0,586	7,079	
Protezione							
ABB - S 202-C - 20 A							
							

## Utenza

+BARACCA 1.Q-1-Q-1.4

PESA | (predisposizione)

Coord.  $I_b < I_{ns} < I_z$  [A]

	$I_b$	$\leq$	$I_{ns}$	$\leq$	$I_z$	
Fase	5,772		16		40	1) Utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.4: $I_{ns} = 16$ [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	5,772		16		40	

## Verifica contatti indiretti

la c.i. [A]	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Tempo di interruzione [s]	8,426	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
VT a la c.i. [V]	0,4	La protezione dell'utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.4
	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 $\leq$ la c.i. = 8,426

## Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea	Verificato
PdI $\geq$ I <sub>km</sub> max	/ I <sub>km</sub> max [°]
6	0,875 10,002

Sg. mag. < I<sub>magmax</sub> [A]

Sg. mag.	<	I <sub>magmax</sub>
160		176,944

## Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	3G4
Lunghezza linea [m]	40
Temperatura cavo a $I_b$ [°C]	30 $\leq$ 31 $\leq$ 90
Temperatura cavo a $I_n$ [°C]	30 $\leq$ 40 $\leq$ 90

 $K^2S^2 > I^2t$  [A<sup>2</sup>s]

	Verificato
$K^2S^2$ conduttore fase	$3,272 \cdot 10^5$
$K^2S^2$ neutro	$3,272 \cdot 10^5$
$K^2S^2$ PE	$3,272 \cdot 10^5$

## Caduta di tensione [%]

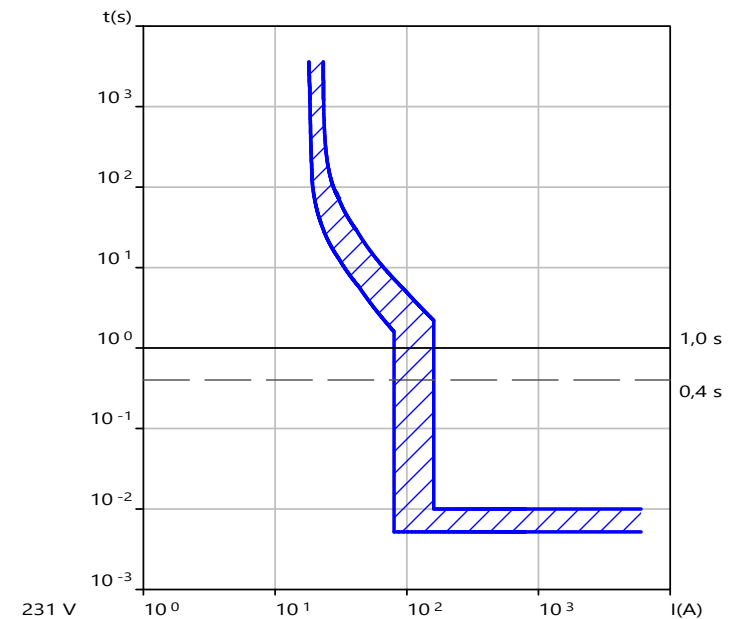
Tensione nominale [V]		231
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
1,144	2,082	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
3,173	5,21	

## Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,352	0,177	1,323
A transitorio fondo linea			
	I <sub>kv</sub> max	/ I <sub>kv</sub> max [°]	
	0,352	4,514	

## Protezione

ABB - S 202-C - 16 A



## Stato utenze

## Utenza

+BARACCA 1.Q-1-Q-1.5

CANCELLO CARRAIO | (predisposizione)

Coord.  $I_b < I_{ns} < I_z$  [A]

	$I_b$	$\leq$	$I_{ns}$	$\leq$	$I_z$	
Fase	8,658		16		40	1) Utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.5: $I_{ns} = 16$ [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	8,658		16		40	

## Verifica contatti indiretti

la c.i. [A]	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Tempo di interruzione [s]	8,294	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
VT a la c.i. [V]	0,4	La protezione dell'utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.5
	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 $\leq$ la c.i. = 8,294

## Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea	Verificato
PdI $\geq$ I <sub>km</sub> max	/ I <sub>km</sub> max [°]
6	0,875 10,002

Sg. mag. < I<sub>magmax</sub> [A]

Sg. mag.	<	Verificato ( $K^2S^2 > I^2t$ )
160		I <sub>magmax</sub>
		153,528

## Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	3G4
Lunghezza linea [m]	50
Temperatura cavo a $I_b$ [°C]	30 $\leq$ 33 $\leq$ 90
Temperatura cavo a $I_n$ [°C]	30 $\leq$ 40 $\leq$ 90

 $K^2S^2 > I^2t$  [A<sup>2</sup>s]

	Verificato
$K^2S^2$ conduttore fase	$3,272 \cdot 10^5$
$K^2S^2$ neutro	$3,272 \cdot 10^5$
$K^2S^2$ PE	$3,272 \cdot 10^5$

## Caduta di tensione [%]

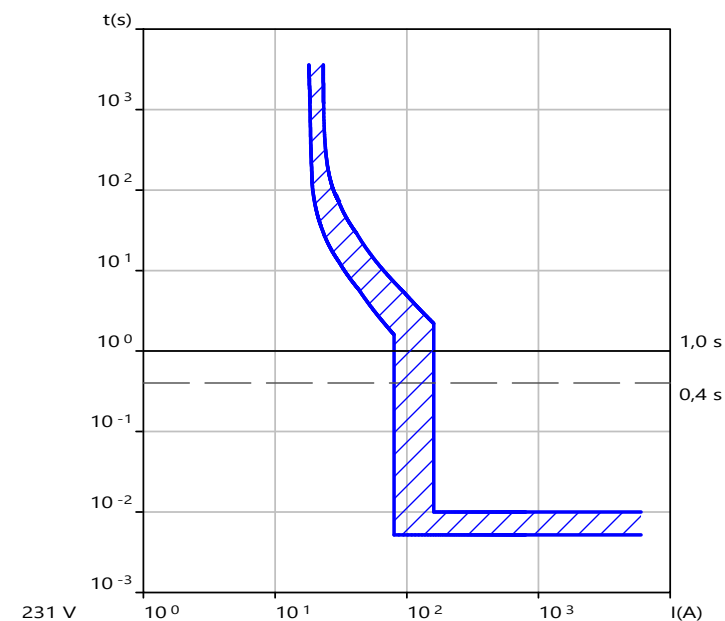
Tensione nominale [V]		231
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
2,148	3,088	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
3,968	6,005	

## Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,306	0,154	1,323
A transitorio fondo linea			
	I <sub>kv</sub> max	/ I <sub>kv</sub> max [°]	
	0,306	4,034	

## Protezione

ABB - S 202-C - 16 A



IMPIANTO LAVA RUOTE | (predisposizione)

	lb	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.6: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)
Fase	7,215		16		40	
Neutro	7,215		16		40	

	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
la c.i. [A]	8,494	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
Tempo di interruzione [s]	0,4	La protezione dell'utenza +BARACCA 1.Q-1.Q-1.6
VT a la c.i. [V]	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= la c.i. = 8,494

A transitorio inizio linea	Verificato
PdI >= lkm max	/_lkm max [°]
6 0,875	10,002

Sg. mag.	<	Verificato
160		Imagmax
		191,551

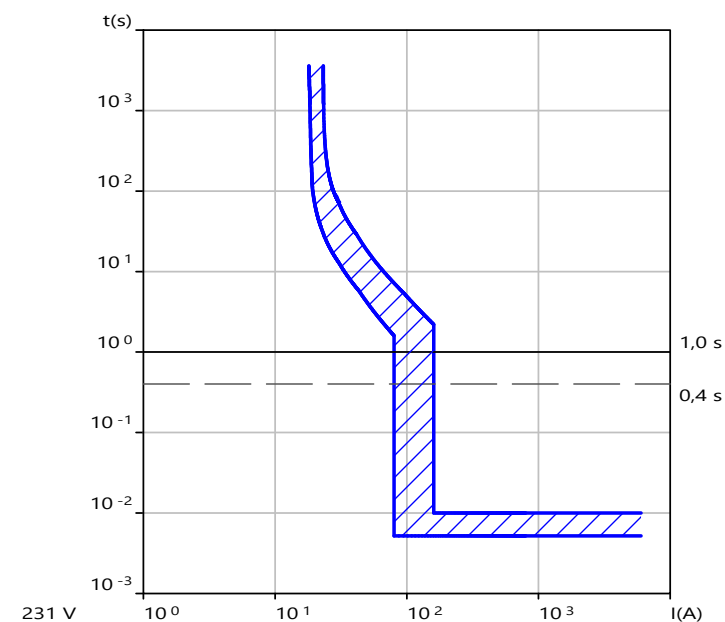
Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3			
Formazione	3G4			
Lunghezza linea [m]	35			
Temperatura cavo a lb [°C]	30	<=	32	<= 90
Temperatura cavo a ln [°C]	30	<=	40	<= 90

	Verificato
K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> conduttore fase	3,272*10 <sup>5</sup>
K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> neutro	3,272*10 <sup>5</sup>
K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> PE	3,272*10 <sup>5</sup>

Tensione nominale [V]	231	
Cdt (lb)	CdtT (lb)	Cdt max
1,252	2,121	4
Cdt (ln)	CdtT (ln)	
2,776	4,813	

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,381	0,192	1,323
A transitorio fondo linea			
	Ik <sub>v</sub> max	/_Ik <sub>v</sub> max [°]	
	0,381	4,811	

ABB - S 202-C - 16 A



## Stato utenze

## Utenza

+BARACCA 1.Q-1-Q-1.7

QUADRO RACK DATI

Coord.  $I_b < I_{ns} < I_z$  [A]

	$I_b$	$\leq$	$I_{ns}$	$\leq$	$I_z$	
Fase	2,405		16		30	1) Utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.7: $I_{ns} = 16$ [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	2,405		16		30	

## Verifica contatti indiretti

la c.i. [A]	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Tempo di interruzione [s]	8,926	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
VT a la c.i. [V]	0,4	La protezione dell'utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.7
	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,03 $\leq$ la c.i. = 8,926

## Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea	Verificato
PdI $\geq$ Ikm max	/ Ikm max [°]
6	0,875 10,002

Sg. mag. <  $I_{magmax}$  [A]

Sg. mag.	<	$I_{magmax}$
160		381,312

## Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	3G2.5
Lunghezza linea [m]	3
Temperatura cavo a $I_b$ [°C]	30 $\leq$ 30 $\leq$ 90
Temperatura cavo a $I_n$ [°C]	30 $\leq$ 47 $\leq$ 90

 $K^2S^2 > I^2t$  [A²s]

	Verificato
$K^2S^2$ conduttore fase	$1,278 \cdot 10^5$
$K^2S^2$ neutro	$1,278 \cdot 10^5$
$K^2S^2$ PE	$1,278 \cdot 10^5$

## Caduta di tensione [%]

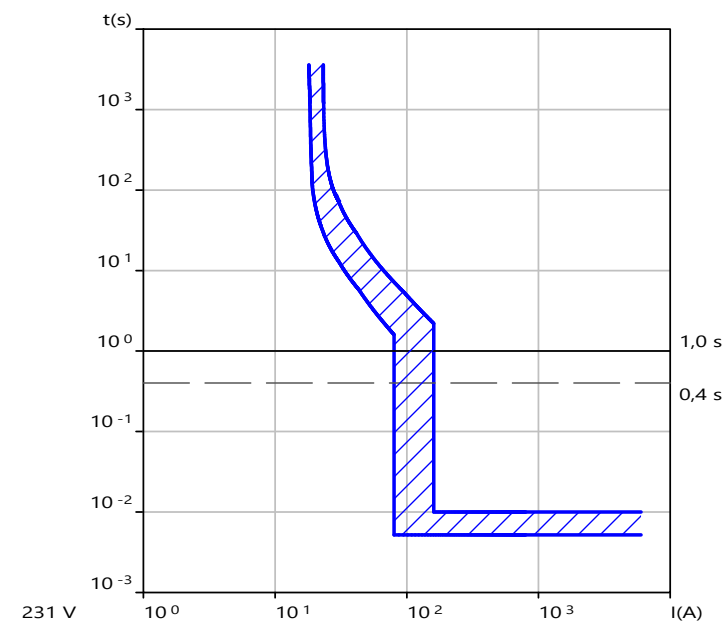
Tensione nominale [V]		231
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,057	0,993	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
0,382	2,419	

## Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,743	0,381	1,323
A transitorio fondo linea			
	Ikv max	/_Ikv max [°]	
	0.743	8.563	

## Protezione

ABB - S 202-C - 16 A



## Utenza

+BARACCA 1.Q-1-Q-1.8

BOX TELECAMERA | CAVA

Coord.  $I_b < I_{ns} < I_z$  [A]

	$I_b$	$\leq$	$I_{ns}$	$\leq$	$I_z$	
Fase	2,405		10		51	1) Utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.8: $I_{ns} = 10$ [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	2,405		10		51	

## Verifica contatti indiretti

la c.i. [A]	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Tempo di interruzione [s]	7,841	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
VT a la c.i. [V]	0,4	La protezione dell'utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.8
	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,03 $\leq$ la c.i. = 7,841

## Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea	Verificato
PdI $\geq$ I <sub>km</sub> max	/ I <sub>km</sub> max [°]
6	0,875 10,002

Sg. mag. < I<sub>magmax</sub> [A]

Sg. mag. <	Verificato
I <sub>magmax</sub>	
100	103,291

## Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	3G6
Lunghezza linea [m]	130
Temperatura cavo a $I_b$ [°C]	30 $\leq$ 30 $\leq$ 90
Temperatura cavo a $I_n$ [°C]	30 $\leq$ 32 $\leq$ 90

 $K^2S^2 > I^2t$  [A²s]

	Verificato
$K^2S^2$ conduttore fase	$7,362 \cdot 10^5$
$K^2S^2$ neutro	$7,362 \cdot 10^5$
$K^2S^2$ PE	$7,362 \cdot 10^5$

## Caduta di tensione [%]

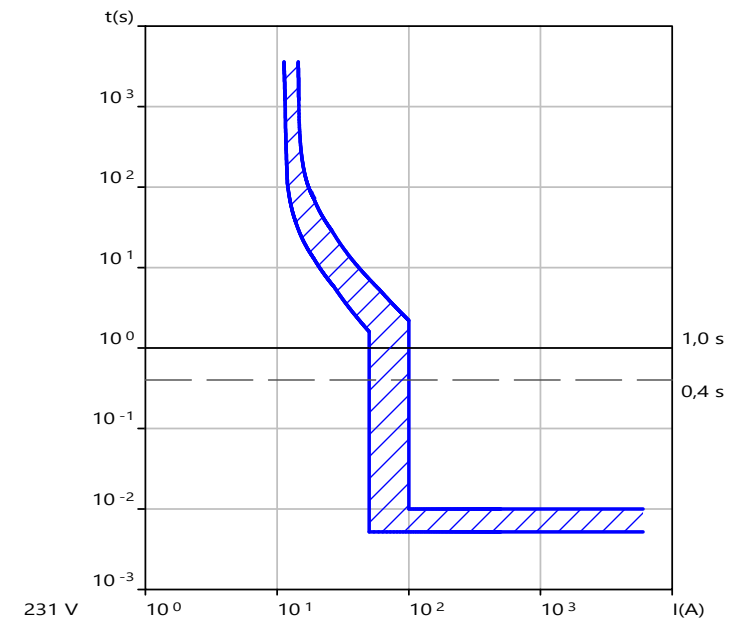
Tensione nominale [V]		231
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
1,037	1,997	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
4,315	6,352	

## Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,207	0,103	1,306
A transitorio fondo linea			
	I <sub>kv</sub> max	/ _I <sub>kv</sub> max [°]	
	0,207	3,276	

## Protezione

ABB - S 202-C - 10 A



## Stato utenze

## Utenza

+BARACCA 1.Q-1-Q-1.9

LUCE NOTTURNA 1

Coord.  $I_b < I_{ns} < I_z$  [A]

	$I_b$	$\leq$	$I_{ns}$	$\leq$	$I_z$	
Fase	0,481		10		17,5	1) Utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.9: $I_{ns} = 10$ [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	0,481		10		17,5	

## Verifica contatti indiretti

la c.i. [A]	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Tempo di interruzione [s]	8,524	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
VT a la c.i. [V]	0,4	La protezione dell'utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.9
	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,03 $\leq$ la c.i. = 8,524

Potere di interruzione -  $I_{cw}$  [kA]

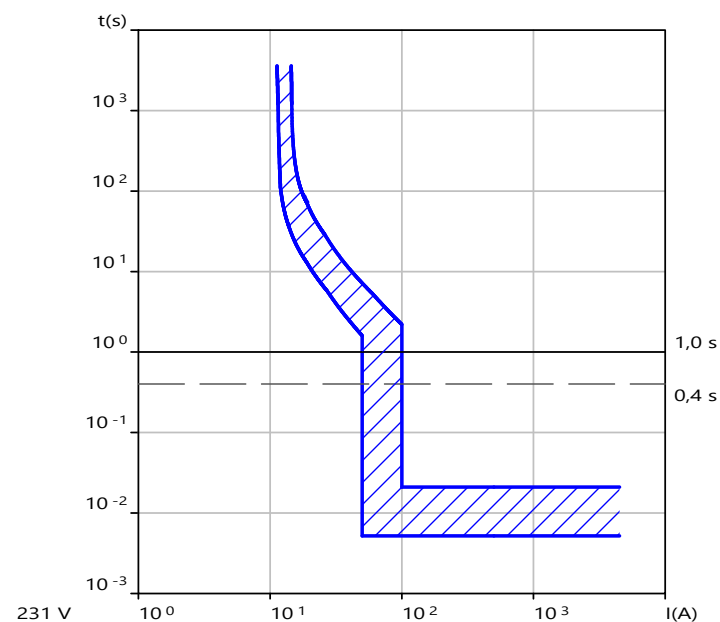
A transitorio inizio linea	Verificato
PdI $\geq$ I <sub>km</sub> max	/ I <sub>km</sub> max [°]
4,5	0,875
I <sub>cw</sub> : corrente ammissibile di breve durata	
I <sub>cw</sub>	T <sub>cw</sub>
0,1	1

Sg. mag. <  $I_{magmax}$  [A]

Sg. mag.	<	$I_{magmax}$
100		198,853

## Protezione

ABB - DS202C L A-C 0.03 - 10 A



## Cavo

Designazione	FS17 450/750V Cca-s3,d1,a3
Formazione	2x(1x1.5)+1G1.5
Lunghezza linea [m]	15
Temperatura cavo a $I_b$ [°C]	30 $\leq$ 30 $\leq$ 70
Temperatura cavo a $I_n$ [°C]	30 $\leq$ 43 $\leq$ 70

 $K^2S^2 > I^2t$  [A²s]

	Verificato
$K^2S^2$ conduttore fase	$2,976 \cdot 10^4$
$K^2S^2$ neutro	$2,976 \cdot 10^4$
$K^2S^2$ PE	$4,601 \cdot 10^4$

## Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]		231
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,09	0,957	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
1.87	3.907	

## Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,35	0,199	0,904
A transitorio fondo linea			
	I <sub>kv</sub> max	/ I <sub>kv</sub> max [°]	
	0,35	4,302	

## Stato utenze

## Utenza

+BARACCA 1.Q-1-Q-1.10

ILLUMINAZIONE INGRESSO E CAVA | SU PALO

## Coord. Ib &lt;= Ins &lt;= Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.10: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)
Fase	4,81		16		49	
Neutro	4,81		16		49	

## Verifica contatti indiretti

la c.i. [A]	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Tempo di interruzione [s]	7,689	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
VT a la c.i. [V]	0,4	La protezione dell'utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.10
	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,03 <= la c.i. = 7,689

## Potere di interruzione - Icw [kA]

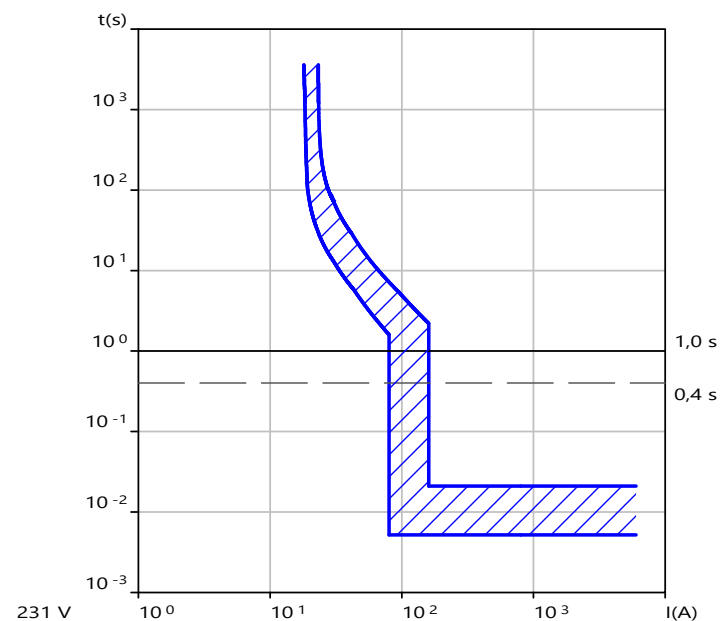
A transitorio inizio linea	Verificato
PdI >= Ikm max	/ _ Ikm max [°]
6	0,875 10,002
Icw: corrente ammissibile di breve durata	
Icw Tcw	Verificato
0,1 1	

## Sg. mag. &lt;= Imagmax [A]

Sg. mag.	<	Imagmax
160		Verificato ( $K^2S^2 > I^2t$ )
		92,319

## Protezione

ABB - DS202C A-C 0.03 - 16 A



## Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	3G6
Lunghezza linea [m]	150
Temperatura cavo a Ib [°C]	20 <= 21 <= 90
Temperatura cavo a In [°C]	20 <= 27 <= 90

 $K^2S^2 > I^2t$  [A²s]

	Verificato
$K^2S^2$ conduttore fase	$7,362 \cdot 10^5$
$K^2S^2$ neutro	$7,362 \cdot 10^5$
$K^2S^2$ PE	$7,362 \cdot 10^5$

## Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]		231
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
2,396	3,359	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
7.982	10.019	

## Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,185	0,092	0,953
A transitorio fondo linea			
	Ikv max	/ _ Ikv max [°]	
	0,185	3,058	



## Stato utenze

## Utenza

+BARACCA 1.Q-1-Q-1.11

AUX QUADRO

Coord.  $I_b < I_{ns} < I_z$  [A]

	$I_b$	$\leq$	$I_{ns}$	$\leq$	$I_z$	
Fase	0,048		6		17,5	1) Utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.11: $I_{ns} = 6$ [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	0,048		6		17,5	

## Verifica contatti indiretti

la c.i. [A]	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Tempo di interruzione [s]	8,967	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
VT a la c.i. [V]	0,4	La protezione dell'utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.11
	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,03 $\leq$ la c.i. = 8,967

## Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea	Verificato
PdI $\geq$ I <sub>km</sub> max	/ I <sub>km</sub> max [°]
6	0,875 10,002

Sg. mag. < I<sub>magmax</sub> [A]

Sg. mag.	<	I <sub>magmax</sub>
60		417,586

## Cavo

Designazione	FS17 450/750V Cca-s3,d1,a3
Formazione	2x(1x1.5)+1G1.5
Lunghezza linea [m]	1
Temperatura cavo a $I_b$ [°C]	30 $\leq$ 30 $\leq$ 70
Temperatura cavo a $I_n$ [°C]	30 $\leq$ 35 $\leq$ 70

 $K^2S^2 > I^2t$  [A<sup>2</sup>s]

	Verificato
$K^2S^2$ conduttore fase	$2,976 \cdot 10^4$
$K^2S^2$ neutro	$2,976 \cdot 10^4$
$K^2S^2$ PE	$4,601 \cdot 10^4$

## Caduta di tensione [%]

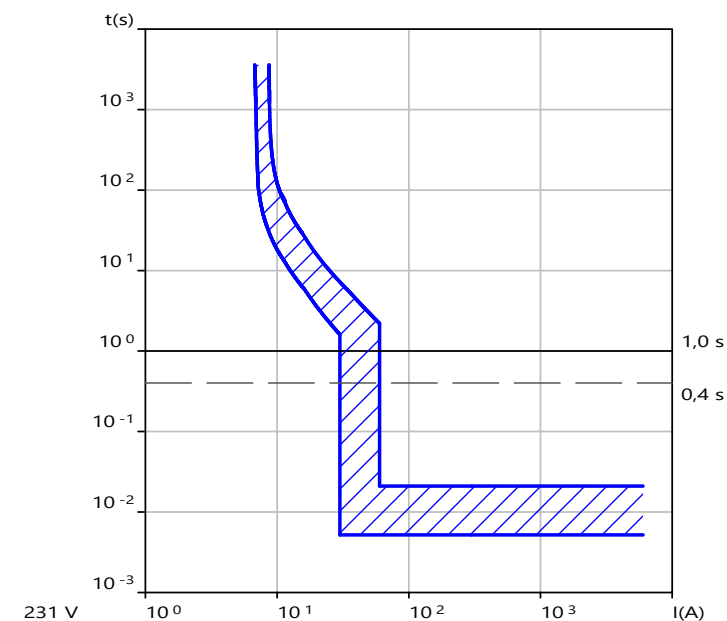
Tensione nominale [V]		231
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,001	0,868	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
0,075	2,112	

## Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,796	0,418	0,803
A transitorio fondo linea			
	I <sub>kv</sub> max	/ I <sub>kv</sub> max [°]	
	0,796	9,14	

## Protezione

ABB - DS202C A-C 0.03 - 6 A



Utenza

+BARACCA 1.Q-1-Q-1.12

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0,048		10		17,5
Neutro	0,048		10		17,5

Verifica contatti indiretti

Verificato

la c.i. [A]

8,967

Tempo di interruzione [s]

0,4

VT a la c.i. [V]

50

Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.

(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)

La protezione dell'utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.12

interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,03 <= la c.i. = 8,967

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea

PdI >= Ikm max

Verificato

6

0,875

10,002

Sg. mag.<Imagmax [A]

Sg. mag.

100

<

Imagmax

417,586

Verificato

Cavo

Designazione

FS17 450/750V Cca-s3,d1,a3

Formazione

2x(1x1.5)+1G1.5

Lunghezza linea [m]

1

Temperatura cavo a Ib [°C]

30 <= 30 <= 70

Temperatura cavo a In [°C]

30 <= 43 <= 70

K²S²>I²t [A²s]

K²S² conduttore fase

2,976\*10⁴

K²S² neutro

2,976\*10⁴

K²S² PE

4,601\*10⁴

Verificato

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]

231

Cdt (Ib)

CdtT (Ib)

Cdt max

0,001

0,868

4

Cdt (In)

CdtT (In)

0,125

2,161

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Fase-N	0,796	0,418	0,904

A transitorio fondo linea

	Ikv max	/ _IkV max [°]
	0,796	9,14

Protezione

ABB - DS202C A-C 0.03 - 10 A

## Stato utenze

## Utenza

+BARACCA 1.Q-1-Q-1.13

RISERVA

Coord.  $I_b < I_{ns} < I_z$  [A]

	$I_b$	$\leq$	$I_{ns}$	$\leq$	$I_z$	
Fase	0,048		16		24	1) Utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.13: $I_{ns} = 16$ [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	0,048		16		24	

## Verifica contatti indiretti

	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
la c.i. [A]	8,98	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
Tempo di interruzione [s]	0,4	La protezione dell'utenza +BARACCA 1.Q-1-Q-1.13
VT a la c.i. [V]	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,03 $\leq$ la c.i. = 8,98

## Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea	Verificato
PdI $\geq$ Ikm max	/ Ikm max [°]
6	0,875 10,002

Sg. mag. <  $I_{magmax}$  [A]

	Verificato
Sg. mag. <	$I_{magmax}$
160	431,095

## Cavo

Designazione	FS17 450/750V Cca-s3,d1,a3
Formazione	2x(1x2.5)+1G2.5
Lunghezza linea [m]	1
Temperatura cavo a $I_b$ [°C]	30 $\leq$ 30 $\leq$ 70
Temperatura cavo a $I_n$ [°C]	30 $\leq$ 48 $\leq$ 70

 $K^2S^2 > I^2t$  [A²s]

	Verificato
$K^2S^2$ conduttore fase	$8,266 \cdot 10^4$
$K^2S^2$ neutro	$8,266 \cdot 10^4$
$K^2S^2$ PE	$1,278 \cdot 10^5$

## Caduta di tensione [%]

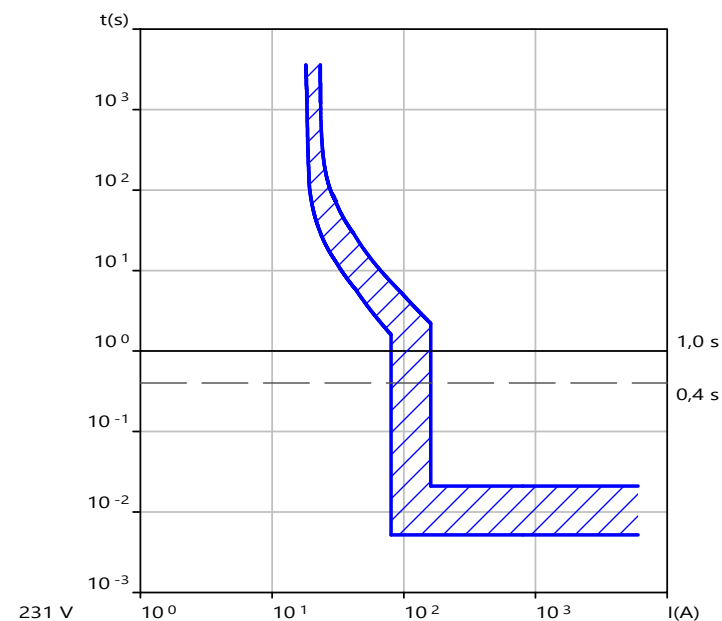
Tensione nominale [V]		231
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,000	0,868	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
0,12	2,157	

## Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,826	0,431	0,953
A transitorio fondo linea			
	Ikv max	/ Ikv max [°]	
	0,826	9,481	

## Protezione


ABB - DS202C A-C 0.03 - 16 A









## Cavetteria

Utenza	Formazione	Materiale	Lc [m]	Iz [A]	T (Ib) [°C]	Tamb [°C]	CdtT (Ib) [%]	Posa cavo
	Designazione	Isolante	Pross.	k decl.	T (In) [°C]	K²S² F [A²s]	CdtT (In) [%]	
	Tab. posa	Tipo posa						








## NICCHIA CONTATORI Q-0

Q-0.0	5G16	RAME	100	72	23,1	20	0,959	
	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	HEPR	1	1	33,8	5,235*10 <sup>6</sup>	2,04	
	CEI-UNEL 35026	61 cavi multipolari in tubi protettivi interrati						

## BARACCA 1 Q-1

Q-1.1	4x(1x6)+1G6	RAME	0,3	36	30	30	0,959	
	FS17 450/750V Cca-s3,d1,a3	PVC	1	1	61,6	4,761*10 <sup>5</sup>	2,05	
	CEI-UNEL 35024/1	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti						
Q-1.2	3G6	RAME	3	49	22,1	20	0,951	
	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	HEPR	1	1	31,7	7,362*10 <sup>5</sup>	2,24	
	CEI-UNEL 35026	61 cavi multipolari in tubi protettivi interrati						
Q-1.3	3G6	RAME	20	49	22,7	20	1,6	
	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	HEPR	1	1	31,7	7,362*10 <sup>5</sup>	3,36	
	CEI-UNEL 35026	61 cavi multipolari in tubi protettivi interrati						
Q-1.4	3G4	RAME	40	40	31,2	30	2,08	
	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	HEPR	1	1	39,6	3,272*10 <sup>5</sup>	5,21	
	CEI-UNEL 35024/1	5A - cavi multipolari in tubi protettivi annegati nella muratura						
Q-1.5	3G4	RAME	50	40	32,8	30	3,09	
	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	HEPR	1	1	39,6	3,272*10 <sup>5</sup>	6,01	
	CEI-UNEL 35024/1	5A - cavi multipolari in tubi protettivi annegati nella muratura						
Q-1.6	3G4	RAME	35	40	32	30	2,12	
	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	HEPR	1	1	39,6	3,272*10 <sup>5</sup>	4,81	
	CEI-UNEL 35024/1	5A - cavi multipolari in tubi protettivi annegati nella muratura						

## Cavetteria

Utenza	Formazione	Materiale	Lc [m]	Iz [A]	T (Ib) [°C]	Tamb [°C]	CdtT (Ib) [%]	Posa cavo
	Designazione	Isolante	Pross.	k decl.	T (In) [°C]	K²S² F [A²s]	CdtT (In) [%]	
	Tab. posa	Tipo posa						
Q-1.7	3G2.5	RAME	3	30	30,4	30	0,993	
	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	HEPR	1	1	47,1	1,278*10 <sup>5</sup>	2,42	
	CEI-UNEL 35024/13A - cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati su pareti							
Q-1.8	3G6	RAME	130	51	30,1	30	2	
	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	HEPR	1	1	32,3	7,362*10 <sup>5</sup>	6,35	
	CEI-UNEL 35024/13A - cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati su pareti							
Q-1.9	2x(1x1.5)+1G1.5	RAME	15	17,5	30	30	0,957	
	FS17 450/750V Cca-s3,d1,a3	PVC	1	1	43,1	2,976*10 <sup>4</sup>	3,91	
	CEI-UNEL 35024/13 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti							
Q-1.10	3G6	RAME	150	49	20,7	20	3,36	
	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	HEPR	1	1	27,5	7,362*10 <sup>5</sup>	10	
	CEI-UNEL 3502661 cavi multipolari in tubi protettivi interrati							
Q-1.11	2x(1x1.5)+1G1.5	RAME	1	17,5	30	30	0,868	
	FS17 450/750V Cca-s3,d1,a3	PVC	1	1	34,7	2,976*10 <sup>4</sup>	2,11	
	CEI-UNEL 35024/13 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti							
Q-1.12	2x(1x1.5)+1G1.5	RAME	1	17,5	30	30	0,868	
	FS17 450/750V Cca-s3,d1,a3	PVC	1	1	43,1	2,976*10 <sup>4</sup>	2,16	
	CEI-UNEL 35024/13 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti							
Q-1.13	2x(1x2.5)+1G2.5	RAME	1	24	30	30	0,868	
	FS17 450/750V Cca-s3,d1,a3	PVC	1	1	47,8	8,266*10 <sup>4</sup>	2,16	
	CEI-UNEL 35024/13 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti							