



CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE

Via Cagliari n. 170 – Oristano

**RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO DELL'ACQUIFERO
DELLA PIANA DI ARBOREA DA NITRATI DI ORIGINE
AGRO-ZOOTECNICA MEDIANTE TECNOLOGIE
DIFFUSE DI BIORISANAMENTO IN SITU**

C.A.T. P0722

C.U.P.: G52E22000400002

C.I.G.:

PROGETTO ESECUTIVO

Progettista
Ing. Gian Luca Zuddas

Consulente scientifico
Prof. Antonio Coppola

Collaboratori per la progettazione
Ing. Fabrizio Musiu
Ing. Eleonora Trudu
Geom. Matteo Casciu

Responsabile unico del Progetto
Dott. Agr. Serafino Angelo Meloni

Committente
Consorzio di Bonifica dell'Oristanese
Il Presidente
Dott. Carlo Corrias

Titolo

Allegato

**RELAZIONE DI CALCOLO
IMPIANTO ELETTRICO**

C

Rev.	Data	Nome file	Redattore	Verificatore
00	10/02/2023	1504P0722relemeletrFC	P.E. F. Cotza	Ing. G. Bravin
01	11/07/2024	1504P0722relemeletrRev01FM	Ing.F. Musiu	Ing. G. Bravin

Fascicolo tecnico

Commessa:

Descrizione:

Cliente:

Responsabile:

Data: 09/07/2024

Alimentazioni:

Tipo di quadro:

Grado di protezione:

Materiali usati:

Riferimenti:

Operatore:

Note:

RELAZIONE SUL CALCOLO ESEGUITO

Calcolo delle correnti di impiego

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

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

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:

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

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

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

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

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

nella quale I_{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 (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 (Q_d a valle).

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

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{Q}{P}\right)^2}}$$

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:

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

$$b) I_f \leq 1.45 I_z$$

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 software 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.

Relazione di calcolo

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 prossimit  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 prossimit ).

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   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 pu  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) sar  sempre verificata.

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

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:

$$I^2 It = K^2 IS^2$$

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 sopracitati riportano per  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

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

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm² se conduttore in rame e 25 mm² se 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:

Relazione di calcolo

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

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

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:

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

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:

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

dove:

- S_p - la sezione del conduttore di protezione (mm²);
- I - il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t - il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K - 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, deve essere adottata la sezione unificata più vicina al valore calcolato.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

2,5 mm² rame o 16 mm² alluminio se è prevista una protezione meccanica;

Relazione di calcolo

4 mm² o 16 mm² 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 mm² se in rame;

35 mm² se in alluminio;

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:

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

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

esprese in °C.

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

Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando. Esso è pari a:

$$\alpha_{\text{cavo}} = T_z - T_{\text{ambiente}}$$

dove T_z è la massima temperatura di esercizio del cavo.

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:

$$c.d.t(i_b) = \max_{i=1}^k \left| \sum_{f=R,S,T} Z_f I_{fi} - Z_n I_{ni} \right| \quad \left|_{f=R,S,T} \right|$$

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:

$$c.d.t(I_b) = k_{\text{cdt}} I_b \frac{L_c}{1000} \left(R_{\text{cavo}} I \cos j + X_{\text{cavo}} I \sin j \right) \frac{100}{V_n}$$

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 Ω/km .

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X_{cavo} = \frac{f}{50} X_{cavo}$$

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.

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 EN 60909-0.

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

Bassa tensione

Questa può essere utilizzata quando il circuito è alimentato dalla 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.

Relazione di calcolo

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 m :

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

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

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

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

$$R_d = Z_{cctrif} I_{cc} \cos f_{cc}$$

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

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

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

Invertendo la formula:

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

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

Relazione di calcolo

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

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

Fattori di correzione per generatori e trasformatori (EN 60909-0)

La norma EN 60909-0 fornisce una serie di fattori correttivi per il calcolo delle impedenze di alcune macchine presenti nella rete. Quelle utilizzate per il calcolo dei guasti riguardano i generatori e i trasformatori.

Fattore di correzione per trasformatori (EN 60909-0 par. 6.3.3)

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:

$$Z_{TK} = K_T \cdot Z_T$$

$$K_T = 0.95 \cdot \frac{c_{max}}{1 + 0.6 \cdot x_T}$$

dove

$$x_T = \frac{X_T}{U_{rT}^2 / S_{rT}}$$

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

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

Fattore di correzione per generatori sincroni (EN 60909-0 par. 6.6.1)

Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei sistemi alimentati direttamente da generatori senza trasformatori intermedi, si deve introdurre un fattore di correzione K_G tale che:

$$Z_{GK} = K_G \cdot Z_G$$

con

$$K_G = \frac{V_n}{U_{rG}} \cdot \frac{c_{max}}{1 + x_d'' \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

dove

$$x_d'' = \frac{X_d''}{U_{rG}^2 / S_{rG}}$$

Relazione di calcolo

- la reattanza satura relativa subtransitoria del generatore.

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

Nella formula compaiono a numeratore e denominatore la tensione nominale di sistema e la tensione nominale del generatore (U_{rG}).

Fattore di correzione per gruppi di produzione con regolazione automatica della tensione del trasformatore (EN 60909-0 par. 6.7.1)

Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei gruppi di produzione, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza K_S da applicare alla impedenza complessiva nel lato alta del trasformatore:

$$Z_{SK} = K_S \cdot (t_r^2 \cdot Z_G + Z_{THV})$$

con

$$K_S = \frac{V_n^2}{U_{rG}^2} \cdot \frac{U_{rTLV}^2}{U_{rTHV}^2} \cdot \frac{c_{max}}{1 + |x_d'' - x_T| \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

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

Fattore di correzione per gruppi di produzione senza regolazione automatica della tensione del trasformatore (EN 60909-0 par. 6.7.2)

Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei gruppi di produzione, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza K_{SO} da applicare alla impedenza complessiva nel lato alta del trasformatore:

$$Z_{SOK} = K_{SO} \cdot (t_r^2 \cdot Z_G + Z_{THV})$$

con

$$K_{SO} = \frac{V_n}{U_{rG} \cdot (1 + p_G)} \cdot \frac{U_{rTLV}}{U_{rTHV}} \cdot (1 \pm p_T) \cdot \frac{c_{max}}{1 + x_d'' \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

Dove:

p_T · la variazione di tensione del trasformatore tramite la presa a spina scelta. Nel software viene impostato il fattore $(1 - p_T)$, con $p_T = (|V_{02} - V_{n2}|) / V_{n2}$;

$U_{Gmax} = U_{rG} (1 + p_G)$, si considera $p_G = 0$.

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

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).

Relazione di calcolo

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.

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 mΩ risulta:

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

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

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se f 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 della utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

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

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

La reattanza X_{db} 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:

$$\begin{aligned} R_{0cN} &= R_{dc} + 3 \cdot R_{db} \\ X_{0cN} &= 3 \cdot X_{db} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

Relazione di calcolo

$$\begin{aligned}R_{0cPE} &= R_{dc} + 3 \cdot R_{dcPE} \\X_{0cPE} &= 3 \cdot X_{dc}\end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned}R_{0bN} &= R_{db} + 3 \cdot R_{dbN} \\X_{0bN} &= 3 \cdot X_{db}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_{0bPE} &= R_{db} + 3 \cdot R_{dbPE} \\X_{0bPE} &= X_{db} + 3 \cdot (X_{b-ring} - X_{db})\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_d &= R_{dc} + R_{d-up} \\X_d &= X_{dc} + X_{d-up} \\R_{0N} &= R_{0cN} + R_{0N-up} \\X_{0N} &= X_{0cN} + X_{0N-up} \\R_{0PE} &= R_{0cPE} + R_{0PE-up} \\X_{0PE} &= X_{0cPE} + X_{0PE-up}\end{aligned}$$

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 m) 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:

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

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:

Relazione di calcolo

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

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

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

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

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

$$I_p = k I \sqrt{2} I_{k \max}$$

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

$$I_{p1PE} = k I \sqrt{2} I_{k1PE \max}$$

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

dove:

$$k \geq 1.02 + 0.98 I_e^{-\frac{R_d}{X_d}}$$

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.

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 · 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} · pari a 1;

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

la norma FD C15-500, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario del cavo; con protezione di tipo fusibile la temperatura · la

Relazione di calcolo

media con la temperatura di fine guasto. Vedere Tableau 3 della norma per maggiori dettagli. la norma CEI EN 60909-0, che indica le temperature alla fine del guasto.

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

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

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

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

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

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.

$$I_{k2} = \left| -j I_{Y_n} \frac{Z_0^{\#} - a I_i^{\#}}{Z_d^{\#} I_i^{\#} + Z_d^{\#} I_0^{\#} + Z_i^{\#} I_0^{\#}} \right|$$

e la corrente di picco:

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

Motori asincroni

Le variabili caratteristiche del motore sono:

Urm tensione nominale del motore [V] (concatenata per motori trifasi, di fase per motori monofasi collegati fase-neutro o fase-fase);

Irm corrente nominale del motore [A];

Srm potenza elettrica apparente nominale [kVA];

P numero di coppie polari;

Ilr/Irm rapporto tra la corrente a motore bloccato (di c.c.) e la corrente nominale del motore;

Fattore di potenza allo spunto.

Possibilità di avviamento stella/triangolo per i motori trifasi, per cui si diminuisce Ilr/Irm di 3.

Relazione di calcolo

Si calcola l'impedenza del motore:

$$Z_M = \frac{1}{I_{lr}/I_{rm}} I_{lr} \frac{U_{rm}^2}{S_{rm}}$$

Attenuazione della corrente di guasto per guasti simmetrici e vicini

Se il motore (o generatore) è vicino al punto di guasto, occorre calcolare i coefficienti m e q per ottenere la corrente di interruzione I_b tenendo conto del tempo di ritardo (di default pari a 0.02s).

Il coefficiente m si calcola secondo la seguente tabella:

$m = 0.84 + 0.26 I_{lr}/I_{rm}$	$t_{min} = 0.02s$
$m = 0.71 + 0.51 I_{lr}/I_{rm}$	$t_{min} = 0.05s$
$m = 0.62 + 0.72 I_{lr}/I_{rm}$	$t_{min} = 0.10s$
$m = 0.56 + 0.94 I_{lr}/I_{rm}$	$t_{min} \geq 0.25s$

se $I_{lr}/I_{rm} \geq 2$ allora $n = 1$.

Per il coefficiente q si deve prendere la potenza attiva meccanica espressa in MW e dividerla per il numero di coppie polari P al fine di ottenere la variabile m .

$$m = \frac{S_{rm} I_{cos\phi} I_h}{1000 I_P}$$

con $\cos\phi$ fattore di potenza e I_h rendimento del motore.
 Quindi:

$q = 1.03 + 0.12 I_{lr}/I_{rm}$	$t_{min} = 0.02s$
$q = 0.79 + 0.12 I_{lr}/I_{rm}$	$t_{min} = 0.05s$
$q = 0.57 + 0.12 I_{lr}/I_{rm}$	$t_{min} = 0.10s$
$q = 0.26 + 0.10 I_{lr}/I_{rm}$	$t_{min} \geq 0.25s$

Se $q > 1$ si pone $q = 1$.

Si divide Z_M per i coefficienti m e q per ottenere l'impedenza equivalente vista al momento del guasto:

$$Z_{Mib} = \frac{Z_M}{mq}$$

Da cui, a seconda della tensione e della potenza del motore, possiamo avere:

$X_M = 0.995 I_{lr} Z_{Mib}$ $R_M = 0.10 I_{lr} X_M$	per motori a media tensione con potenza Prm per paia poli ≥ 1 MW
---	--

Relazione di calcolo

$X_M = 0.989 I Z_{Mib}$ $R_M = 0.15 I X_M$	per motori a media tensione con potenza Prm per paio poli < 1 MW
$X_M = 0.922 I Z_{Mib}$ $R_M = 0.42 I X_M$	per motori a bassa tensione

Per le componenti alle sequenze si considerano le sole componenti dirette mentre quelle omopolari non vengono considerate, in quanto il contributo ai guasti lo danno solo i motori trifasi. Essi contribuiscono ai guasti trifasi e a quelli bifasi nelle utenze trifasi e bifasi.

$$R_d = R_M$$

$$X_d = X_M$$

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 dimensiona 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 sovracorrente, il cui valore deve provocare l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tabella 41A in funzione della tensione nominale U_0 o entro i 5s per garantire la protezione contro i contatti indiretti.

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:

$$I^2 I_t \propto K^2 S^2$$

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

Relazione di calcolo

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

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 · una iperbole con asintoti $K/\sqrt{s}$ e la I_z dello stesso.

La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal software 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 · relativa.

Verifica di selettività

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

Corrente I_a di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64-8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;

Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);

Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;

Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14).

Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).

Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui · verificata.

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

Relazione di calcolo

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.

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.

È 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.

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 · la tensione nominale verso terra;

Z_s · l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, ed in Ampere corrisponde alla variabile $Zk1(ft)_{max}$;

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

Il software verifica che:

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

Dove $I_{a.c.i.}$ · una variabile di Ampere (Corrente contatti indiretti I_a) utilizzata per il confronto con i valori di sgancio delle protezioni.

$I_{a.c.i.}$ normalmente è pari alla corrente di guasto a terra $Ik1(ft)_{min}$ calcolata dal software.

Esso calcola anche la corrente:

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

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

$I_{a.c.i.}$ assume il valore di I_{50V} se quest'ultima è maggiore della $Ik1(ft)_{min}$, 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 I_{50V} o I_{25V} e assicurare di non superare mai le tensioni di contatto limite.

Per i sistemi TN-C, il software verifica la continuità del PEN e che non vi siano protezioni o sezionatori inseriti nel conduttore.

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 R_E .

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

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

dove:

R_E · la resistenza del dispersore dell'impianto di terra, al quale il software aggiunge anche l'impedenza dei cavi di protezione che collegano la massa protetta, calcolando la variabile Z_E ;

I_{dn} · la corrente nominale differenziale;

U_L · la tensione limite convenzionale (normalmente 50 V).

Il software verifica che:

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

Per completezza, quando il software possiede tutti gli elementi per calcolare la corrente di circolazione di un guasto a terra, ossia la $I_{k1}(ft)$ min, allora I_a 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.

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:

R_E · la resistenza del dispersore, al quale il software aggiunge anche l'impedenza dei cavi di protezione che collegano la massa protetta, calcolando la variabile Z_E ;

Relazione di calcolo

I_d · la corrente del primo guasto a terra, che per il software sarà pari alla corrente di guasto a terra $I_{k1(ft) \min}$ nelle condizioni complessive di rete definite nel progetto.

Il software verifica che:

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

dove V_T · la tensione della massa a guasto, una variabile di Ampere che per i sistemi IT è associata al primo guasto a terra.

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:

U_0 · la tensione nominale verso terra;

Z_s · l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente;

I_a · 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.

Il software Ampere assolve a queste indicazioni potendo scegliere tra il metodo proposto dalla norma, oppure risolvendo il seguente algoritmo:

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

dove:

Z_{s1} · l'impedenza dell'anello di guasto della utenza in considerazione;

Z_{s2} · l'impedenza dell'anello di guasto di una seconda utenza;

$I_{a \text{ c.i.}}$ · la minima corrente di guasto, calcolata permutando tutte le utenze $s2$ appartenenti alla stessa area elettrica di $s1$.

Il valore $\max(Z_{s1} + Z_{s2})$ · memorizzato nella variabile $ZIT_{\max}$ di Ampere.

$I_{a \text{ c.i.}}$ normalmente è pari alla corrente di guasto a terra $I_{k(IT) \min}$ calcolata dal software.

Esso calcola anche la corrente:

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

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

$I_{a \text{ c.i.}}$ assume il valore di I_{50V} se quest'ultima è maggiore della $I_{k(IT) \min}$, in pratica si accettano correnti di sgancio superiori fino al valore che portano le masse alla tensione limite convenzionale, quindi:

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

Nota. Il software permette di applicare il punto 413.1.1.1 della CEI 64-8, e quindi validare a contatti indiretti una utenza che presenta, in caso di guasto, un valore di tensione inferiore alla tensione limite convenzionale.

In pratica, a differenza di quanto spiegato finora, le tarature delle protezioni possono essere superiori anche alla corrente I_{50V} .

Riferimenti normativi

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 60909-4 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 IEC 61660-1 Ia Ed. 1997-06: Short-circuit currents in d.c. auxiliary installations in power plants and substations. Part 1: Calculation of short-circuit currents.

CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) Ed. 2018-04: 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 Ed. 2021: 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 2020: 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 UNEL 01433 1973: Portate di corrente per barre piatte lucide di rame elettrolitico a spigoli vivi in aria.

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.

NF C 15-100 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento dei cavi secondo norme francesi.

FD C 15-500 Janvier 2020: Installations électriques - basse tension - Détermination des sections des conducteurs et choix des dispositifs de protection - l'aide de logiciels de calcul.

UNE 20460 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento (UNE 20460-5-523) dei cavi secondo regolamento spagnolo.

British Standard BS 7671:2008: Requirements for Electrical Installations;

ABNT NBR 5410, Segunda edição 2004: Instalações elétricas de baixa tensão;

ABNT NBR 16612, Segunda edição 2020: Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura L Requisitos de desempenho;

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 IIa Ed. 2019-04: Mobile and fixed offshore units - Electrical installations. Part 4: Cables.

IEEE Std 1584-2018: IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations.

Stato utenze

Data: 09/07/2024

Responsabile:

Cliente:

Utenza

+Punto di consegna.QPC-I0

Interruttore | Punto Consegna

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	14,08		16		46,06
Neutro	14,08		16		46,06

1) Utenza +Punto di consegna.QPC-I0: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

Verificato

Utenza con grado di protezione di classe II.

Ia c.i. [A]	Classe II
Tempo di interruzione [s]	1
VT a Ia c.i. [V]	50

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea	Verificato
PdI >= Ik _{km} max	/_ Ik _{km} max [é]
20	6,298 72,542

Sg. mag.<Imagmax [A]

Sg. mag.	<	Imagmax
160		34,68

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	2x6
Lunghezza linea [m]	500
Temperatura cavo a Ib [éC]	20 <= 27 <= 90
Temperatura cavo a In [éC]	20 <= 28 <= 90

K_{AD} [A]

K _{AD}	Verificato
K _{AD} conduttore fase	7,362*10 ⁵
K _{AD} neutro	7,362*10 ⁵

Caduta di tensione [%]

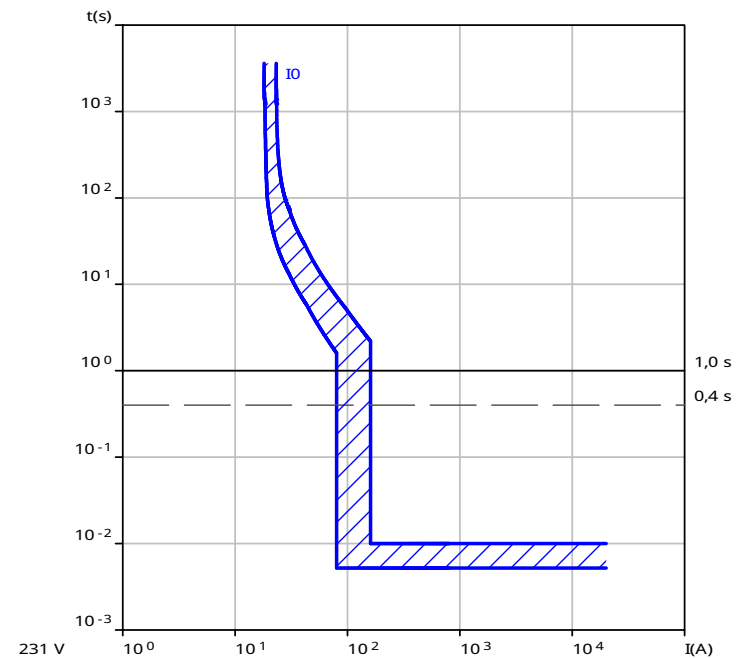
Tensione nominale [V]		231
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
17,477	17,477	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
19,653	19,653	

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,073	0,035	4,199
A transitorio fondo linea			
	Ik _v max	/_ Ik _v max [é]	
	0,073	n.c.	

Protezione

ABB - S 202-C - 16 A



Stato utenze

Data: 09/07/2024

Responsabile:

Cliente:

Utenza

+Bioreattore.QB-Conv-Prot.

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz	
Fase	14,08		16			1) Utenza +Bioreattore.QB-Conv-Prot.: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	14,08		16			

Verifica contatti indiretti

Ia c.i. [A]	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Tempo di interruzione [s]	0,746	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
VT a Ia c.i. [V]	1	La protezione dell'utenza +Bioreattore.QB-Conv-Prot.
	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,5 <= Ia c.i. = 0,746

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea	Verificato
PdI >= Ikm max	/_ Ikm max [e]
10	0,073 1,838

Sg. mag.<Imagmax [A]

Sg. mag.	<	Verificato (K ₁₅ A I _Δ)
160		Imagmax
		34,68

Caduta di tensione [%]

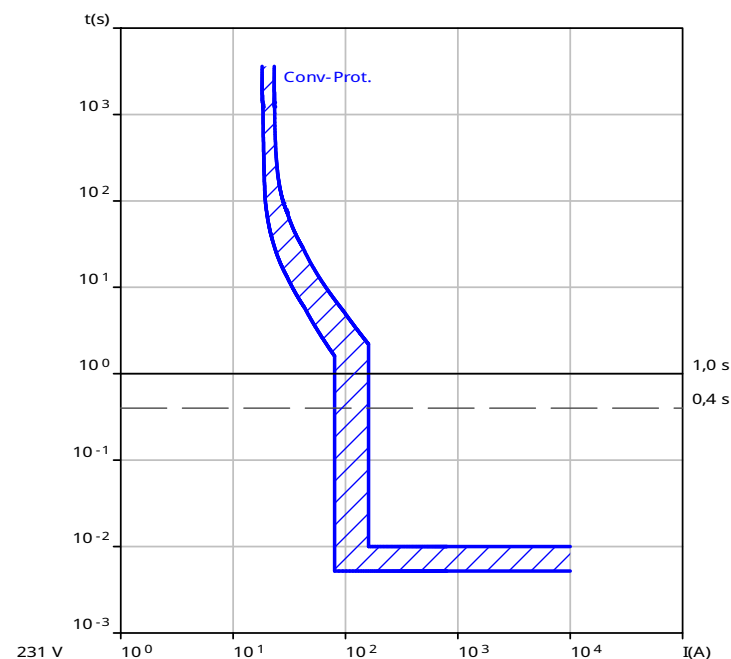
Tensione nominale [V]		231
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0	17,477	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
0	19,653	

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,073	0,035	0,106
A transitorio fondo linea			
	Ikv max	/_ Ikv max [e]	
	0,073	n.c.	

Protezione

ABB - S 202 L - 16 A



Stato utenze

Data: 09/07/2024

Responsabile:

Cliente:

Utenza

+Bioreattore.QB-Conv

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz	Ins = 21,429 [A] (valore teorico di sovraccarico)
Fase	14,08		21,429			
Neutro	14,08		21,429			

Verifica contatti indiretti

Ia c.i. [A]	Verificato	Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).
Tempo di interruzione [s]	0,746	
VT a Ia c.i. [V]	1	
	50	

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]		231
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0	17,477	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
0	19,653	

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,041	0,037	0,106
A transitorio fondo linea			
	Ikv max	/_ Ikv max [A]	
	0,041	n.c.	

Stato utenze

Data: 09/07/2024

Responsabile:

Cliente:

Utenza

+Bioreattore.QB-U1

Generale | Quadro

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

	I_b	$\leq$	I_{ns}	$\leq$	I_z
Fase	12,253		16		
Neutro	12,253		16		

1) Utenza +Bioreattore.QB-U1: $I_{ns} = 16$ [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

Ia c.i. [A]

Tempo di interruzione [s]

VT a Ia c.i. [V]

Verificato

0,746

1

50

Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea

PdI $\geq$

$I_{km\ max}$

10

Verificato

$/_I_{km\ max}$ [e]

0

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

Sg. mag.

160

<

I_{magmax}

Verificato (~~K₁₅~~ ~~A₁₅~~)

37,013

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]

231

Cdt (I_b)

0

CdtT (I_b)

0

Cdt max

4

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Fase-N	0,041	0,037	0,059

A transitorio fondo linea

	$I_{kv\ max}$	$/_I_{kv\ max}$ [e]
	0,041	n.c.

Protezione

ABB - S 202 L - 16 A

Consorzio di Bonifica dell'Oristanese Via Cagliari n.170 09170 Oristano ORISTANO

C:\Users\Fabrizio\OneDrive - Consorzio di Bonifica dell'Oristanese\P0722\Calcoli elettrici\Schema distribuzione tipo.upex

Pagina 27 di 30

Stato utenze

Data: 09/07/2024

Responsabile:

Cliente:

Utenza +Bioreattore.QB-U2		Alimentazione pompa																																					
Coord. Ib < Ins < Iz [A] <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ib</th> <th><=</th> <th>Ins</th> <th><=</th> <th>Iz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fase</td> <td>3,367</td> <td></td> <td>6</td> <td></td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>Neutro</td> <td>3,367</td> <td></td> <td>6</td> <td></td> <td>23</td> </tr> </tbody> </table> 1) Utenza +Bioreattore.QB-U2: Ins = 6 [A] (sgancio protezione termica)					Ib	<=	Ins	<=	Iz	Fase	3,367		6		23	Neutro	3,367		6		23																		
	Ib	<=	Ins	<=	Iz																																		
Fase	3,367		6		23																																		
Neutro	3,367		6		23																																		
Verifica contatti indiretti <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Ia c.i. [A]</td> <td>Verificato</td> <td>0,746</td> </tr> <tr> <td>Tempo di interruzione [s]</td> <td>0,4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VT a Ia c.i. [V]</td> <td>50</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Ia c.i. [A]	Verificato	0,746	Tempo di interruzione [s]	0,4		VT a Ia 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 +Bioreattore.QB-U2 interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,03 <= Ia c.i. = 0,746																												
Ia c.i. [A]	Verificato	0,746																																					
Tempo di interruzione [s]	0,4																																						
VT a Ia c.i. [V]	50																																						
Potere di interruzione [kA] <table border="1"> <tbody> <tr> <td>A transitorio inizio linea</td> <td>Verificato</td> </tr> <tr> <td>PdI >= Ikm max</td> <td>/_ Ikm max [é]</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0,041 0</td> </tr> </tbody> </table>		A transitorio inizio linea	Verificato	PdI >= Ikm max	/_ Ikm max [é]	10	0,041 0	Sg. mag.<Imagmax [A] <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Sg. mag.</td> <td><</td> <td>Imagmax</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td></td> <td>35,49</td> </tr> </tbody> </table>		Sg. mag.	<	Imagmax	60		35,49																								
A transitorio inizio linea	Verificato																																						
PdI >= Ikm max	/_ Ikm max [é]																																						
10	0,041 0																																						
Sg. mag.	<	Imagmax																																					
60		35,49																																					
Cavo <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Designazione</td> <td>FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3</td> </tr> <tr> <td>Formazione</td> <td>2x1.5</td> </tr> <tr> <td>Lunghezza linea [m]</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Temperatura cavo a Ib [éC]</td> <td>20 <= 22 <= 90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura cavo a In [éC]</td> <td>20 <= 25 <= 90</td> </tr> </tbody> </table>		Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3	Formazione	2x1.5	Lunghezza linea [m]	5	Temperatura cavo a Ib [éC]	20 <= 22 <= 90	Temperatura cavo a In [éC]	20 <= 25 <= 90	K_ΔΔ_ΔΔ [AΔ] <table border="1"> <tbody> <tr> <td>K_ΔΔ_ΔΔconduttore fase</td> <td>Verificato</td> <td>4,601*10⁴</td> </tr> <tr> <td>K_ΔΔ_ΔΔneutro</td> <td></td> <td>4,601*10⁴</td> </tr> </tbody> </table>		K _Δ Δ _Δ Δconduttore fase	Verificato	4,601*10 ⁴	K _Δ Δ _Δ Δneutro		4,601*10 ⁴																				
Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3																																						
Formazione	2x1.5																																						
Lunghezza linea [m]	5																																						
Temperatura cavo a Ib [éC]	20 <= 22 <= 90																																						
Temperatura cavo a In [éC]	20 <= 25 <= 90																																						
K _Δ Δ _Δ Δconduttore fase	Verificato	4,601*10 ⁴																																					
K _Δ Δ _Δ Δneutro		4,601*10 ⁴																																					
Caduta di tensione [%] <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Tensione nominale [V]</td> <td>231</td> </tr> <tr> <td>Cdt (Ib)</td> <td>CdtT (Ib)</td> </tr> <tr> <td>0,176</td> <td>0,176</td> </tr> <tr> <td>Cdt (In)</td> <td>CdtT (In)</td> </tr> <tr> <td>0,317</td> <td>0,317</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CdtT mot.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,399</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CdT mot. max</td> </tr> <tr> <td></td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>		Tensione nominale [V]	231	Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	0,176	0,176	Cdt (In)	CdtT (In)	0,317	0,317		CdtT mot.		0,399		CdT mot. max		15	Correnti di guasto [kA] <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">A regime fondo linea, Picco a inizio linea</th> </tr> <tr> <th>Fase-N</th> <th>Max</th> <th>Min</th> <th>Picco</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0,04</td> <td>0,035</td> <td>0,059</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">A transitorio fondo linea</th> </tr> <tr> <th>Ikv max</th> <th>/_ Ikv max [é]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,04</td> <td>n.c.</td> </tr> </tbody> </table>		A regime fondo linea, Picco a inizio linea				Fase-N	Max	Min	Picco		0,04	0,035	0,059	A transitorio fondo linea		Ikv max	/_ Ikv max [é]	0,04	n.c.
Tensione nominale [V]	231																																						
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)																																						
0,176	0,176																																						
Cdt (In)	CdtT (In)																																						
0,317	0,317																																						
	CdtT mot.																																						
	0,399																																						
	CdT mot. max																																						
	15																																						
A regime fondo linea, Picco a inizio linea																																							
Fase-N	Max	Min	Picco																																				
	0,04	0,035	0,059																																				
A transitorio fondo linea																																							
Ikv max	/_ Ikv max [é]																																						
0,04	n.c.																																						

Protezione
 ABB - S 202 L - 6 A

Stato utenze

Data: 09/07/2024

Responsabile:

Cliente:

Utenza +Bioreattore.QB-U3				Presa Servizio																																		
Coord. Ib < Ins < Iz [A] <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ib</th> <th><=</th> <th>Ins</th> <th><=</th> <th>Iz</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fase</td> <td>6</td> <td></td> <td>6</td> <td></td> <td>11,375</td> <td rowspan="2">1) Utenza +Bioreattore.QB-U3: Ins = 6 [A] (sgancio protezione termica)</td> </tr> <tr> <td>Neutro</td> <td>6</td> <td></td> <td>6</td> <td></td> <td>11,375</td> </tr> </tbody> </table>									Ib	<=	Ins	<=	Iz		Fase	6		6		11,375	1) Utenza +Bioreattore.QB-U3: Ins = 6 [A] (sgancio protezione termica)	Neutro	6		6		11,375											
	Ib	<=	Ins	<=	Iz																																	
Fase	6		6		11,375	1) Utenza +Bioreattore.QB-U3: Ins = 6 [A] (sgancio protezione termica)																																
Neutro	6		6		11,375																																	
Verifica contatti indiretti <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Verificato</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ia c.i. [A]</td> <td>0,746</td> <td rowspan="4"> Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota. (Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata) La protezione dell'utenza +Bioreattore.QB-U3 interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,03 <= Ia c.i. = 0,746 </td> </tr> <tr> <td>Tempo di interruzione [s]</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>VT a Ia c.i. [V]</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table>									Verificato		Ia c.i. [A]	0,746	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota. (Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata) La protezione dell'utenza +Bioreattore.QB-U3 interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,03 <= Ia c.i. = 0,746	Tempo di interruzione [s]	0,4	VT a Ia c.i. [V]	50																					
	Verificato																																					
Ia c.i. [A]	0,746	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota. (Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata) La protezione dell'utenza +Bioreattore.QB-U3 interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,03 <= Ia c.i. = 0,746																																				
Tempo di interruzione [s]	0,4																																					
VT a Ia c.i. [V]	50																																					
Potere di interruzione [kA] <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Verificato</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A transitorio inizio linea</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PdI >= Ikm max</td> <td>/_ Ikm max [é]</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0,041 0</td> </tr> </tbody> </table>					Verificato	A transitorio inizio linea		PdI >= Ikm max	/_ Ikm max [é]	10	0,041 0	Sg. mag.<Imagmax [A] <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Verificato (K_Δ Δ I_Δ)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sg. mag. <</td> <td>Imagmax</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>36,757</td> </tr> </tbody> </table>					Verificato (K _Δ Δ I _Δ)	Sg. mag. <	Imagmax	60	36,757																	
	Verificato																																					
A transitorio inizio linea																																						
PdI >= Ikm max	/_ Ikm max [é]																																					
10	0,041 0																																					
	Verificato (K _Δ Δ I _Δ)																																					
Sg. mag. <	Imagmax																																					
60	36,757																																					
Cavo <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Designazione</td> <td colspan="3">FS 17 450/750V Cca-s3,d1,a3</td> </tr> <tr> <td>Formazione</td> <td colspan="3">2x(1x1.5)</td> </tr> <tr> <td>Lunghezza linea [m]</td> <td colspan="3">1</td> </tr> <tr> <td>Temperatura cavo a Ib [éC]</td> <td>30 <=</td> <td>41 <=</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Temperatura cavo a In [éC]</td> <td>30 <=</td> <td>41 <=</td> <td>70</td> </tr> </tbody> </table>				Designazione	FS 17 450/750V Cca-s3,d1,a3			Formazione	2x(1x1.5)			Lunghezza linea [m]	1			Temperatura cavo a Ib [éC]	30 <=	41 <=	70	Temperatura cavo a In [éC]	30 <=	41 <=	70	K_Δ Δ I_Δ [A_Δ] <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Verificato</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K_Δ Δ conduttore fase</td> <td>2,976*10⁴</td> </tr> <tr> <td>K_Δ Δ neutro</td> <td>2,976*10⁴</td> </tr> </tbody> </table>					Verificato	K _Δ Δ conduttore fase	2,976*10 ⁴	K _Δ Δ neutro	2,976*10 ⁴					
Designazione	FS 17 450/750V Cca-s3,d1,a3																																					
Formazione	2x(1x1.5)																																					
Lunghezza linea [m]	1																																					
Temperatura cavo a Ib [éC]	30 <=	41 <=	70																																			
Temperatura cavo a In [éC]	30 <=	41 <=	70																																			
	Verificato																																					
K _Δ Δ conduttore fase	2,976*10 ⁴																																					
K _Δ Δ neutro	2,976*10 ⁴																																					
Caduta di tensione [%] <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tensione nominale [V]</th> <th>231</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cdt (Ib)</td> <td>CdtT (Ib)</td> </tr> <tr> <td>0,068</td> <td>0,068 4</td> </tr> <tr> <td>Cdt (In)</td> <td>CdtT (In)</td> </tr> <tr> <td>0,068</td> <td>0,068</td> </tr> </tbody> </table>				Tensione nominale [V]	231	Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	0,068	0,068 4	Cdt (In)	CdtT (In)	0,068	0,068	Correnti di guasto [kA] <table border="1"> <thead> <tr> <th>A regime fondo linea, Picco a inizio linea</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <th></th> <th>Max</th> <th>Min</th> <th>Picco</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fase-N</td> <td>0,041</td> <td>0,037</td> <td>0,059</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>A transitorio fondo linea</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <th></th> <th>Ikv max</th> <th>/_ Ikv max [é]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0,041</td> <td>n.c.</td> </tr> </tbody> </table>				A regime fondo linea, Picco a inizio linea					Max	Min	Picco	Fase-N	0,041	0,037	0,059	A transitorio fondo linea				Ikv max	/_ Ikv max [é]		0,041	n.c.
Tensione nominale [V]	231																																					
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)																																					
0,068	0,068 4																																					
Cdt (In)	CdtT (In)																																					
0,068	0,068																																					
A regime fondo linea, Picco a inizio linea																																						
	Max	Min	Picco																																			
Fase-N	0,041	0,037	0,059																																			
A transitorio fondo linea																																						
	Ikv max	/_ Ikv max [é]																																				
	0,041	n.c.																																				

Protezione
 ABB - S 202 L - 6 A

Stato utenze

Data: 09/07/2024

Responsabile:

Cliente:

Utenza +Bioreattore.QB-U4				Acquisizione Dati			
Coord. $I_b < I_{ns} < I_z$ [A]							
	I_b	$\leq$	I_{ns}	$\leq$	I_z	1) Utenza +Bioreattore.QB-U4: $I_{ns} = 6$ [A] (sgancio protezione termica)	
Fase	2,886		6		11,375		
Neutro	2,886		6		11,375		
Verifica contatti indiretti							
I_a c.i. [A]	Verificato		Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.				
Tempo di interruzione [s]	0,746		(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)				
VT a I_a c.i. [V]	0,4		La protezione dell'utenza +Bioreattore.QB-U4				
	50		interviene tramite sgancio differenziale; $I_{prot.} = 0,03 \leq I_a$ c.i. = 0,746				
Potere di interruzione [kA]				Sg. mag. < I_{magmax} [A]			
A transitorio inizio linea	Verificato		Verificato ($K_{\Delta} \Delta I_{\Delta}$)				
$PdI \geq I_{km max}$	$I_{km max}$		I_{magmax}				
10	0,041		60				
Cavo				$K_{\Delta} \Delta I_{\Delta}$ [A]			
Designazione	FS 17 450/750V Cca-s3,d1,a3			Verificato			
Formazione	2x(1x1.5)+1G1.5			$K_{\Delta} \Delta$ conduttore fase			
Lunghezza linea [m]	1			$K_{\Delta} \Delta$ neutro			
Temperatura cavo a I_b [°C]	30 $\leq$ 33 $\leq$ 70			$K_{\Delta} \Delta$ PE			
Temperatura cavo a I_n [°C]	30 $\leq$ 41 $\leq$ 70						
Caduta di tensione [%]				Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V]	231			A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (I_b)	CdtT (I_b)	Cdt max		Max	Min	Picco	
0,031	0,031	4		0,041	0,037	0,059	
Cdt (In)	CdtT (In)			A transitorio fondo linea			
0,068	0,068			$I_{kv max}$	$I_{kv max}$ [°]		
				0,041	n.c.		
Protezione							
ABB - S 202 L - 6 A							

1

2

3

4

5

6

7

8

Da quadro

Fornitura

Tensione concatenata

400 V

Corrente I_k max

15 kA

Sistema

TT

Potenza totale

2.6 kW

Fattore di potenza

0.8

Corrente totale I_b

14.1 A

Res. terra impianto

67 ohm

Fornitura

PG1

400V 50Hz

Wh

I_k=15.8 kA

QB1

I0

2x16 A

16 A

160 A

C

QB2

Conv-Prot.

2x16 A

16 A

160 A

0.5 A

C

TF1

Conv

4.5 kVA

QB3

U1

2x16 A

16 A

160 A

C

QB4

U2

2x6 A

6 A

60 A

0.03 A

C

U1

/2A3

MA1

M

UTENZA

DENOMINAZIONE

SIGLA

TIPO

POTENZA TOT. kVA

POTENZA kW

I_b

COEF. CONTEMP.

COS φ

INTERRUTTORE O SEZIONATORE

COSTRUTTORE

TIPO

N.POLI

I_n

I_{th}

I_{dn}

TIPO DIFF.

I_m (o curva)

P_{di}

FUSIBILE

TIPO

CALIBRO

CONTATTORE

TIPO

I_n

P_n

RELE' TERMICO

TIPO

TARATURA

LINEA DI POTENZA

TIPO CAVO

FORMAZIONE

LUNGHEZZA

I_z

C.d.T. a I_n

C.d.T. a I_b

Z_k

Z_s

I_k trifase/monof. kA

I_{k1} fase/terra kA

NUMERAZIONE MORSETTIERA

F

DATA

05/07/2024

DISEG.

VISTO

APPR.

SOST. IL:

SOST. DA:

ORIGINE:

Consorzio di Bonifica dell'Ori

Ori

Bioreattori

Calcoli elettrici

FOGLIO 1 DI 2

SEGUE 2

