

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



| | | |
|---------------------------------------|-------------------|--|
| PROGETTAZIONE: | PROGETTISTA: | DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE |
| RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI | Ing. Natale Lanza | Ing. Piergiorgio GRASSO Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche |
| | | |

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE LUCE E FORZA MOTRICE

Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni – Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246

| | |
|--|--------|
| APPALTATORE | SCALA: |
| IL DIRETTORE TECNICO IMPRESA PIZZAROTTI & C. s.p.a. Dott. <i>Sabino DEL BALZO</i> IL DIRETTORE TECNICO | - |

| | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. |
| I F 2 6 | 1 2 | E | Z Z | CL | LF 0 9 0 0 | 0 0 1 | B |

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|------------|------------------|
| A | Emissione | F. Mantelli | 24/02/2020 | G. Rossetti | 24/02/2020 | P. Grasso | 24/02/2020 | Ing. N. Lanza |
| B | Revisione per istruttoria | F. Mantelli | 23/06/2020 | G. Rossetti | 23/06/2020 | P. Grasso | 23/06/2020 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

File: IF26.1.2.E.ZZ.CL.LF.09.0.0.001.B.doc

n. Elab.: -

Indice

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | GENERALITÀ | 3 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 4 |
| 3 | CALCOLI E VERIFICHE EFFETTUATE | 5 |
| 3.1 | CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO | 5 |
| 3.2 | DIMENSIONAMENTO DEI CAVI | 6 |
| 3.2.1 | INTEGRALE DI JOULE..... | 8 |
| 3.2.2 | DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO | 9 |
| 3.2.3 | DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE | 10 |
| 3.2.4 | CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI | 11 |
| 3.2.5 | CADUTE DI TENSIONE | 11 |
| 3.3 | CALCOLO DEI GUASTI..... | 12 |
| 3.3.1 | CALCOLO DELLE CORRENTI MASSIME DI CORTOCIRCUITO..... | 12 |
| 3.3.2 | CALCOLO DELLE CORRENTI MINIME DI CORTOCIRCUITO..... | 15 |
| 3.4 | SCELTA DELLE PROTEZIONI..... | 17 |
| 3.5 | VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE..... | 17 |
| 3.6 | VERIFICA DI SELETTIVITÀ..... | 18 |
| 4 | ALLEGATI CALCOLI E VERIFICHE..... | 20 |

LUCE E FORZA MOTRICE
Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|------------|------|---------|
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 3 di 20 |

1 GENERALITÀ

La presente relazione fa parte integrante del progetto esecutivo per la realizzazione dell'illuminazione stradale presso Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246

|    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|------------|---|---------|
| LUCE E FORZA MOTTRICE Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0900 001</td> <td>B</td> <td>4 di 20</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 4 di 20 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 4 di 20 | | | | | | | | |

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli impianti ed i vari componenti che li costituiscono sono realizzati a regola d'arte e conformi a tutte le normative, leggi e regolamenti in vigore, con particolare riferimento, ma non limitate a:

- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua
- 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 EN 60865-1 (CEI 11-26): Correnti di cortocircuito - Calcolo degli effetti - Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo
- CEI 11-28: Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione
- CEI UNI 70030: Impianti tecnologici sotterranei - Criteri generali di posa
- CEI 11-62: Stazioni del Cliente finale allacciate a reti di terza categoria
- CEI EN 60909-3 (CEI 99-1): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata - Parte 3: Correnti durante due cortocircuiti fase-terra simultanei e distinti e correnti di cortocircuito parziali che fluiscono attraverso terra
- CEI EN 61936-1 (CEI 99-2): Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Parte 1: Prescrizioni comuni
- CEI UNEL 35016 2016: Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011).
- LEGGE 186/68: Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici
- LEGGE 791/77: Attuazione della direttiva del Consiglio delle Comunità europee n° 72/23/CEE relative alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione
- DPR 459/96: Regolamento per l'attuazione delle Direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relative alle macchine
- LEGGE 36/01: Legge quadro sulla protezione delle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
- DPR 462/01: Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazione e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi
- DM 37/08: Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11 quaterdecies comma 13, lettera a) della Legge n° 248 del 2/12/2005 recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno

|  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|------------|---|---------|
| LUCE E FORZA MOTTRICE Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0900 001</td> <td>B</td> <td>5 di 20</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 5 di 20 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 5 di 20 | | | | | | | | |

degli edifici

- DLGS 81/08: Attuazione dell'art. 1 legge 3/08/07 n° 123 in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro
- Ulteriori leggi, decreti e circolari applicabili

3 CALCOLI E VERIFICHE EFFETTUATE

I calcoli e le verifiche effettuate per la redazione del progetto sono:

- Calcolo corrente di impiego
- Dimensionamento dei cavi
- Calcolo dei guasti
- Scelta e verifica delle protezioni

3.1 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:

|  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|------------|---|---------|
| LUCE E FORZA MOTRICE Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0900 001</td> <td>B</td> <td>6 di 20</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 6 di 20 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 6 di 20 | | | | | | | | |

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

La potenza di dimensionamento Pd 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 Pn, invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle Pd delle utenze a valle ($\sum Pd$ 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 ($\sum Q_d$ a valle).

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

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

3.2 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 Ib, 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;

|  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|------------|---|---------|
| LUCE E FORZA MOTTRICE Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0900 001</td> <td>B</td> <td>7 di 20</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 7 di 20 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 7 di 20 | | | | | | | | |

- 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. Le sette tabelle utilizzate sono:

- IEC 448;
- IEC 364-5-523 (1983);
- 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).

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.

|    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|------------|---|---------|
| LUCE E FORZA MOTRICE Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0900 001</td> <td>B</td> <td>8 di 20</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 8 di 20 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 8 di 20 | | | | | | | | |

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

3.2.1 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 = 87

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

- Cavo in rame e isolato in PVC: K = 143
- Cavo in rame e isolato in gomma G: K = 166
- Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7: K = 176
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: K = 143
- Cavo in rame serie L nudo: K = 228
- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: K = 143
- Cavo in rame serie H nudo: K = 228
- Cavo in alluminio e isolato in PVC: K = 95
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G: K = 110
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7: K = 116

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

- Cavo in rame e isolato in PVC: K = 115

- Cavo in rame e isolato in gomma G: K = 135
- Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7: K = 143
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: K = 115
- Cavo in rame serie L nudo: K = 228
- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: K = 115
- Cavo in rame serie H nudo: K = 228
- Cavo in alluminio e isolato in PVC: K = 76
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G: K = 89
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7: K = 94

3.2.2 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO

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

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mmq;
- 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 mmq se il conduttore è in rame e a 25 mmq 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 mmq se conduttore in rame e 25 mmq se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

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

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

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

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.

|  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|------------|---|----------|
| LUCE E FORZA MOTRICE Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0900 001</td> <td>B</td> <td>10 di 20</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 10 di 20 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 10 di 20 | | | | | | | | |

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

3.2.3 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 (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 mm^2 se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm^2 se non è prevista una protezione meccanica;

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

3.2.4 CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI

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

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

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

espresse in °C.

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

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

3.2.5 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:

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

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

|  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|------------|---|----------|
| LUCE E FORZA MOTTRICE Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0900 001</td> <td>B</td> <td>12 di 20</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 12 di 20 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 12 di 20 | | | | | | | | |

cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km . La $cdt(I_b)$ è la caduta di tensione alla corrente I_b e calcolata analogamente alla $cdt(I_b)$.

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.

3.3 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.

3.3.1 CALCOLO DELLE CORRENTI MASSIME DI CORTOCIRCUITO

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

LUCE E FORZA MOTRICE
Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|------------|------|----------|
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 13 di 20 |

- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione Cmax;
- 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 35023-2009 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 ΔT 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 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:

|    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|------------|---|----------|
| LUCE E FORZA MOTRICE Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0900 001</td> <td>B</td> <td>14 di 20</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 14 di 20 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 14 di 20 | | | | | | | | |

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in m \square) di guasto trifase:

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

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutro \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

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_{kmax} , fase neutro $I_{k1Neutromax}$, fase terra $I_{k1PEmax}$ e bifase I_{k2max} espresse in kA:

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

$$I_{k1 \text{Neutr} \text{om} \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1 \text{Neutr} \text{om} \min}}$$

$$I_{k1 \text{PE} \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1 \text{PE} \min}}$$

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

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

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

$$I_{p1 \text{Neutro}} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1 \text{Neutr} \text{om} \max}$$

$$I_{p1 \text{PE}} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1 \text{PE} \max}$$

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

dove:

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

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

3.3.2 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:

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

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

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

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 Ik1min e fase terra , espresse in kA:

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

$$I_{k1 \text{Neutr} \text{om} \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1 \text{Neutr} \text{om} \max}}$$

$$I_{k1 \text{PE} \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1 \text{PE} \max}}$$

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

3.4 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 ($I_{mag \max}$).

3.5 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:

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

|  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|------------|---|----------|
| LUCE E FORZA MOTRICE Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0900 001</td> <td>B</td> <td>18 di 20</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 18 di 20 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 18 di 20 | | | | | | | | |

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:

- Le intersezioni sono due:
 - $I_{ccmin} \leq I_{inters\ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ia);
 - $I_{ccmax} \leq I_{inters\ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ib).
- L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
 - $I_{ccmin} \leq I_{inters\ min}$.
- L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
 - $I_{cc\ max} \leq I_{inters\ max}$.

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

3.6 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 Ia 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).

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO**

LUCE E FORZA MOTRICE

Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|------------|------|----------|
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 19 di 20 |

- 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.

LUCE E FORZA MOTRICE

Relazione di calcolo e dimensionamento linee e protezioni - Viabilità di accesso all'area di sicurezza al km23+246

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|------------|------|----------|
| IF26 | 12 E ZZ | CL | LF0900 001 | B | 20 di 20 |

4 ALLEGATI CALCOLI E VERIFICHE

ALIMENTAZIONE

DATI GENERALI DI IMPIANTO

| Tensione Nominale [V] | Sistema di Neutro | Distribuzione | P. Contrattuale [kW] | Frequenza[Hz] |
|-----------------------|------------------------|-----------------|----------------------|---------------|
| 400 | TT UI=50 Ra=1 Ig=50 | 3 Fasi + Neutro | 3 | 50 |

ALIMENTAZIONE PRINCIPALE:INGRESSO LINEA

| I_{cc} [kA] | dV a monte [%] | $\text{Cos } \varphi_{cc}$ | $\text{Cos } \varphi$ carico |
|---------------|----------------|----------------------------|------------------------------|
| 10 | 0,0 | 0,50 | 0,89 |

STRUTTURA QUADRI

QEBT - Quadro Elettrico BT

REGOLAZIONI

| Utenza | Interruttore | Curva Sganciatore | I_n [A] | I_r [A] | T_r [s] | I_m [kA] | I_{sd} [kA] | T_{sd} [s] |
|-----------|--------------|-------------------|-------------------------|-----------|------------|------------|--------------------|---------------------|
| Siglatura | Poli | I_i | I_g [$xI_n - A$] | T_g [s] | Differenz. | Classe | $I_{\Delta n}$ [A] | $T_{\Delta n}$ [ms] |

Quadro: [QEBT] Quadro Elettrico BT

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|---|----|----|-------|------|------|------|
| Dispositivo Generale | iC60 N | C | 16 | 16 | - | 0,16 | 0,16 | - |
| Q1 | 4 | - | - | - | RH99M | A | 0,5 | Ist. |
| Alimentazione Ausiliari Quadro | iC60 a | C | 6 | 6 | - | 0,06 | 0,06 | - |
| Q0.2.1 | 2 | - | - | - | RH99M | A | 0,1 | Ist. |
| Illuminazione C1 | iC60 N | C | 10 | 10 | - | 0,1 | 0,1 | - |
| Q0.2.3 | 4 | - | - | - | | | | |
| Riserva | iC60 N | C | 10 | 10 | - | 0,1 | 0,1 | - |
| Q0.2.4 | 4 | - | - | - | | | | |
| Riserva | iC60 N | C | 10 | 10 | - | 0,1 | 0,1 | - |
| Q0.2.5 | 4 | - | - | - | | | | |
| Riserva | iC60 N | C | 10 | 10 | - | 0,1 | 0,1 | - |
| Q0.2.6 | 4 | - | - | - | | | | |

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [QEBT] QUADRO ELETTRICO BT

LINEA: DISPOSITIVO GENERALE

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

| P [kW] | I _b [A]/I _{nm} [A] | I _R [A] | I _S [A] | I _T [A] | cos φ _b | K _{utilizzo} | K _{contemp.} | η |
|--------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| 1,2 | 2,57 | 2,57 | 1,61 | 1,61 | 0,89 | | 1 | |

CAVO

| Siglatura | Derivazione | tipo cond. | Lungh. [m] | Posa 64-8 | T _{emp.} [°C] | n° supp. | Resistività [°K m/W] | Prof. di Posa [m] | ravv. dist. | altri circuiti | K secur. |
|-----------|-------------|------------|------------|-----------|------------------------|----------|----------------------|-------------------|-------------|----------------|----------|
| L1 | 3F+N+PE | multi | 2 | 11 | 30 | | | - | ravv. | | 1 |

| Sezione Conduttori [mm ²] | R _{cavo} [mΩ] | X _{cavo} [mΩ] | R _{tot} [mΩ] | X _{tot} [mΩ] | ΔV _{cavo} [%] | ΔV _{tot} [%] | ΔV _{max prog} [%] |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| fase neutro PE 1x 16 1x 16 1x 16 | 2,25 | 0,16 | 13,8 | 20,16 | 0 | 0 | 4 |

| I _b [A] | I _z [A] | I _{cc max inizio linea} [kA] | I _{cc max Fine linea} [kA] | I _{ccmin fine linea} [kA] | I _{cc Terra} [kA] |
|--------------------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 2,57 | 96 | 10 | 9,45 | 4,45 | 0,05 |

| Designazione / Conduttore |
|---------------------------|
| FG7OR/Cu |

INTERRUTTORE

| Utenza | Interruttore | Poli | Curva Sganciatore | I _n [A] | I _r [A] | T _r [s] | I _m [kA] | I _{sd} [kA] |
|----------------------|---------------------|----------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Siglatura | T _{sd} [s] | I _i | I _g [xI _n - A] | T _g [s] | Differenz. | Classe | I _{Δn} [A] | T _{Δn} [ms] |
| Dispositivo Generale | iC60 N | 4 | C | 16 | 16 | - | 0,16 | 0,16 |
| Q1 | 4 | - | - | - | RH99M | A | 0,5 | Ist. |

VERIFICHE PROTEZIONI

| Sovraccarico | Corto Circuito massimo | Corto Circuito minimo | Persone |
|--------------|------------------------|-----------------------|---------|
| SI | - | - | - |

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [QEBT] QUADRO ELETTRICO BT

LINEA: SPD TIPO 1+2 UP1,5KV-IIMP12,5KA IN25KA-IMAX50KA

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

| P [kW] | I _b [A]/I _{nm} [A] | I _R [A] | I _S [A] | I _T [A] | cos φ _b | K _{utilizzo} | K _{contemp.} | η |
|--------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [QEBT] QUADRO ELETTRICO BT

LINEA: PRESENZA TENSIONE

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

| P [kW] | I _b [A]/I _{nm} [A] | I _R [A] | I _S [A] | I _T [A] | cos φ _b | K _{utilizzo} | K _{contemp.} | η |
|--------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [QEBT] QUADRO ELETTRICO BT

LINEA: MISURE

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

| P [kW] | I _b [A]/I _{nm} [A] | I _R [A] | I _S [A] | I _T [A] | cos φ _b | K _{utilizzo} | K _{contemp.} | η |
|--------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [QEBT] QUADRO ELETTRICO BT

LINEA: GENERALE AUSILIARI

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

| P [kW] | I _b [A]/I _{nm} [A] | I _R [A] | I _S [A] | I _T [A] | cos φ _b | K _{utilizzo} | K _{contemp.} | η |
|--------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| 0,2 | 0,96 | 0,96 | 0 | 0 | 0,9 | | 1 | |

SEZIONATORE

| Siglatura | Modello | I _n [A] | U _{imp} [kV] | I _{cm} [kA cresta] | I _{cw} [kA eff] | Coordin. interr. Monte [kA] |
|-----------|---------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| S0.1.4 | iSW | 20 | 6 | 0,00 | 0,00 | |

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [QEBT] QUADRO ELETTRICO BT

LINEA: ALIMENTAZIONE AUSILIARI QUADRO

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

| P [kW] | I _b [A]/I _{nm} [A] | I _R [A] | I _S [A] | I _T [A] | cos φ _b | K _{utilizzo} | K _{contemp.} | η |
|--------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| 0,2 | 0,96 | 0,96 | 0 | 0 | 0,9 | 1 | | |

CAVO

| Siglatura | Derivazione | tipo cond. | Lungh. [m] | Posa 64-8 | T _{emp.} [°C] | n° supp. | Resistività [°K m/W] | Prof. di Posa [m] | ravv. dist. | altri circuiti | K secur. |
|-----------|-------------|------------|------------|-----------|------------------------|----------|----------------------|-------------------|-------------|----------------|----------|
| L0.2.1 | F+N+PE | multi | 1 | 13 | 30 | 1 | | - | ravv. | | 1 |

| Sezione Conduttori [mm ²] | R _{cavo} [mΩ] | X _{cavo} [mΩ] | R _{tot} [mΩ] | X _{tot} [mΩ] | ΔV _{cavo} [%] | ΔV _{tot} [%] | ΔV _{max prog} [%] |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| fase neutro PE | | | | | | | |
| 1x 2,5 1x 2,5 1x 2,5 | 7,2 | 0,11 | 21,0 | 20,27 | 0 | 0 | 4 |

| I _b [A] | I _z [A] | I _{cc max inizio linea} [kA] | I _{cc max Fine linea} [kA] | I _{cc min fine linea} [kA] | I _{cc Terra} [kA] |
|--------------------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| 0,96 | 36 | 5,37 | 4,02 | 3,28 | 0,05 |

| Designazione / Conduttore |
|---------------------------|
| FG7OR/Cu |

INTERRUTTORE

| Utenza | Interruttore | Poli | Curva Sganciatore | I _n [A] | I _r [A] | T _r [s] | I _m [kA] | I _{sd} [kA] |
|--------------------------------|---------------------|----------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Siglatura | T _{sd} [s] | I _i | I _g [xI _n - A] | T _g [s] | Differenz. | Classe | I _{Δn} [A] | T _{Δn} [ms] |
| Alimentazione Ausiliari Quadro | iC60 a | 2 | C | 6 | 6 | - | 0,06 | 0,06 |
| Q0.2.1 | 2 | - | - | - | RH99M | A | 0,1 | Ist. |

VERIFICHE PROTEZIONI

| Sovraccarico | Corto Circuito massimo | Corto Circuito minimo | Persone |
|--------------|------------------------|-----------------------|---------|
| SI | SI | SI | SI |

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [QEBT] QUADRO ELETTRICO BT

LINEA: CRONO-CREPUSCOLARE

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

| P [kW] | I _b [A]/I _{nm} [A] | I _R [A] | I _S [A] | I _T [A] | cos φ _b | K _{utilizzo} | K _{contemp.} | η |
|--------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [QEBT] QUADRO ELETTRICO BT

LINEA: GENERALE ILLUMINAZIONE

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

| P [kW] | I _b [A]/I _{nm} [A] | I _R [A] | I _S [A] | I _T [A] | cos φ _b | K _{utilizzo} | K _{contemp.} | η |
|--------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| 1 | 1,61 | 1,61 | 1,61 | 1,61 | 0,89 | | 1 | |

SEZIONATORE

| Siglatura | Modello | I _n [A] | U _{imp} [kV] | I _{cm} [kA cresta] | I _{cw} [kA eff] | Coordin. interr. Monte [kA] |
|-----------|---------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| S0.1.5 | iSW | 20 | 6 | 0,00 | 0,00 | |

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [QEBT] QUADRO ELETTRICO BT

LINEA: ILLUMINAZIONE C1

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

| P [kW] | I _b [A]/I _{nm} [A] | I _R [A] | I _S [A] | I _T [A] | cos φ _b | K _{utilizzo} | K _{contemp.} | η |
|--------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| 1 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 0,9 | 1 | | |

CAVO

| Siglatura | Derivazione | tipo cond. | Lungh. [m] | Posa 64-8 | T _{emp.} [°C] | n° supp. | Resistività [°K m/W] | Prof. di Posa [m] | ravv. dist. | altri circuiti | K secur. |
|-----------|-------------|------------|------------|-----------|------------------------|----------|----------------------|-------------------|-------------|----------------|----------|
| L0.2.3 | 3F+N | multi | 170 | 61 | 30 | | 1,06 | 0,8 | ravv. | | 1 |

| Sezione Conduttori [mm ²] | R _{cavo} [mΩ] | X _{cavo} [mΩ] | R _{tot} [mΩ] | X _{tot} [mΩ] | ΔV _{cavo} [%] | ΔV _{tot} [%] | ΔV _{max prog} [%] |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| fase neutro PE 1x 6 1x 6 | 510,0 | 16,24 | 523,8 | 36,4 | 0,4 | 0,4 | 4 |

| I _b [A] | I _z [A] | I _{cc max inizio linea} [kA] | I _{cc max Fine linea} [kA] | I _{ccmin fine linea} [kA] | I _{cc Terra} [kA] |
|--------------------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 1,6 | 40,41 | 9,45 | 0,43 | 0,13 | 0,05 |

| Designazione / Conduttore |
|---------------------------|
| FG70R/Cu |

INTERRUTTORE

| Utenza | Interruttore | Poli | Curva Sganciatore | I _n [A] | I _r [A] | T _r [s] | I _m [kA] | I _{sd} [kA] |
|------------------|---------------------|----------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Siglatura | T _{sd} [s] | I _i | I _g [xI _n - A] | T _g [s] | Differenz. | Classe | I _{Δn} [A] | T _{Δn} [ms] |
| Illuminazione C1 | iC60 N | 4 | C | 10 | 10 | - | 0,1 | 0,1 |
| Q0.2.3 | 4 | - | - | - | | | | |

VERIFICHE PROTEZIONI

| Sovraccarico | Corto Circuito massimo | Corto Circuito minimo | Persone |
|--------------|------------------------|-----------------------|---------|
| SI | SI | SI | SI |

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [QEBT] QUADRO ELETTRICO BT

LINEA: RISERVA

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

| P [kW] | $I_b [A]/I_{nm} [A]$ | $I_R [A]$ | $I_S [A]$ | $I_T [A]$ | $\cos \varphi_b$ | $K_{utilizzo}$ | $K_{contemp.}$ | η |
|--------|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|----------------|----------------|--------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

INTERRUTTORE

| Utenza | Interruttore | Poli | Curva Sganciatore | $I_n [A]$ | $I_r [A]$ | $T_r [s]$ | $I_m [kA]$ | $I_{sd} [kA]$ |
|-----------|--------------|-------|-------------------|-----------|------------|-----------|--------------------|---------------------|
| Siglatura | $T_{sd} [s]$ | I_i | $I_g [xI_n - A]$ | $T_g [s]$ | Differenz. | Classe | $I_{\Delta n} [A]$ | $T_{\Delta n} [ms]$ |
| Riserva | iC60 N | 4 | C | 10 | 10 | - | 0,1 | 0,1 |
| Q0.2.4 | 4 | - | - | - | | | | |

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [QEBT] QUADRO ELETTRICO BT

LINEA: RISERVA

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

| P [kW] | $I_b [A]/I_{nm} [A]$ | $I_R [A]$ | $I_S [A]$ | $I_T [A]$ | $\cos \varphi_b$ | $K_{utilizzo}$ | $K_{contemp.}$ | η |
|--------|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|----------------|----------------|--------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

INTERRUTTORE

| Utenza | Interruttore | Poli | Curva Sganciatore | $I_n [A]$ | $I_r [A]$ | $T_r [s]$ | $I_m [kA]$ | $I_{sd} [kA]$ |
|-----------|--------------|-------|-------------------|-----------|------------|-----------|--------------------|---------------------|
| Siglatura | $T_{sd} [s]$ | I_i | $I_g [xI_n - A]$ | $T_g [s]$ | Differenz. | Classe | $I_{\Delta n} [A]$ | $T_{\Delta n} [ms]$ |
| Riserva | iC60 N | 4 | C | 10 | 10 | - | 0,1 | 0,1 |
| Q0.2.5 | 4 | - | - | - | | | | |

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [QEBT] QUADRO ELETTRICO BT

LINEA: RISERVA

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

| P [kW] | $I_b [A]/I_{nm} [A]$ | $I_R [A]$ | $I_S [A]$ | $I_T [A]$ | $\cos \varphi_b$ | $K_{utilizzo}$ | $K_{contemp.}$ | η |
|--------|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|----------------|----------------|--------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

INTERRUTTORE

| Utenza | Interruttore | Poli | Curva Sganciatore | $I_n [A]$ | $I_r [A]$ | $T_r [s]$ | $I_m [kA]$ | $I_{sd} [kA]$ |
|-----------|--------------|-------|-------------------|-----------|------------|-----------|--------------------|---------------------|
| Siglatura | $T_{sd} [s]$ | I_i | $I_g [xI_n - A]$ | $T_g [s]$ | Differenz. | Classe | $I_{\Delta n} [A]$ | $T_{\Delta n} [ms]$ |
| Riserva | iC60 N | 4 | C | 10 | 10 | - | 0,1 | 0,1 |
| Q0.2.6 | 4 | - | - | - | | | | |