

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

| | | | |
|--------------------------------------|--|---|--|
| Città Metropolitana di TORINO | | COMUNE DI PINO TORINESE | |
| LIVELLO PROGETTUALE | | PROGETTO ESECUTIVO | |
| CUP F21B08000270002 | TITOLO INTERVENTO ADEGUAMENTO FUNZIONALE TRATTO PINO TORINESE (GALLERIA) - CONFINE PROVINCIALE - II LOTTO | | |
| CODICE OPERA 020TO09 | | | |
| Elaborato n. 09 | TITOLO ELABORATO RELAZIONE IMPIANTO ELETTRICO | | |
| DATA OTTOBRE 2021 | SCALA -- | AREA PROGETTUALE IMPIANTI ELETTRICI | |
| FORMATO ELABORATO | CODICE GENERALE ELABORATO 020TO09 0 0 E IE 00 CZ 009 0 | | |
| NOME FILE | | | |
| VERSIONE | DATA | DESCRIZIONE | |
| 00 | Ottobre 2021 | Prima redazione Progetto Esecutivo | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| RTP PROGETTAZIONE | TIMBRI - FIRME Responsabile del progetto: Dott. Ing. Gianluca Noascono Responsabile dell'elaborato: Dott. Ing. Gianluca Odetto | | |
| RTI ESECUZIONE | TIMBRI - FIRME Direttore Tecnico: | | |
| ORGANISMO DI CONTROLLO | S.C.R. PIEMONTE S.p.A. | | |
| Responsabile di Commessa: | Responsabile del Procedimento: Dott. Ing. Michele Niviera | | |

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUZIONE..... | 1 |
| 2. NORME DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE..... | 4 |
| 3. CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO | 5 |
| 4. PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI | 5 |
| 5. PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI E IMPIANTO DI TERRA | 5 |
| 6. PROTEZIONE DALLE SOVRACORRENTI | 6 |
| 7. CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO | 6 |
| 8. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI | 8 |
| 9. INTEGRALE DI JOULE | 9 |
| 10. DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO..... | 10 |
| 11. CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI | 11 |
| 12. CADUTE DI TENSIONE | 11 |
| 13. SCELTA DELLE PROTEZIONI..... | 12 |
| 14. VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE..... | 13 |
| ALLEGATO A – SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE | 15 |

1. INTRODUZIONE

Lo scopo della presente relazione è quello di illustrare i criteri ed i metodi utilizzati per l'adeguamento dell'impianto di illuminazione pubblica a servizio di Via Traforo e di Via Folis situate nel Comune di Pino Torinese (TO), a seguito dei lavori per la realizzazione di una rotatoria di tipo compatto su Via Traforo (ai sensi del D.M. 19 aprile 2006, avendo un diametro di 25 metri) e di una rotatoria di tipo mini rotatoria su Via Folis (ai sensi del D.M. 19 aprile 2006 avendo un diametro di 22 metri). Sono inoltre previsti un collegamento stradale tra le due rotatorie, la realizzazione di marciapiedi, di un piccolo parcheggio a servizio del parco giochi esistente e la sistemazione delle aree adiacenti alla nuova viabilità e delle aree di viabilità esistente dismessa.

Tale impianto sarà caratterizzato da apparecchi d'illuminazione a LED da installare su pali esistenti e su pali di nuova fornitura; per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato grafico "Tavola 13 – Planimetria illuminazione".

Sono state eseguite delle verifiche per determinare se i circuiti elettrici degli impianti di illuminazione esistenti fossero in grado di sopportare i nuovi carichi elettrici derivanti dall'installazione dei nuovi apparecchi illuminanti; in particolare sono state verificate le taglie degli interruttori di protezione, le sezioni delle dorsali ed il loro corretto coordinamento.

Tali verifiche hanno reso possibile l'allaccio degli apparecchi di illuminazione di nuova installazione ai circuiti e quindi alle dorsali di alimentazione degli apparecchi di illuminazione esistenti, in particolare:

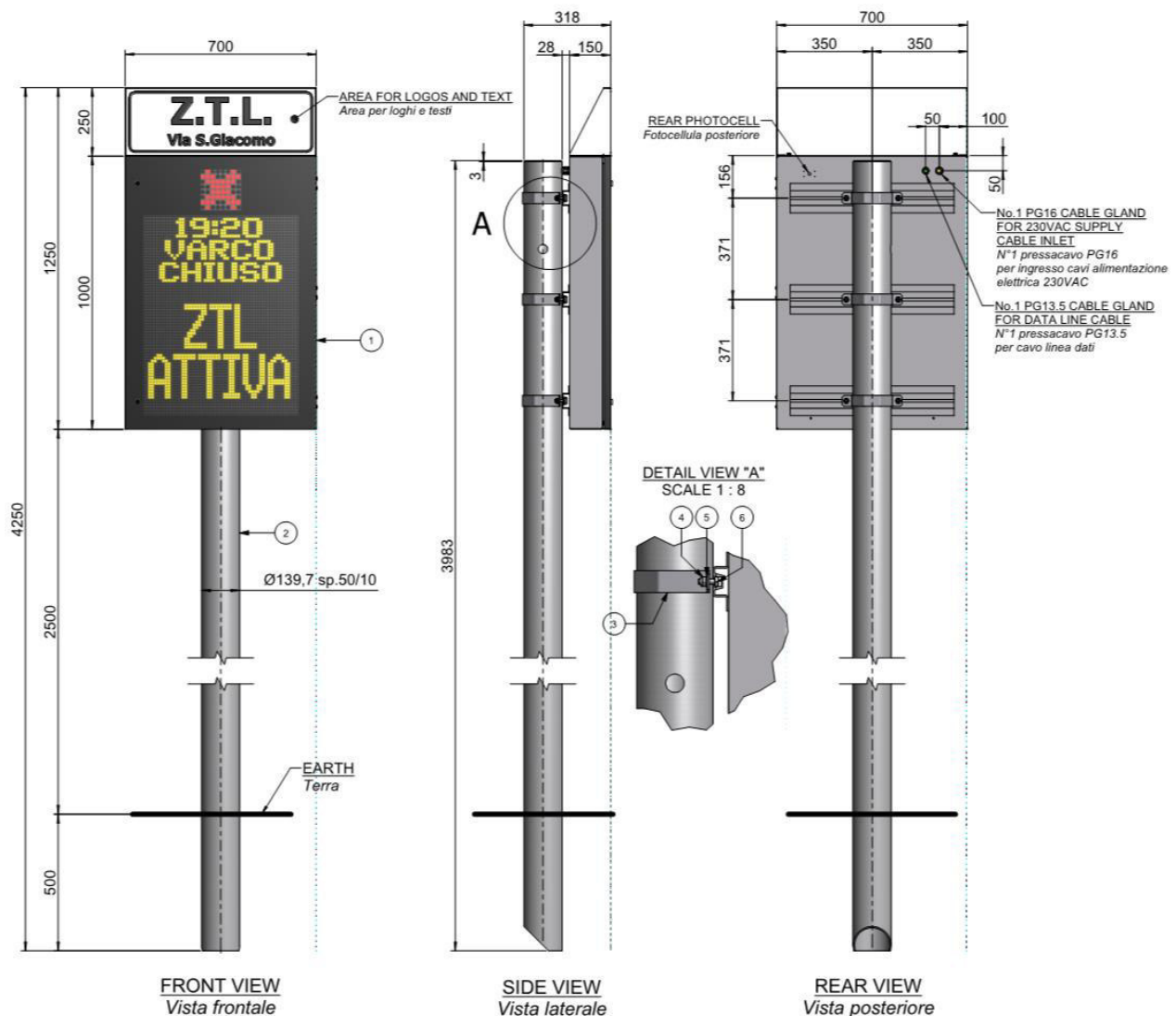
- i lampioni di Via Traforo e della relativa rotonda saranno alimentati dal quadro elettrico situato all'intersezione tra Via Traforo e Via Valle Balbiana attraverso il circuito denominato "Linea 2 – Illuminazione Via Traforo verso galleria"; sarà necessario posare un nuovo tratto intermedio di dorsale mediante cavo tipo FG16OR16 sez. $4 \times 16 \text{ mm}^2$, da posare all'interno di un corrugato interrato di diametro 110 mm, le cui estremità saranno da collegare alla dorsale esistente attraverso muffole a nastro autoagglomerante protette da guaina termorestringente.
- i lampioni di Via Folis, della relativa rotonda e del parcheggio pubblico saranno alimentati dal quadro elettrico situato all'intersezione tra Via Folis e Via San Felice attraverso il circuito denominato "Linea 2 – Dorsale 38 – Via R.Vallero-Via San Felice"; sarà necessario posare un nuovo tratto intermedio di dorsale mediante cavo tipo FG16OR16 sez. $4 \times 16 \text{ mm}^2$, da posare all'interno di un corrugato interrato di diametro 110 mm, le cui estremità saranno da collegare alla dorsale esistente attraverso muffole a nastro autoagglomerante protette da guaina termorestringente.

Le derivazioni dalle dorsali alle morsettiere dei pali, e da queste ai corpi Illuminanti, saranno da realizzare mediante cavo tipo FG16OR16 sez. $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$.

Per quanto riguarda i pannelli a messaggio variabile, la loro alimentazione sarà da realizzare attraverso il prolungamento dell'attuale dorsale di alimentazione del pannello a messaggio variabile esistente che verrà ricollocato in una nuova posizione. Per ciascuno di essi (quello esistente da ricollocare e quello di nuova fornitura) sarà inoltre da prevedere, a partire dalla centralina di controllo, un cavo per la trasmissione di segnali.

Il pannello a messaggio variabile di nuova fornitura previsto a progetto presenta le seguenti caratteristiche:

- Matrice (dimensioni LxH; passo): 56x72 pixel; 10,16 mm.
- Area attiva (mm): 569x731; Area red/green separata: 150x150.
- Righe: da 6 a 9.
- Caratteri per riga: fino a 10.
- Dimensioni pannello LxHxP (mm): 700x1000x150.
- Peso: 36 kg.
- Pixel area grafica: ciascun pixel è formato da un led ad alta luminanza.
- Luminosità: regolazione automatica su 256 livelli (mediante lettura luminosità ambientale) e su specifico comando remoto.
- Diagnostica: integrata per il controllo di alimentazione, temperatura interna, stato linea dati, stato dei pixel.
- Contenitore: in alluminio elettrosaldato e verniciato con vernici ai poliesteri.
- Frontale: in alluminio verniciato in colore nero opaco ultra assorbente forato in corrispondenza dei pixel, con lastra interna di policarbonato.
- Portella: anteriore di ispezione con dispositivo di bloccaggio in apertura.
- Grado di protezione: IP55 senza scambio aria con l'esterno.
- Alimentazione: 230 Vac $\pm 5\%$, 50 Hz $\pm 5\%$.
- Interfaccia: ethernet RJ45 o seriale RS485; possibilità di connessione al Centro di Controllo Remoto tramite tecnologia GPRS.
- Fissaggio a palo: tramite guide posteriori per alloggiamento dei perni dei collari di attacco al palo di sostegno.
- Targa superiore: possibilità di apporre una targa in alluminio con pellicola riflettente, con scritte o loghi personalizzati.



Tipo AESYS mod. ZTL Stretched cod.995101101400

Il quadro elettrico per l'alimentazione e la gestione del sistema di irrigazione sarà da posare all'interno di un apposito armadio in vetroresina di nuova installazione. Il quadro elettrico sarà alimentato dal quadro elettrico dell'illuminazione pubblica situato all'intersezione tra Via Folis e Via San Felice mediante cavo FG16OR16 sez. $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$; per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato grafico "Tavola 12 – Planimetria impianto irrigazione" e all'allegato A "Schema elettrico unifilare".

Nel seguito sono riportati i criteri seguiti nella progettazione dell'impianto elettrico. Si fa presente che tutte le scelte progettuali adottate sono mirate a:

- ottimizzare le operazioni di utilizzazione e manutenzione degli impianti;
- realizzare un impianto definito per settori e che permetta la gestione;
- garantire la sicurezza delle persone e delle cose.

2. NORME DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE

Nel presente progetto si è tenuta in considerazione la normativa vigente in materia di sicurezza e risparmio energetico. In particolare le opere dovranno essere realizzate in conformità con le normative vigenti nel territorio italiano riguardanti la qualità dei manufatti e dei componenti e la regola dell'arte.

Di seguito, fermo restando che la ditta appaltante dovrà realizzare l'opera in conformità con tutte le normative di legge presenti, le norme UNI, le norme CEI, anche se non espressamente citate, vengono riportate alcune tra le principali normative alle quali fare riferimento tenendo pure in considerazione le successive modifiche:

- 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 2000 IVa Ed. Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI EN 60909-0 IIa Ed. (IEC 60909-0:2001-07): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- 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 17-5 VIIIa Ed. 2007: 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 23-3/1 Ia Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e simili.
- CEI 64-8 VIIa Ed. 2012: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35023 2012: Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4- Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 1997: 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 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 IIa Ed. 2004: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e simile.
- 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.

3. CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO

La sezione dei cavi elettrici sarà tale da garantire:

- la possibilità di far transitare una corrente maggiore della corrente di impiego prevista per ogni singolo circuito;
- che la massima caduta di tensione prevista dall'origine di ogni singolo circuito non sia superiore al 3%;
- che la massima caduta di tensione prevista dall'origine dell'impianto non sia superiore al 4%.

4. PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI

La protezione dai contatti diretti, aventi lo scopo di proteggere le persone dalle conseguenze di contatti con parti elettricamente attive, ossia in tensione durante il loro funzionamento, sarà del tipo totale. Il termine totale indica che queste misure impediranno sia il contatto accidentale che involontario, a patto di non utilizzare attrezzi e di non danneggiare il sistema di protezione.

5. PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI E IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra non dovrà essere realizzato poiché è stato previsto l'impiego di elementi in classe II a isolamento doppio o rinforzato o comunque privi di masse.

6. PROTEZIONE DALLE SOVRACCORRENTI

Per la protezione da sovraccarico gli interruttori sono stati dimensionati in modo da assicurare le seguenti condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1.45 \cdot I_n$$

Dove:

- I_b = corrente di impiego del circuito;
- I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione;
- I_z = portata in regime permanente della conduttura;
- I_f = corrente di intervento del dispositivo.

Per la protezione dal cortocircuito devono essere scelti interruttori con potere d'interruzione superiore alla corrente presunta di corto circuito e dimensionati per assicurare la seguente condizione:

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

Dove:

- $I^2 \cdot t$ = integrale di Joule per la durata del corto circuito;
- K = Costante dei cavi;
- S = Sezione del conduttore.

Gli interruttori posti all'interno dei quadri elettrici avranno un potere di interruzione idoneo alla corrente di cortocircuito presente nel punto di installazione.

7. CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO

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

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

nella quale:

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

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza $\cos \varphi$ è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di I_b vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

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

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

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

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

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

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

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

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

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

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

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

8. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

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

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

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

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

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

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

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

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. 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).

9. INTEGRALE DI JOULE

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

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

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

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

- | | |
|--|---------|
| • Cavo in rame e isolato in PVC: | K = 115 |
| • Cavo in rame e isolato in gomma G: | K = 135 |
| • Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7: | K = 143 |
| • Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: | K = 115 |
| • Cavo in rame serie L nudo: | K = 200 |
| • Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: | K = 115 |
| • Cavo in rame serie H nudo: | K = 200 |
| • Cavo in alluminio e isolato in PVC: | K = 74 |
| • Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7: | K = 92 |

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

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

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

- | | |
|--|---------|
| • Cavo in rame e isolato in PVC: | K = 115 |
| • Cavo in rame e isolato in gomma G: | K = 135 |
| • Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7: | K = 143 |
| • Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: | K = 115 |
| • Cavo in rame serie L nudo: | K = 228 |

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

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

11. CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI

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

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

esprese in °C.

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

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

12. 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 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.

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

14. VERIFICA DELLA PROTEZIONE A

CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE

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

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

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

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

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

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

Le condizioni sono pertanto:

- Le intersezioni sono due:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters \ min}$ (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:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters \ min}$.
- 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.

Note:

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti $K^2 S^2$ e la I_z dello stesso.

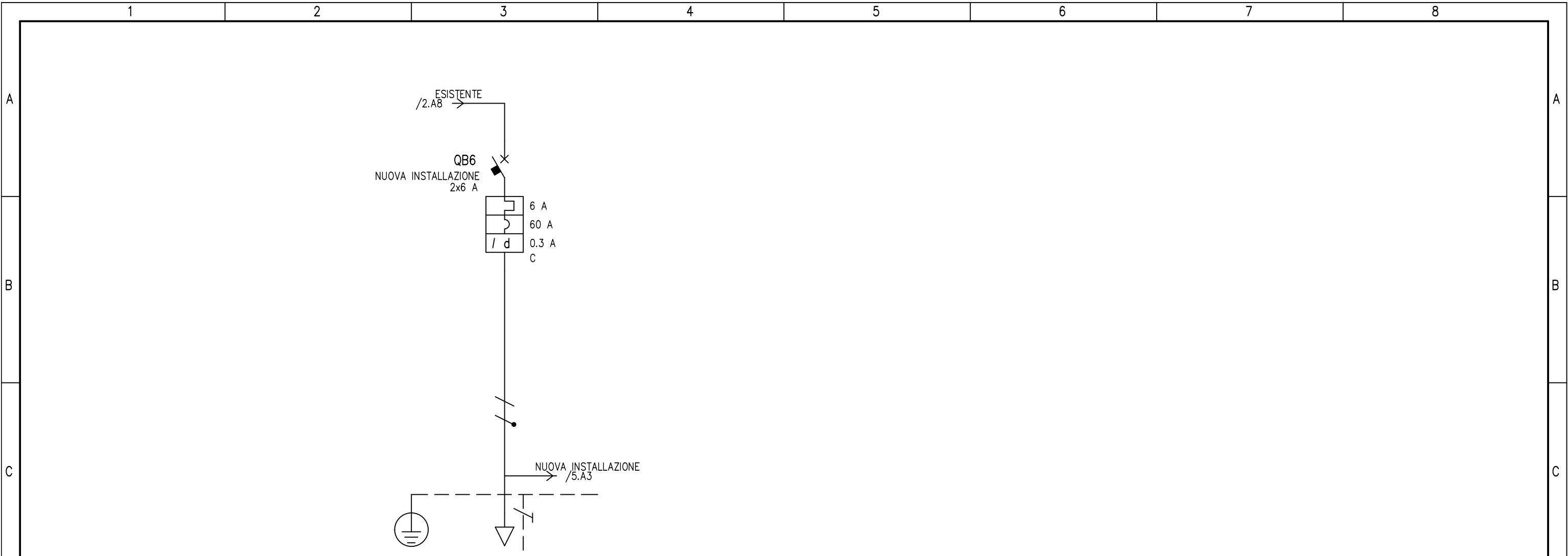
La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

ALLEGATO A – SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| A | | | | | | | | A |
| B | | | | | | | | B |
| C | | | | | | | | C |
| D | | | | | | | | D |
| E | | | | | | | | E |
| F | | | | | | | | F |

| | |
|------------------------------|-----------|
| ZONA | VIA FOLIS |
| QUADRO | Q.E.FOLIS |
| Potenza impiegata | 0.25 kW |
| Caduta di tensione (Tot. Ib) | |
| Corrente di guasto (Ikmax) | 10 kA |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|------|-------|--------|---|-----------|-----------|---------------|-----------|--|--|-----------------------|---|
| | | | | DATA | | | | Sertec s.r.l. | Q.E.FOLIS | | | | |
| | | | | DISEG. | | | | Loranzè | | | | + VIA FOLIS.Q.E.FOLIS | |
| | | | | VISTO | | | | | | | | FOGLIO 1 DI | 5 |
| REV. | MODIFICA | DATA | FIRMA | APPR. | | SOST. IL: | SOST. DA: | ORIGINE: | | | | SEGUE | 2 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | | | | |



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------------------------------|-------------------------|--|-------------------|--------|---------------------------------|-------|------------|---------------|--|-----------|-----------|----------|--|--|---|--|--|--|---------|----------------------|--|--|---|--|--|--|---|--|--|--|
| D | UTENZA | DENOMINAZIONE | | | | Q.E.IRRIGAZIONE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | SIGLA | | | | NUOVA INSTALLAZIONE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | TIPO | | POTENZA TOT. kVA | | TT/L1-N | | 1.39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | POTENZA kW | | Ib A | | 0.25 | | 1.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | COEF. CONTEMP. | | COS φ | | 1 | | 0.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | INTERRUTTORE O SEZIONATORE | COSTRUTTORE | | | | SCHNEIDER ELECTRIC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | TIPO | | | | iC60a-C - 6A+Vigi iC60 AC 0,3 A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | N.POLI | | In A | | 2 | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ith A | | Idn A | | TIPO DIFF. | | 6 0.3 Gen. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Im (o curva) A | | Pdi kA | | 60 | | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | FUSIBILE | TIPO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | CALIBRO A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CONTATTORE | TIPO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | In A | | Pn kW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | RELE' TERMICO | TIPO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TARATURA A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | LINEA DI POTENZA | TIPO CAVO | | | | FG160R16 0.6/1 kV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | FORMAZIONE | | | | 3G2.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | LUNGHEZZA m | | | | 350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Iz A | | | | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | C.d.T. a In % | | C.d.T. a Ib % | | 16.9 | | 3.36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Zk mΩ | | Zs mΩ | | 5581.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ik trifase/monof. kA | | Ik1 fase/terra kA | | 0.041 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | NUMERAZIONE MORSETTIERA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | DATA | | | | Sertec s.r.l. | | Q.E.FOLIS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | DISEG. | | | | Loranzè | | | | | | | | | | | | +VIA FOLIS.Q.E.FOLIS | | | | | | | | | | |
| | | | | | VISTO | | | | | | | | | | | | | | | | FOGLIO 3 DI 5 | | | | | | | | | | |
| | REV. | MODIFICA | | | DATA | FIRMA | APPR. | | | | SOST. IL: | SOST. DA: | ORIGINE: | | | | | | | SEGUE 4 | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | | 5 | | | | 6 | | | | 7 | | | | 8 | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | |

| | |
|------------------------------|-----------|
| ZONA | VIA FOLIS |
| QUADRO | Q.E.S.I. |
| Potenza impiegata | 0.25 kW |
| Caduta di tensione (Tot. Ib) | 3.36 % |
| Corrente di guasto (Ikmax) | 0.041 kA |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|------|-------|--------|--|-----------|-----------|---------------|----------|---|--|---------------------|---|
| | | | | DATA | | | | Sertec s.r.l. | Q.E.S.I. | | | | |
| | | | | DISEG. | | | | Loranzè | | | | +VIA FOLIS.Q.E.S.I. | |
| | | | | VISTO | | | | | | | | FOGLIO 4 DI 5 | |
| REV. | MODIFICA | DATA | FIRMA | APPR. | | SOST. IL: | SOST. DA: | ORIGINE: | | | | SEGUE 5 | |
| | 1 | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | 8 |

