



# COMUNE DI PADOVA

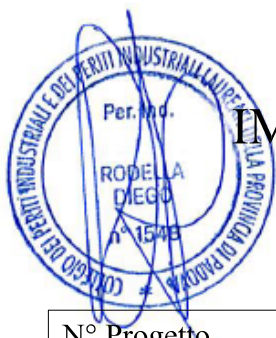
SETTORE LAVORI PUBBLICI

ELENCO ANNUALE ANNO 2018

## PROGETTO ESECUTIVO

ORATORIO DI SAN ROCCO

Restauro del piano primo per ampliamento spazi espositivi



IMPORTO COMPLESSIVO: € 300.000,00

N° Progetto

Nome file:

Data  
Luglio 2019

CUP H97B17000710004

LLPP  
EDP 2018/084

Elaborato

29

**RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO  
IMPIANTI ELETTRICI**

Progettisti

**R&B ENGINEERING**  
Per. Ind. Diego Rodella  
via Monte Pasubio, 17  
35010 Vigonza (PD)

Rup

Arch. Domenico Lo Bosco

Capo Settore



**R&B ENGINEERING**

Per. Ind. Diego Rodella – via San Francesco, 12/A – 35010 Vigonza (PD) – Cell.: 3391089078

Ing. Andrea Barutta - via Montello, 19/B – 35010 Vigonza (PD)

Sede Operativa: via Monte Pasubio 17 – 35010 Vigonza (PD)

E. mail: [drodella@rbengineering.eu](mailto:drodella@rbengineering.eu) - [abarutta@rbengineering.eu](mailto:abarutta@rbengineering.eu) - [www.rbengineering.eu](http://www.rbengineering.eu)



Committente

## **COMUNE DI PADOVA - SETTORE LAVORI PUBBLICI**

Via Niccolò Tommaseo, 60 - 35131 Padova (PD)

---

# **RELAZIONE TECNICA**

**PROGETTO ESECUTIVO AMPLIAMENTO IMPIANTO**

**ELETTRICO ORATORIO SAN ROCCO**

**sito in VIA SANTA LUCIA, 59 - 35139 PADOVA (PD)**

## **RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI**

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEI CAVI.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>COORDINAMENTO PROTEZIONI CON L'IMPIANTO DI MESSA A TERRA .....</b>	<b>5</b>
2.1.1	Sistemi TN .....	5
2.1.2	Sistemi TT .....	6
2.1.3	Sistemi IT .....	6
<b>3</b>	<b>CADUTA DI TENSIONE .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE .....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI .....</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>RIFASAMENTO .....</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>VERIFICA DELLA SELETTIVITA' .....</b>	<b>10</b>
<b>9</b>	<b>CALCOLO ILLUMINOTECNICO .....</b>	<b>11</b>

## 1 DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

Il dimensionamento dei cavi ha lo scopo di garantire la protezione della conduttura dalle correnti di sovraccarico e di corto circuito.

In base alla Norma CEI 64-8, art. 433.2, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo tale che siano soddisfatte le condizioni:

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

$$b) I_f \leq 1,45 I_z$$

Per soddisfare alla condizione "a" è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte.

Dalla corrente "I<sub>b</sub>" viene scelta la corrente nominale della protezione a monte (valori normalizzati) e con questa si procede alla scelta della sezione.

La scelta viene fatta in base alla tabella che riporta la corrente ammissibile "I<sub>z</sub>" in funzione del tipo di isolamento del cavo che si vuole utilizzare, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi (tabelle CEI-UNEL 35024/1, 35024/2); la portata che il cavo dovrà avere sarà pertanto:

$$I_z \text{ minima} = I_n / k$$

dove il coefficiente "k" di declassamento tiene conto anche di eventuali paralleli.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia immediatamente superiore a quella calcolata tramite la corrente nominale (I<sub>z</sub> minima).

Gli eventuali paralleli vengono calcolati, nell'ipotesi che essi abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza, posa, etc. (CEI 64-8, par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate dal numero di paralleli nel 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<sub>f</sub>" e corrente nominale "I<sub>n</sub>" minore di 1,45 e costante per tutte le tarature inferiori a 125A.

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. Ne deriva che in base a queste normative la condizione "b" sarà sempre soddisfatta.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono pertanto protette contro il sovraccarico.

Per verificare la protezione del cavo in caso di corto circuito, l'energia specifica passante attraverso l'interruttore deve essere minore dell'energia sopportabile dal cavo, secondo la relazione:

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

La costante K viene data dalla norma 64-8, art. 434.3.2, in funzione del materiale conduttore e del materiale isolante.

- ⇒ Cavi in rame isolati con guaina in PVC: K = 115
- ⇒ Cavi in rame isolati con gomma ordinaria o butilica: K = 135
- ⇒ Cavi in rame isolati con gomma etilenpropilenica o propilene reticolato: K = 143
- ⇒ Cavi in alluminio isolati con guaina in PVC: K = 74
- ⇒ Cavi in alluminio isolati con gomma ordinaria, gomma butilica, gomma etilenpropilenica o propilene reticolato: K = 87

Dalla relazione sopra riportata si ricava il tempo "t" necessario affinché una data corrente di corto circuito "I" porti il cavo alla sua temperatura massima sopportabile.

$$\sqrt{t} = K \times S / I$$

Il dispositivo di protezione dovrà intervenire con un tempo inferiore a "t" in secondi.

La temperatura alla quale vengono calcolate le resistenze dei conduttori per la determinazione della costante "K" sono date dalla norma CEI 64-8, art. 434.3.2, in cui vengono indicate le temperature massime ammesse in servizio ordinario e durante il corto circuito a seconda del tipo di isolamento del cavo.

Materiale isolante	Servizio ordinario	Cortocircuito
PVC	70 °C	160 °C
Gomma ordinaria	60 °C	200 °C
Gomma butilica	85 °C	220 °C
Gomma etilenpropilenica (EPR) e Polietilene reticolato (XLPE)	90 °C	250 °C

## 2 COORDINAMENTO PROTEZIONI CON L'IMPIANTO DI MESSA A TERRA

### 2.1.1 Sistemi TN

Questo tipo di distribuzione prevede che l'utente abbia una propria cabina di distribuzione dalla quale si deriva un sistema di I categoria.

Ogni generatore o trasformatore di alimentazione deve avere un punto di messa a terra (generalmente il punto neutro). Tutte le masse dell'impianto devono essere collegate allo stesso impianto di messa a terra del sistema di alimentazione.

Le caratteristiche dei dispositivi di interruzione automatica dell'alimentazione devono essere coordinate con l'impedenza dei circuiti, in modo tale che se si presenta un guasto d'impedenza trascurabile in qualsiasi parte dell'impianto tra un conduttore di fase e un conduttore di protezione o una massa, l'alimentazione venga interrotta entro il tempo specificato, soddisfacendo la seguente condizione:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

dove:

- $Z_s$ : è l'impedenza in ohm dell'anello di guasto che comprende la sorgente di alimentazione, il conduttore di fase e il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;
- $I_a$  è la corrente in ampere che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro il tempo definito dalla tabella sotto riportata; in caso il dispositivo d'interruzione sia un interruttore differenziale  $I_a$  è la corrente differenziale nominale  $I_{dn}$ ;
- $U_o$  è la tensione nominale in c.a., tra fase e terra in valore efficace.

Per i tempi massimi d'interruzione si fa riferimento alla tabella seguente.

$U_o$ (V)	Tempo di interruzione (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Nota: vedi Norma CEI 64-8, art. 413.1.3.3, tab. 41A

I tempi di massimi di cui sopra vanno applicati per i circuiti terminali che alimentano (direttamente o tramite presa a spina) componenti elettrici di classe I, mobili, portatili o trasportabili. Per i circuiti di distribuzione e per i circuiti che alimentano solo componenti elettrici fissi, sono ammessi tempi convenzionali massimi non superiori a 5s.

### **2.1.2 Sistemi TT**

Il sistema TT si presenta quando l'impianto di messa a terra del sistema di alimentazione è elettricamente separato dall'impianto di messa a terra delle masse.

In questo caso l'anello di guasto comprende anche la parte di terreno compresa fra i due punti di messa a terra (quello della cabina e quello dell'impianto).

Il coordinamento tra dispositivo di protezione e impianto di terra deve soddisfare la seguente relazione:

$$R_a \times I_a \leq 50$$

dove:

- $R_a$  è la resistenza di terra comprensiva dell'impianto disperdente e dei conduttori di protezione, misurata ad impianto elettrico finito;
- $I_a$  è la corrente in ampere che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione entro 5 secondi, vale la corrente differenziale nominale  $I_{dn}$  in caso di interruttore differenziale.

### **2.1.3 Sistemi IT**

Nel sistema IT le parti attive della sorgente dell'alimentazione devono essere isolate da terra o essere collegate a terra tramite un'impedenza di valore appropriato.

In questo caso un singolo guasto a terra determina una corrente di guasto debole che non è necessario interrompere qualora soddisfi la relazione:

$$R_T \times I_d \leq 50$$

dove:

- $R_T$  è la resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse;
- $I_d$  è la corrente di primo guasto tra un conduttore di fase e una massa, in ampere, che tiene conto delle correnti di dispersione verso terra e dell'impedenza totale di messa a terra dell'impianto elettrico.

Il primo guasto a terra deve essere segnalato acusticamente e/o visivamente da un dispositivo di controllo dell'isolamento.

Nel caso di secondo guasto a terra le condizioni di interruzione dell'alimentazione devono essere le seguenti.

Quando le masse sono messe a terra per gruppi o individualmente vale la relazione usata per i sistemi TT.

Quando le masse sono interconnesse collettivamente da un conduttore di protezione valgono le prescrizioni relative ai sistemi TN e le seguenti relazioni:

- quando il neutro non è distribuito vale la relazione:

$$Z_s \leq U / 2 \times I_a$$

- quando il neutro è distribuito vale la relazione:

$$Z's \leq U_o / 2 \times I_a$$

dove:

- $U_o$  è la tensione nominale tra fase e terra, in valore efficace;
- $U$  è la tensione nominale tra fase e fase, in valore efficace;
- $Z_s$  è l'impedenza in ohm dell'anello di guasto costituito dal conduttore di fase e dal conduttore di protezione del circuito;
- $Z's$  è l'impedenza in ohm dell'anello di guasto costituito dal conduttore di neutro e dal conduttore di protezione del circuito;
- $I_a$  è la corrente in ampere che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro il tempo definito dalla tabella sotto riportata; in caso il dispositivo d'interruzione sia un interruttore differenziale  $I_a$  è la corrente differenziale nominale  $I_{dn}$ .

Per i tempi massimi d'interruzione in caso di secondo guasto si fa riferimento alla tabella seguente.

Tensione nominale dell'impianto $U_o/U$ (V)	Tempo di interruzione (s)	
	Neutro non distribuito	Neutro distribuito
120/240	0,8	5
230/400	0,4	0,5
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2
Nota: vedi Norma CEI 64-8, art. 413.1.5.6, tab. 41B		



### 3 CADUTA DI TENSIONE

Le cadute di tensione sono valutate in base alle tabelle UNEL 35023-70.

In accordo con queste tabelle la caduta di tensione di un singolo ramo vale:

$$cdt(lb) = kcdt lb (Lc / 1000 Vn) [ Rcavo \cos \phi + Xcavo \sin \phi ] 100 [\%]$$

dove:

- Kcdt = 2 per sistemi monofase
- kcdt = 1,73 per sistemi trifase.

I parametri "Rcavo" e "Xcavo" sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione al tipo di cavo (unipolare/multipolare) e in base alla sezione dei conduttori; i valori della "Rcavo" riportate sono riferiti a 80°C, mentre la "Xcavo" è riferita a 50Hz, entrambe sono espresse in "ohm/km".

La "cdt(lb)" viene valutata analogamente alla corrente "lb".

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di un'utenza viene determinata tramite la somma delle cadute di tensione, assolute di un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da questa viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale della utenza in esame.

### 4 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO

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

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

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm<sup>2</sup>, se conduttore in rame, e 25 mm<sup>2</sup>, se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase.

Il criterio consiste nel calcolare la sezione secondo il seguente schema:

- ⇒  $S_n = S_f$  se  $S_f < 16 \text{ mm}^2$ ;
- ⇒  $S_n = 16 \text{ mm}^2$  se  $16 \leq S_f \leq 35$ ;
- ⇒  $S_n = S_f / 2$  se  $S_f > 35 \text{ mm}^2$ .

## 5 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE

La Norma CEI 64-8, par. 543.1, prevede due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- ⇒ determinazione in relazione alla sezione di fase;
- ⇒ determinazione tramite calcolo.

Il primo criterio consiste nel calcolare la sezione secondo il seguente schema:

- ⇒  $S_p = S_f$  se  $S_f < 16 \text{ mm}^2$ ;
- ⇒  $S_p = 16 \text{ mm}^2$  se  $16 \leq S_f \leq 35$ ;
- ⇒  $S_p = S_f / 2$  se  $S_f > 35 \text{ mm}^2$ .

Il secondo criterio consiste nel determinarne il valore tramite l'integrale di Joule, in modo analogo a quanto descritto nel punto "1", per la protezione dei cavi dal corto circuito.

## 6 CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI

La valutazione della temperatura dei cavi viene fatta alla corrente di impiego e alla corrente nominale, tramite la seguente espressione:

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

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

esprese in °C.

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

Il coefficiente " $\alpha_{\text{cavo}}$ " tiene conto del tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

## 7 RIFASAMENTO

Il calcolo del rifasamento si basa sulla formula:

$$Q_{rif} = P_n (\tan\varphi - \tan\theta)$$

in cui " $\varphi$ " è l'angolo di sfasamento fra tensione e corrente corrispondente al fattore di potenza (0,95) a cui rifasare, mentre " $\theta$ " è l'angolo dello sfasamento da correggere.

Il rifasamento può essere eseguito in tre modalità:

- ⇒ distribuito;
- ⇒ per gruppi;
- ⇒ centralizzato.

La corrente nominale della batteria di condensatori viene calcolata con:

$$I_{nc} = \sqrt{3} \times Q_c / (3 \times V_n) \times 1000 \text{ (per condensatori collegati a triangolo)}$$

$$I_{nc} = Q_c / (\sqrt{3} \times V_n) \times 1000 \text{ (per condensatori collegati a stella)}$$

dove " $Q_c$ " è la potenza della batteria di condensatori ed è espressa in "kvar". Le correnti di taratura delle protezioni devono tenere conto (Norma CEI 33-5) che ogni batteria di condensatori può sopportare costantemente un sovraccarico del 30% dovuto alle armoniche, inoltre deve essere ammessa una tolleranza del 10% sul valore reale della capacità, pertanto:

$$I_{tarth} = 1,43 I_{nc}$$

mentre la taratura della protezione magnetica non deve essere inferiore a:

$$I_{tarmag} = 10 I_{nc}$$

## 8 VERIFICA DELLA SELETTIVITA'

La selettività tra protezioni viene verificata tramite la sovrapposizione delle curve di intervento di tipo magnetotermico.

Dalla sovrapposizione sono disponibili:

- ⇒ corrente " $I_a$ " di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla Norma 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 Norma stessa (art. 413.1.3). Fornendo alcune case 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 vengono 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);
- ⇒ valore del rapporto tra le correnti di intervento magnetico delle protezioni;
- ⇒ valore della 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, art. 2.5.14);
- ⇒ selettività: viene indicata se la caratteristica della protezione a monte sta completamente sopra la 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.

## 9 CALCOLO ILLUMINOTECNICO

Per il calcolo del valore di illuminamento medio si è usato il metodo del flusso totale applicando le formule seguenti. L'indice del locale "K" tiene conto delle caratteristiche geometriche del locale per tanto sia ha:

- ⇒ per illuminazione con luce diretta, semidiretta, mista:

$$K = a * b / hu * (a+b)$$

- ⇒ per illuminazione con luce semidiretta o indiretta:

$$K = 3 * a * b / 2 * h * (a+b)$$

Dove:

"a" e "b" sono le dimensioni del locale;

"h" è l'altezza dal soffitto al piano di lavoro (0.8 – 1m dal piano di calpestio);

"hu" dell'apparecchio d'illuminazione dal piano di lavoro.

Il coefficiente di invecchiamento "M" tiene conto del decadimento del flusso luminoso a seguito dell'invecchiamento delle lampade e del deprezzamento delle caratteristiche fotometriche degli apparecchi di illuminazione. Il valore del coefficiente "M" può variare in un campo assai ampio in relazione alla pulizia dell'ambiente ed alla frequenza degli interventi di manutenzione.

Il coefficiente di manutenzione "M" varia da 0.5 a 1

Il Fattore di riflessione degli elementi sotto indicati, si determina in base al grado di riflessione del materiale utilizzato e del tipo di colore:

- ⇒ soffitto;
- ⇒ cornice;
- ⇒ pareti;
- ⇒ pavimento.

Il fattore di utilizzazione "F", dipende dal sistema di illuminazione, dalle caratteristiche degli apparecchi di illuminazione, dal fattore di riflessione di soffitto e parete e dall'indice del locale "K". Per il fattore di utilizzazione (U) si fa riferimento alle tabelle fornite dalla casa costruttrice in base ai dati sopra riportati.

Scelto un valore di illuminamento medio voluto ( $E_m$ ) espresso in "lux", trovato il flusso luminoso emesso dalle lampade di ciascun apparecchio di illuminazione ( $\Phi$ ), e considerato un valore convenzionale di manutenzione degli apparecchi illuminanti (M), si calcola il numero di apparecchi necessari con la formula seguente.

\*\*\*\*\*

La presente relazione viene rilasciata senza che il sottoscritto sia stato nominato:

- ⇒ Direttore ai Lavori
- ⇒ Verificatore e collaudatore degli impianti.

La presente relazione si compone di 12 pagine.

Vigonza, Luglio 2019

