

Nuova scuola media Enrico Panzacchi

Viale Il Giugno, 49 - Ozzano dell'Emilia



committente

Comune di Ozzano dell'Emilia
Via della Repubblica, 10

responsabile unico del procedimento

ing. Chiara De Plato

raggruppamento temporaneo di professionisti

progettazione architettonica

AREA PROGETTI srl Arch. Giorgio Gazzera
Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it
Archisbang associati Arch. Silvia Minutolo, Arch. Marco Gai Via
Via Bogino 4, 10123 Torino, tel. 011 026 7246, info@archisbang.com

progettazione strutturale

AREA PROGETTI srl Ing. Marco Cuccureddu
Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

progettazione impianti meccanici, elettrici e speciali

AREA PROGETTI srl Ing. Sergio Cerioni, Ing. Gabriele Pisani
Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

progettazione antincendio

AREA PROGETTI srl Ing. Sergio Cerioni
Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

progettazione urbanistica

arch. Andrea Cavaliere
Via Cassini 43 - 10129 Torino, tel. 3284240491, archicavaliere@gmail.com

consulenza LEED

arch. Elisa Sirombo
Via Stampatori 21, 10122 Torino, tel. 3356277109, elisa.sirombo@gmail.com

piano di sicurezza e coordinamento

AREA PROGETTI srl Arch. Domenico Racca
Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

consulenti

arch. Chiara Devecchi (progettazione acustica)

Via Principi d'Acaja 19, 10138 Torino, tel. 011 4172277, devecchichiara@yahoo.it



archisbang

AREAPROGETTI
architettura e ingegneria

pratica PAN

fase PE_Progetto Esecutivo

oggetto REL_RMT

elaborato Relazione di Calcolo Cabina MT/BT

file PAN_PE_IG_Z_0009_REL_RMT

scala -

data 27 marzo 2020

rev.	data	redatto	verificato	approvato	oggetto revisione
	27/03/20	gp	sc	gg	prima emissione

L'UTILIZZO E LA RIPRODUZIONE DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATE A NORMA DI LEGGE



IG_Z_0009

Relazione di Calcolo Cabina MT/BT

COMUNE DI OZZANO DELL'EMILIA **(Bologna)**

Nuova scuola media **'PANZACCHI'**

Progetto esecutivo

Impianti elettrici e speciali

Relazione di Calcolo
Cabina MT/BT

Marzo 2020

INDICE

1. GENERALITÀ	3
2. PRESCRIZIONE DEL DISTRIBUTORE	3
3. IMPIANTO DI MEDIA TENSIONE	3
3.1 QUADRO CAVO DI COLLEGAMENTO	3
3.2 QUADRO MT	3
3.3 CAVO MT DI ALIMENTAZIONE DEL TRASFORMATORE	4
3.4 TRASFORMATORE	4
3.5 BOX TRASFORMATORE	4
4. IMPIANTO DI BASSA TENSIONE	4
4.1 CAVO DI COLLEGAMENTO TRAFO-INTERRUTTORE BT DI PROTEZIONE NEL VANO UTENTE DI CABINA	4
4.2 QUADRO GENERALE BT	4
4.3 SERVIZI AUSILIARI	5
4.4 SERVIZI DI CABINA	5
5. PROTEZIONI	5
5.1 TARATURE	5
5.2 PROTEZIONE DEL TRASFORMATORE	5
5.3 PROTEZIONE DEI CAVI MT	6
5.4 PROTEZIONE DEI CAVI BT	7
6. IMPIANTO DI TERRA	7
6.1 MESSA A TERRA DEL NEUTRO	7
6.2 MESSA A TERRA DEL TRASFORMATORE	7
6.3 CONDUTTORI DI PROTEZIONE (PE)	7
6.4 DISPERSORE	8

1. GENERALITÀ

Oggetto della presente relazione è la descrizione di tutte le opere e provviste occorrenti per la costruzione ed allacciamento alla rete pubblica a 15 kV (in cavo interrato) della cabina "MT/BT" a servizio della nuova scuola media Enrico Panzacchi, da realizzarsi nel comune di Ozzano dell'Emilia in viale Il Giugno, 49.

I locali consegna, misura, ricezione e trasformazione della cabina, ubicata in posizione isolata rispetto all'edificio che alimenta, sono prefabbricati in cemento armato vibrato, con cunicoli di fondazione per il passaggio dei cavi.

Si prevede un trasformatore in resina da 400 kVA per alimentare circa 220 kW.

2. PRESCRIZIONE DEL DISTRIBUTORE

Di seguito sono riportate le prescrizioni del distributore, ipotizzando una situazione tipo:

- Tensione di alimentazione: 15 kV +/- 10%
- Stato del neutro: compensato
- Corrente di guasto monofase a terra: $I_f = 50 \text{ A}$
- Tempo di eliminazione del guasto a terra: $t_f > 10 \text{ s}$
- Corrente di cortocircuito trifase: $I_k = 12,5 \text{ kA}$
- Il Sistema di Protezione Generale (SPG) deve comprendere un relè di massima corrente (51) con due soglie di intervento ed un relè di massima corrente omopolare di terra (51N), con le seguenti tarature:
 - 51.S2 $\leq 250 \text{ A}$, tempo di eliminazione del guasto $\leq 0,5 \text{ s}$ (richiusure escluse);
 - 51.S3 $\leq 600 \text{ A}$, tempo di eliminazione del guasto $\leq 0,12 \text{ s}$ (richiusure escluse);
 - 51N.S1 $\leq 2 \text{ A}$, tempo di eliminazione del guasto $\leq 0,45 \text{ s}$ (richiusure escluse);
 - 51N.S2 $\leq 70 \text{ A}$, tempo di eliminazione del guasto $\leq 0,17 \text{ s}$ (richiusure escluse).

Prima dell'inizio dei lavori è necessario effettuare un nuovo calcolo dell'impianto, considerando le effettive prescrizioni dell'Ente distributore.

3. IMPIANTO DI MEDIA TENSIONE

3.1 QUADRO CAVO DI COLLEGAMENTO

Il collegamento al punto di consegna dell'energia è realizzato con una terna di cavi unipolari tipo RG7H1R 12/20 kV di sezione 95 mmq.

3.2 QUADRO MT

Il quadro MT, di tipo protetto, è composto da una unità monoblocco comprendente arrivo e interruttore automatico con sezionatore (dispositivo generale DG) ed ha le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale: 24 kV
- Tensione nominale di tenuta a 50 Hz: 50 kV
- Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico: 125 kV
- Corrente nominale termica: 630 A
- Corrente di interruzione nominale in cortocircuito: 16 kA
- Durata nominale di corto circuito: 1 s

L'unità interruttore/sezionatore è composta da:

- Sezionatore di linea: $I_r = 630 \text{ A}$
- Sezionatore di terra: $I_r = 630 \text{ A}$
- Interruttore in SF6: $I_r = 630 \text{ A}$; potere di interruzione $I_{sc} = 16 \text{ kA}$

tempo di apertura 70 ms, alim. ausiliaria a 230
Va.c.

Il sistema di protezione MT (**sistema di protezione generale SPG**) contro le sovracorrenti e contro i guasti verso terra comprende:

- n°1 relè elettronico di protezione con:
 - massima corrente ad intervento ritardato regolabile (51.S2);
 - massima corrente ad intervento istantaneo (50.S3);
 - massima corrente omopolare con ritardo regolabile (51N.S1);
 - tensione nominale dei circuiti ausiliari: 24Vdc e 230 Vac;
- n° 3 TA con caratteristiche nominali: 300/1A - 5VA;
- n° 1 TA toroidale, rapporto di trasformazione: 100/1A

3.3 CAVO MT DI ALIMENTAZIONE DEL TRASFORMATORE

Il quadro MT è collegato al primario del trasformatore tramite una terna di cavi unipolari tipo RG7H1R 12/20 kV, di sezione 50 mmq, posati nel vano di fondazione della cabina, portata $I_z=222$ A.

3.4 TRASFORMATORE

Il trasformatore è in resina epossidica ed ha le seguenti caratteristiche (fornite dal costruttore):

- potenza: 400 kVA;
- rapporto di trasformazione: $15000 \pm 2 \times 2,5\% / 400V$;
- tensione di corto circuito: 6%;
- gruppo vettoriale: Dyn11;
- tipo di raffreddamento: AN;
- corrente nominale secondaria I_r : 577 A;
- corrente nominale primaria I'_r : 15,4 A;
- corrente di cortocircuito trifase secondaria I_k : 9,6 kA;
- corrente di cortocircuito trifase secondaria riportata al primario I'_k : 256 A;
- corrente di cortocircuito minima secondaria riportata al primario $I'_{k2min} = 0,47 I'_k$: 120 A;
- perdite a vuoto: 675 W ;
- perdite a carico: 4500 W;
- tensione di isolamento: 17.5 kV;

3.5 BOX TRASFORMATORE

Il box trasformatore è realizzato con pannelli metallici dotati di griglie fisse di aerazione, avente dim. 1,10 x 1,85 x h2,05 m, grado di protezione IP21 e distanza dai terminali MT e dalle superfici isolanti del trasformatore ≥ 20 cm (tensione di alimentazione 15kV).

La parte frontale del box è apribile a cerniera, con chiusura mediante serratura.

La barriera del box è interbloccata con il sezionatore di terra dello scomparto interruttore, mediante chiave di blocco.

Il box è quindi accessibile al personale solo con il cavo MT di alimentazione sezionato e a terra.

4. IMPIANTO DI BASSA TENSIONE

4.1 CAVO DI COLLEGAMENTO TRAFO-INTERRUTTORE BT DI PROTEZIONE NEL VANO UTENTE DI CABINA

La conduttura dal secondario del trasformatore all'interruttore di protezione installato nel vano utente della cabina di trasformazione è costituita da n°8 cavi unipolari FG16R della sezione di 185 mmq, posati nel vano di fondazione.

4.2 QUADRO GENERALE BT

Il quadro generale BT, installato nella cabina utente, ha grado di protezione IP55 e forma di segregazione 1.

L'interruttore BT di protezione è un sezionatore (scatolato), 4P, 630 A.

Il collegamento dall'interruttore BT nel vano utente di cabina al QEG dell'edificio scolastico, installato al piano terra del corpo Palestra, è realizzato con cavi unipolari FG16R – formazione $3(2 \times 1 \times 185) + 1(2 \times 1 \times 185)$, posati entro cavidotto interrato.

4.3 SERVIZI AUSILIARI

I servizi ausiliari di cabina sono costituiti dalla protezione generale SPG e dai relè ausiliari per la segnalazione delle avarie.

La sorgente di alimentazione ausiliaria è costituita da un soccorritore (UPS) con potenza $P = 1000\text{VA}/800\text{W}$.

4.4 SERVIZI DI CABINA

I servizi di cabina comprendono:

- Illuminazione normale e di sicurezza;
- N°1 lampada di emergenza portatile;
- Prese UNEL 2P+T da 16A;
- UPS per l'alimentazione dei servizi ausiliari 1000VA/800W;

Il rifasamento (automatico) dell'impianto di cabina è effettuato con condensatori, sul quadro QCU, con i quali si rifasa anche la potenza reattiva assorbita dagli avvolgimenti del trasformatore.

E' prevista inoltre l'installazione di una centralina di rifasamento automatica costituita da n°4 batterie di condensatori (5+10+20+40 kVar), avente potenza reattiva totale pari a 75 kVar e $U_n = 415\text{V}$. Tale centralina è ubicata in locale elettrico al piano terra del fabbricato Palestra, in prossimità del quadro generale di bassa tensione del fabbricato scolastico (QGBT).

5. PROTEZIONI

5.1 TARATURE

Taratura delle protezioni MT (nel rispetto dei limiti indicati dal distributore):

- 51.S2 = 85 A, tempo di eliminazione del guasto = 0,47s (richiusure escluse);
- 51.S3 = 400 A, tempo di eliminazione del guasto = 0,12s (richiusure escluse);
- 51N.S1 = 2 A, tempo di eliminazione del guasto = 0,42s (richiusure escluse);
- 51N.S2 = 70 A, tempo di eliminazione del guasto = 0,12s (richiusure escluse).

Taratura del termometro a contatti del trasformatore:

- allarme: 80°C
- scatto: 100°C

Taratura dell'interruttore generale BT ($I_r = 630\text{ A}$):

- regolazione termica: $I_{tr} = 454\text{ A}$
- regolazione magnetica: $I_{mBTg} = 6 I_r = 2700\text{ A}$

5.2 PROTEZIONE DEL TRASFORMATORE

Il trasformatore è protetto dal sovraccarico sia dal termometro a contatti sul trasformatore che dall'interruttore BT (protezione di rincalzo) con relè termico tarato ad una corrente uguale o inferiore a $1,1 I_r = 1,1 \times 577\text{ A} = 634,7\text{ A}$, dove I_r è la corrente nominale secondaria del trasformatore, per tener conto della sovraccaricabilità dello stesso.

Il trasformatore è protetto contro il cortocircuito sul primario dalla protezione 50, la quale non interviene durante l'inserzione del trasformatore poiché:

$$I_{tr50} (400\text{A}) > 0,7 I_{oi} (119\text{ A})$$

dove $I_{oi} = 11 \times I'_r = 169,4\text{ A}$ è la corrente di inserzione del trasformatore.

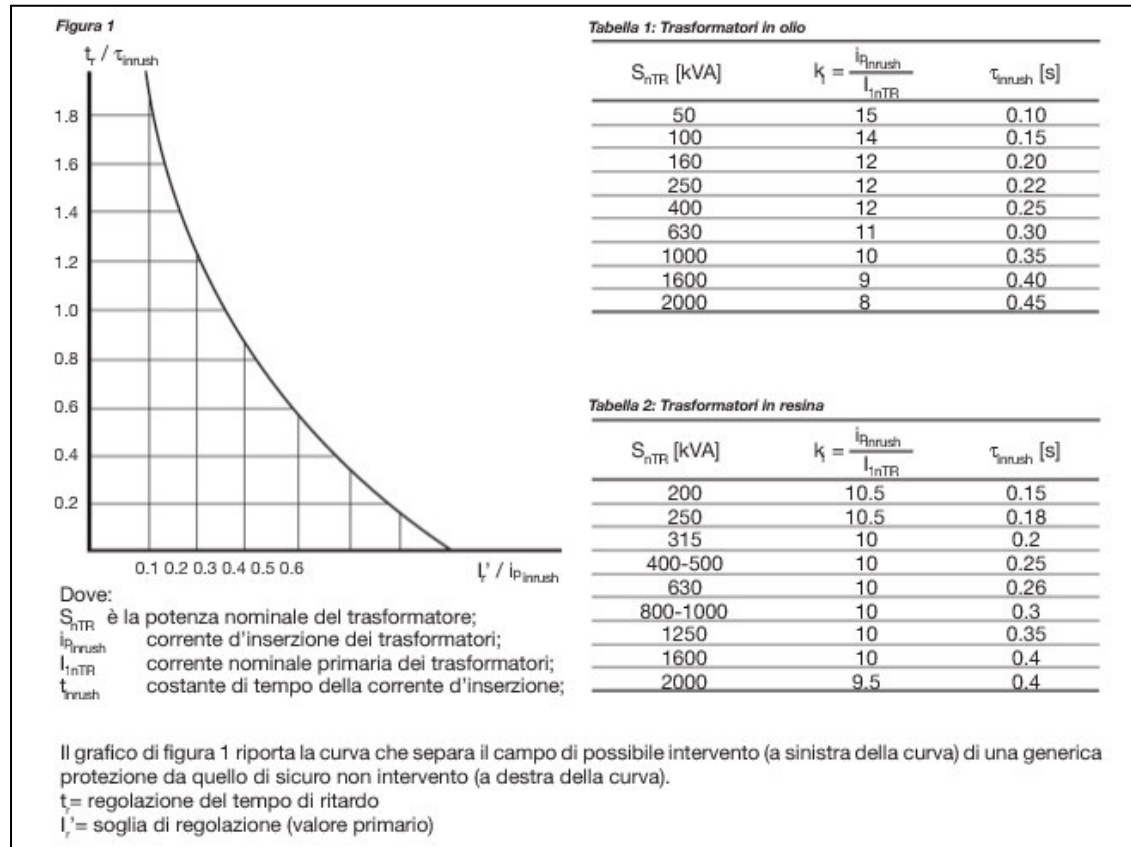
La protezione per i cortocircuiti al secondario è garantita dalla protezione 51, poiché:

$$I_{tr51} (85A) < I'_{k2min} (120 A)$$

dove I'_{k2min} = corrente di cortocircuito minima secondaria riportata al primario.

Poiché $I_{tr51} < 0,7 I_{oi}$ occorre verificare che il tempo di intervento della protezione 51 sia compatibile con l'inserzione del trasformatore.

Nelle seguito sono riportate due tabelle ed un diagramma per la definizione del tempo di ritardo minimo necessario per l'inserzione del trasformatore.



Nella tabella 2, ad un trasformatore di potenza $P=400$ kVA corrisponde una costante $T=0,25$ s.

Nella figura 1, in corrispondenza del rapporto $I_{tr51}/I_{oi} = 85 A/169,4 A = 0,5$ si ottiene un rapporto $t_r/T = 0,35$ da cui $t_r = 0,35 \times 0,25 = 0,088$ s.

Il ritardo intenzionale della protezione 51 è di circa 300 ms e consente l'inserzione del trasformatore.

5.3 PROTEZIONE DEI CAVI MT

La sezione di 50 mmq dei cavi MT tipo RG7H1R 12/20 kV, che collegano il quadro MT ed il trasformatore, soddisfa la relazione

$$S \geq (I \times t^{1/2})/K = 30,28 \text{ mmq}$$

dove:

- $I = 12500 A$ è la corrente di cortocircuito trifase sulla media tensione
- $t = 0,12$ s è il tempo di eliminazione del guasto per intervento della protezione generale SPG (51.S3).
- $K = 143$ per cavi in rame, isolati in gomma (temperatura iniziale 90° e temperatura finale $250^\circ C$).

Il cavo MT, con portata $I_z = 222$ A è protetto contro il sovraccarico dall'interruttore generale BT, con $I_{tr} = 454$ A. Tale corrente, riportata al primario, vale $12,11$ A < $I_z = 222$ A.

5.4 PROTEZIONE DEI CAVI BT

La conduttura BT posata nel vano di fondazione della cabina, avente formazione $3(2 \times 1 \times 185) + 1(2 \times 1 \times 185)$ e lunghezza $l = 10$ m, ha portata $I_z = 1020$ A ed è protetta dal sovraccarico dall'interruttore generale BT, con $I_{tr} = 454$ A ($I_{tr} < I_z$).

La corrente di cortocircuito trifase ai morsetti dell'interruttore generale BT è pari a $9,6$ kA; la corrente minima di cortocircuito al primario per guasto bifase nello stesso punto è pertanto

$$(0,47/37,5) * 9600 \text{ A} = 120 \text{ A}$$

Tale corrente provoca l'intervento del relè 51 (85A) in $0,47$ s.

6. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra della cabina è costituito da un anello in corda nuda di rame interrata a $0,8$ m della sezione $S = 50$ mmq e n°4 dispersori verticali in profilato di acciaio omogeneo a "croce", interconnessi con le armature della platea di fondazione in c.c.a. (doppia maglia $\phi 16/15$ cm).

L'impianto di terra esterno è collegato all'impianto di terra del complesso con corda nuda di rame interrata a $0,8$ m della sezione $S = 50$ mmq.

All'impianto di terra è collegata direttamente la rete elettrosaldata del pavimento del box trasformatore.

La connessione a terra degli schermi dei cavi RG7H1R, del monoblocco del quadro MT e del trasformatore MT/BT avviene tramite il nodo di terra della cabina costituito da piastra in rame.

6.1 MESSA A TERRA DEL NEUTRO

La corrente di guasto più elevata si verifica per un cortocircuito fase-terra al secondario del trasformatore: $I_{k1} = I_k = 9,6$ kA. Tale corrente corrisponde al primario a $I'_{k1} = 256$ A e provoca l'intervento del relè 51 in $0,47$ s.

La sezione del conduttore di terra (S) isolato in gomma, deve quindi essere almeno:

$$S = (I_k * t^{1/2}) / K = (9600 * 0,47^{1/2}) / 143 = 46 \text{ mmq}$$

Si utilizza un cavo con isolamento in gomma di sezione $S = 50$ mmq.

6.2 MESSA A TERRA DEL TRASFORMATORE

La corrente di guasto più elevata, che può interessare il conduttore di messa a terra della massa del trasformatore, si verifica per un guasto fase-terra sul secondario del trasformatore ($I_k = 9,6$ kA), come per la messa a terra del neutro.

La sezione del conduttore di terra (S) isolato in PVC, deve quindi essere almeno:

$$S = (I_k * t^{1/2}) / K = (9600 * 0,47^{1/2}) / 228 = 29 \text{ mmq}$$

Si utilizza un cavo con isolamento in PVC giallo-verde di sezione $S = 50$ mmq.

6.3 CONDUTTORI DI PROTEZIONE (PE)

Il conduttore di protezione del quadro generale BT deve avere sezione

$$S \geq (9600 \cdot 0,2^{1/2}) / 228 = 19 \text{ mmq}$$

avendo considerato, a favore di sicurezza, la stessa corrente di cortocircuito presente ai morsetti del trasformatore.

Si utilizza un cavo con isolamento in PVC giallo-verde di sezione $S=50 \text{ mmq}$.

I conduttori di protezione delle altre masse di bassa tensione, posati insieme ai conduttori di fase, hanno sezione uguale ai conduttori di fase (sezione $< 16 \text{ mmq}$) o pari alla metà della sezione dei conduttori di fase (sezione $> 16 \text{ mmq}$).

6.4 DISPERSORE

La cabina sorge su un terreno di resistività $s=100 \Omega\text{m}$.

Nell'area circostante il fabbricato sarà realizzato un battuto di cls, posato su letto di sabbia avente spessore $s=10 \text{ cm}$.

Il dispersore intenzionale della cabina è costituito da un anello in corda nuda di rame della sezione $S=50 \text{ mmq}$ ($l=35 \text{ m}$) e n°4 dispersori verticali in profilato di acciaio omogeneo a "croce", interconnessi con le armature della platea di fondazione in c.c.a. (doppia maglia $\phi 16/15\text{cm}$).

L'impianto di terra dell'edificio scolastico è costituito da un anello in corda nuda di rame della sezione $S=50 \text{ mmq}$ ($l=250 \text{ m}$) e n°10 dispersori verticali in profilato di acciaio omogeneo.

I due anelli sono collegati con corda nuda di rame della sezione $S=50 \text{ mmq}$ ($l=12\text{m}$).

Dai calcoli effettuati, considerando sia l'impianto di terra della cabina che quello dell'edificio scolastico (CEI 64-12 art. 4.3.3) e trascurando le terre di fondazione, risulta che la resistenza di terra **$Z_e = 1,08 \Omega$** .

La corrente iniziale riferita ad un guasto monofase a terra assume il valore di **50 A** (I_e) con un tempo di intervento delle protezioni $>> 10 \text{ sec.}$, considerando le indicazioni tipo ricevute dall'Ente erogatore, si deduce secondo la norma CEI 99-3, che la massima tensione di contatto è **75V** (U_e), mentre quella di passo è $3 \cdot 75 = 225 \text{ V}$.

Poiché Z_e ha un valore $< 1,6 \Omega$ (U_e/I_e), potrà essere evitata la verifica delle tensioni di passo e contatto.

Realizzato il dispersore di terra, così come progettato, si dovrà procedere alla misura della sua resistenza di terra Z_e , con l'impianto nelle ordinarie condizioni di funzionamento, senza scollegare il dispersore di cabina dal resto dell'impianto, per riscontrare la rispondenza con i valori calcolati.