



Per. Ind. CANEPA MARCO

Progettazione, verifiche, consulenze
impianti elettrici

**PROGETTO ESECUTIVO
IMPIANTO ELETTRICO**

Come identificato all'art. 2, comma1, lettera "a" del D.M. 22/01/2008 n.37
ed elaborato come richiesto dalla GUIDA CEI 0-2 fascicolo 6578
tabella "B" classificazione come TERBT

**COMUNE DI BORGOMARO
(PROVINCIA DI IMPERIA)**

**PROGRAMMA INTEGRATO PER LA RICETTIVITÀ DIFFUSA
IN ATTUAZIONE DELLA L.R. N° 13 DEL 21/03/07 :
REALIZZAZIONE PARCHEGGIO PUBBLICO**

**CALCOLI ESECUTIVI
DEGLI IMPIANTI**

ELABORATO N°

EL-02

Data : **19/01/2010** | Versione :

1

Il Tecnico :

Per. Ind. Canepa Marco



INDICE

Dimensionamento cavi.....	3
Cadute di tensione.....	3
Dimensionamento conduttori di neutro.....	3
Dimensionamento conduttori di protezione.....	4
Calcolo della temperatura dei cavi.....	4
Calcolo dei guasti.....	4
Calcolo delle correnti massime di cortocircuito.....	4
Calcolo delle correnti minime di cortocircuito.....	4
Scelta delle protezioni.....	5
Riferimenti normativi.....	5
Legenda variabili riportate nella relazione di calcolo.....	5

--- *** ---



RELAZIONE SUL CALCOLO ESEGUITO

Dimensionamento cavi

Il dimensionamento dei cavi è eseguito in modo da garantire la protezione della conduttura alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 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_b* 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_z* in funzione del tipo di isolamento del cavo che si vuole utilizzare, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi; 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_z minima*). Gli eventuali paralleli vengono calcolati, nell'ipotesi che essi abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza, posa, etc. (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 23.3 IV Ed. hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento *I_f* e corrente nominale *I_n* 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 le sovracorrenti.

Dalla sezione del cavo di fase deriva il calcolo dell'*I²t* del cavo o massima energia specifica ammessa dal cavo come:

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

La costante *K* viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), in funzione del materiale conduttore e del materiale isolante.

Cadute 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:

$$cdt(I_b) = kc dt I_b (L_c / 1000 V_n) [R_{cavo} \cos f + X_{cavo} \sin f] 100 [\%]$$

dove:

kc dt = 2 per sistemi monofase

kc dt = 1.73 per sistemi trifase.

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

La *cdt(I_n)* viene valutata analogamente alla corrente *I_n*.

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.

Dimensionamento 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 polifase, 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 mm²;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso;



- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm² se conduttore in rame e 25 mm² se conduttore in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi con sezione del conduttore di fase minore di 16mm², se conduttore in rame, e 25 mm², 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 $S_f > 35 \text{ mm}^2$.

Dimensionamento 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 tramite calcolo.

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

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

Il secondo criterio consiste nel determinarne il valore tramite l'integrale di Joule.

Il metodo adottato in questo progetto è il secondo.

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:

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

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

espresse in °C.

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

Il coefficiente *a cavo* tiene conto del tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

Calcolo dei guasti

Il calcolo dei guasti viene fatto in modo da determinare le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione (inizio linea) e a valle dell'utenza (fine della linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);
- guasto fase terra (dissimmetrico).

I parametri alle sequenze di ogni utenza sono inizializzati da quelli della utenza a monte e i primi vanno, a loro volta, ad inizializzare i parametri della linea a valle.

Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo viene eseguito nelle seguenti condizioni:

- a) la tensione nominale deve essere moltiplicata per il fattore di tensione pari a 1;
- b) l'impedenza di guasto minima è calcolata alla temperatura di 20 °C.

Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Le correnti di cortocircuito minime vengono calcolate come descritto nella norma CEI 11.25 (par 9.3), pertanto tenendo conto che:

- la tensione nominale deve essere moltiplicata per il fattore di tensione di 0.95 (tab. 1 della norma CEI 11.25);
- la resistenza diretta e quella omopolare dei cavi vengono determinate alla temperatura ammissibile dagli stessi alla fine del cortocircuito.

La temperatura alla quale vengono calcolate le resistenze sono date dalla norma CEI 64-8/4 (par. 434.3) in cui vengono indicate le temperature massime ammesse in servizio ordinario a seconda del tipo di isolamento di cavo,



precisamente:

isolamento in PVC	$T_{max}= 70^{\circ}\text{C}$
isolamento in G	$T_{max}= 85^{\circ}\text{C}$
isolamento in G5/G7	$T_{max}= 90^{\circ}\text{C}$

Scelta delle protezioni

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture e di guasto, in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, tramite la quale si è dimensionata la conduttura;
- numero dei poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dell'utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dall'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 a fine della utenza ($I_{mag max}$).

Riferimenti normativi

CEI 11-25 1992 la Ed. (EC 909). Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata.

CEI 11-28 1993 la Ed. (IEC 781). Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.

CEI 17-5 Va Ed. 1992. Apparecchi a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.

CEI 23-3 IV Ed. 1991. Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.

CEI 33-5 la Ed. 1984. Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti di energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 660V.

CEI 64-8 IIIa Ed. 1992. 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.

CEI UNEL 35023 1970. Cavi per energia isolati con gomma con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4-cadute di tensione.

CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastometrico 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 35024/1 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.

Legenda variabili riportate nella relazione di calcolo

P_{tot} : potenza attiva totale, calcolata a corrente nominale e $\cos\phi$ unitario.	kW
P_n : potenza attiva nominale;	kW
Q_n : potenza reattiva nominale;	kVAR
Q_c : potenza reattiva di rifasamento;	kVAR
Cosϕ : fattore di potenza nominale;	
Coeff.cont : fattore di contemporaneità;	
Coeff.uti : fattore di utilizzo;	
V_n : tensione nominale;	V
I_b : corrente di impiego;	A
I_n : corrente nominale della protezione a monte;	A
I_z : corrente ammissibile del cavo di fase;	A
L_c : lunghezza del cavo;	m
N°circ. : numero di cavi o circuiti in prossimità;	
T_{amb} : temperatura ambiente (del terreno per posa interrata);	°C
k : coefficiente di declassamento complessivo del cavo;	
I_{z N} : portata del conduttore di neutro;	A
I_{z PE} : portata del conduttore di protezione;	A
K²-S² F : integrale di Joule dei conduttori di fase;	A ² s



$K^2 \cdot S^2 N$: integrale di Joule del conduttore di neutro;	A ² s
$K^2 \cdot S^2 PE$: integrale di Joule del conduttore di protezione;	A ² s
Cdt(Ib) : caduta di tensione parziale calcolata alla corrente <i>Ib</i> e <i>cosf</i> nominale;	%
Cdt(In) : caduta di tensione parziale calcolata alla corrente <i>In</i> e <i>cosf</i> nominale;	%
Cdt tot : caduta di tensione totale calcolata alla corrente <i>Ib</i> e <i>cosf</i> nominale;	%
Tc(Ib) : temperatura cavo calcolata alla corrente <i>Ib</i> ;	°C
Tc(In) : temperatura cavo calcolata alla corrente <i>In</i> ;	°C
IzF/IzN : rapporto tra portata conduttore di fase e conduttore di neutro;	
IzF/IzPE : rapporto tra portata conduttore di fase e conduttore di protezione;	
I mag max : corrente magnetica massima pari alla minima corrente di guasto a valle;	A
I max m : massima corrente di guasto a monte, potere di interruzione minimo richiesto;	kA
R0l : resistenza a sequenza omopolare dell'utenza;	mW
X0l : reattanza a sequenza omopolare dell'utenza;	mW
R0fl : resistenza a sequenza omopolare a valle dell'utenza;	mW
X0fl : reattanza a sequenza omopolare a valle dell'utenza;	mW
Rdl : resistenza a sequenza diretta dell'utenza;	mW
Xdl : reattanza a sequenza diretta dell'utenza;	mW
Rdfl : resistenza a sequenza diretta a valle dell'utenza;	mW
Xdfl : reattanza a sequenza diretta a valle dell'utenza;	mW
Zkmin : impedenza minima di guasto trifase a valle dell'utenza;	mW
Zkmax : impedenza massima di guasto trifase a valle dell'utenza;	mW
Zsmin : impedenza minima di guasto fase terra a valle dell'utenza;	mW
Zsmax : impedenza massima di guasto fase terra a valle dell'utenza;	mW
Ikmin : corrente minima di cortocircuito trifase a valle dell'utenza;	kA
Ikmax : corrente massima di cortocircuito trifase a valle dell'utenza;	kA
Ip : corrente di picco in cortocircuito trifase;	kA
Ik1min : corrente minima di cortocircuito fase terra a valle dell'utenza;	kA
Ik1max : corrente massima di cortocircuito fase terra a valle dell'utenza;	kA
Ip1 : corrente di picco in cortocircuito fase terra;	kA
Ith : corrente di taratura della protezione termica;	A
Imag : corrente di taratura della protezione magnetica;	A
Icn : potere di interruzione riferito alla tensione nominale;	kA
Idn : corrente di taratura della protezione differenziale;	A
Rpolo : resistenza per polo;	mW
Xpolo : reattanza per polo;	mW

Imperia, 19/01/2010.

Il Tecnico
Per. Ind. Canepa Marco

Potenze impianto

Sigla utenza	Tipo	Coll. fasi	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Coef.Trasf.	Carichi	Ptrasf [kVA]	Ptot [kVA]	Pdisp [kVA]
+AUTORIMESSA.QEG										
QEG	Monof.-Distr.	L1-N	0,83	1	0,83	1	1	0,922	4,4	3,478
GOEG	Monof.-Distr.	L1-N	0,83	1	0,83	1	1	0,922	4,4	3,478
F01	Monof.-Term.	L1-N	2,8	1	2,8	0,1	1	0,311	3,52	0,409
GL01	Monof.-Distr.	L1-N	0,11	1	0,11	1	1	0,122	1,32	1,198
IS01	Monof.-Term.	L1-N	0,03	1	0,03	1	1	0,033	1,32	1,287
L01	Monof.-Term.	L1-N	0,08	1	0,08	1	1	0,089	1,32	1,231
GL02	Monof.-Distr.	L1-N	0,44	1	0,44	1	1	0,489	1,32	0,831
L02a	Monof.-Term.	L1-N	0,32	1	0,32	1	1	0,356	1,32	0,964
L02b	Monof.-Term.	L1-N	0,12	1	0,12	1	1	0,133	1,32	1,187

Legenda

Pn: potenza nominale dei carichi a valle dell'utenza.

Pd: potenza di dimensionamento dell'utenza.

Ptrasf: potenza trasferita a monte.

Ptot: potenza massima utilizzabile.

Pdisp: potenza disponibile.

Cavetteria

Sigla utenza	Formazione	Designazione	Isol.	Mat.	Lc	Prx.	T	k	Iz [A]	IzN [A]	K ² S ² (F) [A ² s]	Cdt %	CdtIn%
+AUTORIMESSA.QEG													
QEG	2x(1x4)	N07V-K	PVC	RAME	3	1	30	1	32	32	2,116E+05	0,06	0,28
F01	2x(1x2.5)+1G2.5	N07V-K	PVC	RAME	3	1	30	1	24	24	8,266E+04	0,37	0,63
IS01	2x(1x1.5)	N07V-K	PVC	RAME	21,2	4	30	0,65	11	11	2,976E+04	0,1	1,83
L01	2x(1x1.5)+1G1.5	N07V-K	PVC	RAME	21,2	6	30	0,57	10	10	2,976E+04	0,16	1,83
L02a	2x(1x1.5)+1G1.5	N07V-K	PVC	RAME	21,2	4	30	0,65	11	11	2,976E+04	0,48	1,83
L02b	2x(1x1.5)+1G1.5	N07V-K	PVC	RAME	24,1	4	30	0,65	11	11	2,976E+04	0,24	2,04

Legenda

Lc: lunghezza cavo [m]

Prx.: numero circuiti in prossimità

T: temperatura ambiente [°C]

Cdt %: caduta di tensione alla corrente Ib

CdtIn %: caduta di tensione alla corrente In

-[PE]: il PE dell'utenza è comune ad altre utenze

PE!: utilizza il PE di un'altra utenza