

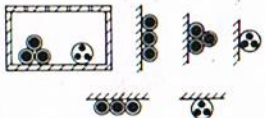

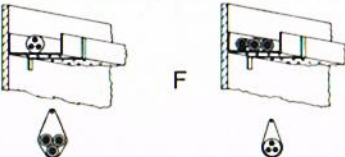


1 - PORTATE DI CORRENTE I_z (in A) IN REGIME PERMANENTE NEI CONDUTTORI E NEI CAVI POSATI IN ARIA E IN TERRA, IN Cu e Al (IEC 364 - 5 - 523)

TAB. 1.1

DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI POSA DEI CAVI IN ARIA E INTERRATI (più comuni)	
A	 <p>— uni⁽¹⁾-multipolari in tubo sotto parete isolante — unipolari⁽¹⁾ in tubo in cunicolo chiuso o sotto modanatura</p> <p style="text-align: right;">(7)</p>
B	 <p>— unipolari⁽¹⁾ in tubo o in canalette a giorno, in tubo in cunicoli ventilati — uni-multipolari in tubo sotto intonaco</p> <p style="text-align: right;">(8)</p>
C	 <p>— uni-multipolari in cunicoli aperti o ventilati — uni-multipolari a parete, a pavimento o a soffitto.</p> <p style="text-align: right;">(7)</p>
D	 <p>— uni-multipolari in tubo o in cunicolo interrato o direttamente interrati</p> <p style="text-align: right;">(9)</p>
E	 <p>— unipolari adiacenti o bi-tripolari in aria libera (passerelle⁽²⁾), mensole o sospesi a funi portanti)</p> <p style="text-align: right;">(10)</p>

TAB. 1.2

Portate di corrente I_z (in A) per cavi in Cu - Posa non ravvicinata ⁽³⁾ - Ta : 30 °C (aria) 20 °C (terra)													
Sistema di posa (TAB. 1)	Numero di conduttori attivi ⁽⁴⁾ e tipo di isolamento ⁽⁵⁾												
	3 PVC	2 PVC	—	3 XLPE	2 XLPE	—	—	—	—	—	—	—	—
A													
B			3 PVC	2 PVC	3 XLPE	—	2 XLPE						
C				3 PVC	2 PVC	3 XLPE	—	2 XLPE					
D									2 PVC	3 PVC	2 XLPE	3 XLPE	
E					3 PVC	2 PVC	3 XLPE	—	2 XLPE				
Sezione (mm ²) Rame													
1	10.5	11	12	13.5	14.5	17	18	19	21	18	14.5	21	17
1.5	13	14.5	15.5	17	18.5	22	23	24	26	22	18	26	22
2.5	18	19.5	21	23	25	30	32	33	36	29	24	34	29
4	24	26	28	31	34	40	42	45	49	38	31	44	37
6	31	34	36	40	43	52	54	58	63	47	39	56	46
10	42	46	50	54	60	71	75	80	86	63	52	73	61
16	56	61	68	73	80	96	100	107	115	81	67	95	79
25	73	80	89	95	101	119	127	138	149	104	86	121	101
35				117	126	147	157	171	185	125	103	146	122
50				141	153	179	192	210	225	148	122	173	144
70				179	196	229	246	269	289	183	151	213	178
95				216	238	278	298	328	352	216	179	252	211
120				249	276	322	346	382	410	246	203	287	240
150				285	318	371	399	441	473	278	230	324	271
185				324	362	424	456	506	542	312	257	363	304
240				380	424	500	538	599	641	360	297	419	351
300				435	496	576	620	693	741	407	336	474	396

- Note: (1) senza guaina, cioè praticamente solo con il rivestimento isolante
 (2) valido per passerelle perforate; per passerelle non perforate (superficie dei fori < 30% del totale) le portate vanno diminuite del 5%
 (3) per posa non ravvicinata si intende che i cavi hanno una distanza tra loro > 2D (diametro del cavo maggiore)
 (4) in questo ambito per conduttore attivo si intende ogni conduttore percorso dalla corrente durante il servizio normale. Ad es., in un circuito trifase equilibrato il neutro non deve essere considerato come conduttore attivo.
 (5) PVC: polivinilcloruro (temperatura limite di esercizio 70 °C) XLPE: polietilene reticolato (temperatura limite di esercizio 90 °C). Per posa alle basse temperature seguire le istruzioni del costruttore di cavi.
 (6) per cavi in Al moltiplicare i valori di portata della TAB. 1.2 per $K_0 = 0,78$.
 (7) N° max. di cavi posati: 20 con sezione max. di 300 mm² ciascuno.
 (8) N° max. di cavi posati: 20 con sezione max. di 120 mm² ciascuno.
 (9) N° max. di cavi posati: 6 con sezione max. di 300 mm² ciascuno.
 (10) N° max. di cavi posati: 27 con sezione max. di 300 mm² ciascuno.

SCELTA DELLA SEZIONE DEL CONDUTTORE

② - POSA RAVVICINATA

Nel caso di più circuiti tra loro vicini, i valori di portata forniti dalla TAB. 1.2 vanno moltiplicati per i seguenti fattori di correzione:

TAB. 2.1

Fattori di correzione K_1 per posa ravvicinata in aria									
Tipo di posa	Numero di circuiti o cavi multipolari								
	1	2	3	4	6	9	12	15	20
Incassata o racchiusa	1.00	0.80	0.70	0.70	0.55	0.50	0.45	0.40	0.40
Singolo strato su muro, pavimento o passerella non ventilata	1.00	0.85	0.80	0.75	0.70	0.70	—	—	—
Singolo strato a soffitto	0.95	0.80	0.70	0.70	0.65	0.60	—	—	—
Singolo strato su passerella ventilata orizzontale o verticale	1.00	0.90	0.80	0.75	0.75	0.70	—	—	—
Singolo strato su mensole	1.00	0.85	0.80	0.80	0.80	0.80	—	—	—

TAB. 2.3

Fattori di correzione K_2 per pose ravvicinate in terra					
Numero dei circuiti	Distanza tra i cavi (a) [▲]				
	Nulla	Un diametro di cavo	0.125 m	0.25 m	0.5 m
2	0.75	0.80	0.85	0.90	0.90
3	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
4	0.60	0.60	0.70	0.75	0.80
5	0.55	0.55	0.65	0.70	0.80
6	0.50	0.55	0.60	0.70	0.80

▲ Cavi multipolari:



▲ Cavi unipolari:



TAB. 2.2

Fattori di correzione K_3 per posa ravvicinata in tubi interrati

A. — Cavi multipolari

Numero di cavi	Distanza tra i cavi (a)* (m)			
	Nulla	0.25	0.5	1.0
2	0.85	0.90	0.95	0.95
3	0.75	0.85	0.90	0.95
4	0.70	0.80	0.85	0.90
5	0.65	0.80	0.85	0.90
6	0.60	0.80	0.80	0.90

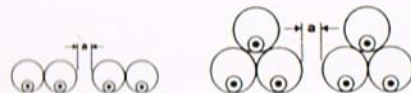
B. — Cavi unipolari

Numero di circuiti unipolari di 2 o 3 cavi	Distanza tra i cavi (a)** (m)			
	Nulla	0.25	0.5	1.0
2	0.80	0.90	0.90	0.95
3	0.70	0.80	0.85	0.90
4	0.65	0.75	0.80	0.90
5	0.60	0.70	0.80	0.90
6	0.60	0.70	0.80	0.90

* Cavi multipolari



** Cavi unipolari



TAB. 3.1

Fattori di correzione K_4 della portata per pose in aria. Temperatura ambiente diversa da 30 °C		
Temperatura ambiente (°C)	PVC	XLPE e EPR
10	1.22	1.15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.06	1.04
35	0.94	0.96
40	0.87	0.91
45	0.79	0.87
50	0.71	0.82
55	0.61	0.76
60	0.50	0.71
65	—	0.65

TAB. 3.2

Fattori di correzione K_5 della portata per pose interrattate. Temperatura del terreno diversa da 20 °C		
Temperatura del terreno (°C)	PVC	XLPE e EPR
10	1.10	1.07
15	1.05	1.04
25	0.95	0.96
30	0.89	0.93
35	0.84	0.89
40	0.77	0.85
45	0.71	0.80
50	0.63	0.76
55	0.55	0.71
60	0.45	0.65
65	—	0.60

4

ESEMPI APPLICATIVI

4.1

Trovare: I_z con cavo multipolare di sezione 120 mm² a 3 conduttori in **Cu** - Isolamento: XLPE - $T_a = 40^\circ\text{C}$ - Posa C (v. tab. 1.1) - Posa ravvicinata di n° 4 cavi su singolo strato a soffitto (v. tab. 2.1). Da tab. 1.2 si ha I_z (a 30°C) = 322 A - K_4 per $T_a = 40^\circ\text{C}$ (v. tab. 3.1) = 0,91 - K_1 per posa ravv. (v. tab. 2.2) = 0,70.
Si ha:
 $I_z = 322 \times 0,91 \times 0,70 = 205 \text{ A}$

4.2

Trovare: sezione minima per conduttore **Al** con $I_z = 110\text{A}$ - Cavo multipolare a 3 conduttori - Isolam.: PVC - $T_a = 50^\circ\text{C}$ - Posa E (v. tab. 1.1) - Posa ravvicinata di n° 6 cavi in singolo strato su passerella ventilata.
Si ha:

K_4 per $T_a = 50^\circ$ (v. tab. 3.1) = 0,71 - K_1 (v. tab. 2.1) = 0,75 - fattore per cavo in **Al** (v. nota 6 pag. precedente) = 0,78

$$I_z \text{ corretta} = \frac{110}{0,71 \times 0,75 \times 0,78} = 265 \text{ A;}$$

Sez. min. (v. tab. 1.2) = 120 mm²

5 - VALORI DI RESISTENZA, REATTANZA E CADUTE DI TENSIONE IN C.A. PER CAVI IN Cu

TAB. 5.1

Sezione nominale	Cavi unipolari						Cavi bipolari				Cavi tripolari				Sezione nominale
	Resistenza R ad 80 °C	Reattanza X	CADUTE DI TENSIONE ΔU				Resistenza R ad 80 °C	Reattanza X	CADUTE DI TENS. ΔU		Resistenza R ad 80 °C	Reattanza X	CADUTE DI TENS. ΔU		
			Corrente alternata						Corrente alternata monofase				Corrente alternata trifase		
			monofase		trifase				monofase				trifase		
			cos φ 1	cos φ 0,8	cos φ 1	cos φ 0,8			cos φ 1	cos φ 0,8			cos φ 1	cos φ 0,8	
mm ²	Ω /km	Ω /km	mV/Am	mV/Am	mV/Am	mV/Am	Ω /km	Ω /km	mV/Am	mV/Am	Ω /km	Ω /km	mV/Am	mV/Am	mm ²
1 1,5 2,5	22,1 14,8 8,91	0,176 0,168 0,155	44,2 29,7 17,8	35,6 23,9 14,4	38,3 25,7 15,4	30,8 20,7 12,5	22,5 15,1 9,08	0,125 0,118 0,109	45,0 30,2 18,2	36,1 24,3 14,7	22,5 15,1 9,08	0,125 0,118 0,109	39,0 26,1 15,7	31,3 21,0 12,7	1 1,5 2,5
4 6 10	5,57 3,71 2,24	0,143 0,135 0,119	11,1 7,41 4,47	9,08 6,10 3,72	9,65 6,42 3,87	7,87 5,28 3,22	5,68 3,78 2,27	0,101 0,0955 0,0861	11,4 7,56 4,55	9,21 6,16 3,73	5,68 3,78 2,27	0,101 0,0955 0,0861	9,85 6,54 3,94	7,98 5,34 3,24	4 6 10
16 25 35	1,41 0,889 0,641	0,112 0,106 0,101	2,82 1,78 1,28	2,39 1,55 1,15	2,44 1,54 1,11	2,07 1,34 0,993	1,43 0,907 0,654	0,0817 0,0813 0,0783	2,87 1,81 1,31	2,39 1,55 1,14	1,43 0,907 0,654	0,0817 0,0813 0,0783	2,48 1,57 1,13	2,07 1,34 0,988	16 25 35
50 70 95	0,473 0,328 0,236	0,101 0,0965 0,0975	0,947 0,656 0,473	0,878 0,641 0,494	0,820 0,568 0,410	0,760 0,555 0,428	0,483 0,334 0,241	0,0779 0,0751 0,0762	0,967 0,699 0,484	0,866 0,624 0,476	0,483 0,334 0,241	0,0779 0,0751 0,0762	0,838 0,579 0,419	0,750 0,541 0,412	50 70 95
120 150 185	0,188 0,153 0,123	0,0939 0,0928 0,0908	0,375 0,306 0,246	0,413 0,356 0,306	0,325 0,265 0,213	0,358 0,308 0,265	0,191 0,157 0,125	0,0740 0,0745 0,0742	0,383 0,314 0,251	0,394 0,341 0,289	0,191 0,157 0,125	0,0740 0,0745 0,0742	0,332 0,272 0,217	0,342 0,295 0,250	120 150 185
240 300	0,0943 0,0761	0,0902 0,0895	0,189 0,152	0,259 0,229	0,163 0,132	0,244 0,198	0,0966 0,0780	0,0752 0,0750	0,193 0,156	0,245 0,215	0,0966 0,0780	0,0752 0,0750	0,167 0,135	0,212 0,186	240 300

6 - CADUTA DI TENSIONE

I valori della TAB. 5.1 tratti dalla UNEL 35023-70 sono applicati, con approssimazione accettabile nella pratica, per tutti i tipi di cavi per energia, rigidi, semirigidi o flessibili, isolati con le varie qualità di gomma o di materiale termoplastico aventi temperature caratteristiche sino ad 85 °C e rispondenti alle vigenti Norme CEI per cavi di energia con grado di isolamento sino a 4 compreso.

La caduta di tensione fra l'origine di un impianto e tutti i punti di utilizzazione deve possibilmente essere contenuta entro i valori seguenti, riferiti al valore della U_n dell'impianto:

3% per cavi illuminazione; 5% per altri casi.

Per un impianto forza motrice, alla messa in servizio di più apparecchi, si può ammettere un ΔU del 10%

CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE

Esso è definito dalle relazioni:

$$\Delta U = k (R \cos\varphi + X \operatorname{sen}\varphi) \times I \quad \text{per c.a.}$$

dove:

ΔU = caduta di tensione in V/km

$k = \begin{cases} 1,73 & \text{per linee trifasi} \\ 2 & \text{per linee monofasi} \end{cases}$

R = resistenza per fase (Ω/km) alla temperatura di regime

X = reattanza di fase a 50 Hz (Ω/km)

$\cos\varphi$ = fattore di potenza dell'utilizzatore

$\operatorname{sen}\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi}$

I = corrente di fase in A

Con la formula di cui sopra possono essere calcolate le cadute di tensione anche per valori del $\cos\varphi$ diversi da quelli (1 e 0,8) previsti in tabella.

Nel caso di corrente continua, moltiplicare per 2 i valori della resistenza dei conduttori ad 80 °C.

Per avere la caduta di tensione in volt, occorre moltiplicare i valori della TAB. 5.1 per la corrente, in ampere, e per la lunghezza della linea, in metri, e quindi dividere per 1000.

La caduta di tensione è da intendere tra condutture e condutture, nel caso di corrente continua od alternata monofase; fase e fase, nel caso di corrente alternata trifase.

Le norme CEI 64-8/668 ed. I 1984, nonché le norme IEC 364-4-43, stabiliscono che in caso di corto circuito il dispositivo di protezione della conduttura deve avere un potere di interruzione almeno uguale alla $I_c^{10} c^{10}$ presunta nel punto in cui è installato e **deve intervenire con una rapidità tale da non far superare ai cavi o conduttori protetti la max. temperatura ammessa.**

Cioè deve essere verificata la seguente condizione:

$$1) (I^2 t) \leq k^2 S^2 \text{ dove:}$$

($I^2 t$): integrale di Joule o energia specifica passante per la durata del cto.cto. in $A^2 \cdot s$, lasciata passare dal dispositivo di protezione.

k: fattore dipendente dal tipo di conduttore (Cu o Al) e isolamento (vedere CEI 64-8 Ed. I^a 1984) che per durata di cto.cto. $\leq 5s$ è:

- 115 per cavi in Cu isolati in PVC (per cavi in Al, $k = 74$);
- 146 per cavi in Cu isolati in gomma etilpropilenica e polietilene reticolato (per cavi in Al, $k = 94$);
- 115 per cavi in Cu se vi sono giunzioni o terminazioni saldate a stagno, qualunque sia il tipo di isolante impiegato (per cavi in Al, $k = 74$);

S: sezione del o dei conduttori da proteggere in mm^2 ;

t: tempo di intervento del dispositivo di protezione che si assume $\leq 5s$.

La condizione 1) deve essere soddisfatta qualunque sia il punto della conduttura interessato al corto circuito. In pratica però è sufficiente la verifica nelle condizioni per le quali ($I^2 t$) lasciato passare è massimo.

Se, come nel nostro caso, la protezione è fatta con interruttori la verifica deve essere fatta oltre che **per il punto iniziale della conduttura, caso della $I_c^{10} c^{10} \text{ max.}$, anche per il punto terminale caso della $I_c^{10} c^{10} \text{ min.}$**

I regolari "F" e "G" permettono di verificare come gli interruttori di BT, rispettivamente SACE serie

"modul" e "limitor" ed ABB Elettrocondutture, serie "S250 - S270 - S280 - S650 - S700 - DS650 - DS750 - DS850 - DS670 - DS680 - DS770 - DS970" proteggano i cavi. Questo sia nel caso di cto.cto. **nel punto iniziale**, definendo in funzione del tipo di interruttore e della sezione del materiale e dell'isolamento del cavo, la $I_c^{10} c^{10} \text{ max.}$ ammissibile per il cavo stesso, (*riquadri C dei regolari*), sia **nel punto terminale**, definendo in funzione del tipo di interruttore e del calibro dello sganciatore, la lunghezza max. protetta del cavo stesso (*riquadri A dei regolari*). Nei riquadri B vengono definite le lunghezze max. dei cavi in corrispondenza delle quali è assicurata la protezione contro i **contatti indiretti** (ved. CEI 11-1, 11-II, IEC 364-4-41). Per il calcolo delle lunghezze max. protette è stata usata la seguente formula semplificata:

$$L \text{ max.} = \frac{0,8 \times U \times S}{2 \times \rho \times 1,2^* \times I_m} = 12,5 \cdot \frac{U \times S}{I_m} \text{ dove:}$$

- U: tensione in V;
- 0,8: fattore che considera l'abbassamento di U durante il corto circuito;
- S: sezione del conduttore in mm^{2**} ;
- ρ : resistività del conduttore alla temperatura media di cto.cto. in $\Omega \cdot mm^2/m$;
(per Cu: $\rho = 1,5 \times 0,018 = 0,027$
per Al: $\rho = 1,5 \times 0,0285 = 0,0427$);
- L: lunghezza del conduttore in m.;
- 2: fattore che tiene conto che durante il cto.cto. è interessata una lung. = $2 \times L$;
- I_m : $I_c^{10} c^{10}$ minima (in A) che provoca l'apertura dell'interruttore che nel caso dei valori riportati sui regolari "F" e "G" - riquadro A - è stata considerata coincidente con la I magnetica max. dell'interruttore stesso;
- 1,2: fattore di tolleranza previsto dalle norme sul valore reale di I_m .

Per conduttori trifasi con neutro o monofasi si applicano i fattori di correzione indicati in ogni singolo riquadro A e B.

* Per quanto riguarda il regolo "G" (quadrante A) il fattore 1,2 non è stato incluso nel calcolo delle max. lunghezze protette in quanto non previsto dalle norme CEI 23-3 fasc. 45 - IEC 898.

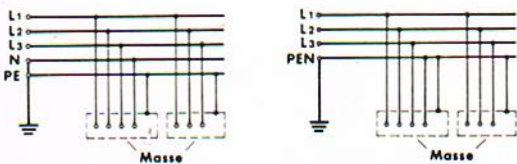
** Con $S > 120 mm^2$ le lunghezze max. protette lette sul regolo "F" (quadrante A) sono state calcolate tenendo conto dei fattori di correzione di cui alla Appendice D della Norma CEI 64-8

▲ Con ρ del Cu pari a 0,027

8 - CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI ELETTRICI (IEC 364-3)

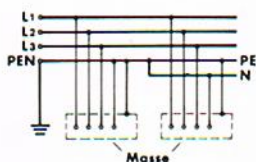
I sistemi elettrici vengono così classificati:

SISTEMA TN



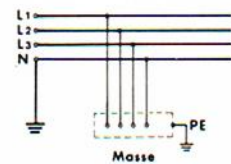
TN-S

TN-C

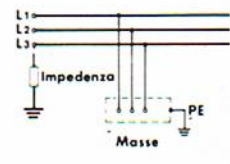


TN-CS

SISTEMA TT



SISTEMA IT



NOTE

- TN-S = Conduttore di N e conduttore di protezione PE separati nell'insieme dello schema
- TN-C = Funzione di neutro N e di protezione PE combinati in un solo conduttore nell'insieme dello schema.
- TN-CS = Funzione di neutro N e di protezione PE combinati in un solo conduttore in una parte dello schema.
- TT = Masse e conduttori di N collegati separatamente a terra.
- IT = Solo le masse sono collegate francamente a terra.

DATI DI TARGA DEGLI INTERRUTTORI AUTOMATICI DI PROTEZIONE**PORTATA NOMINALE** DEGLI INTERRUTTORI DI PROTEZIONE

magnetotermici, differenziali, magnetotermico differenziali

(calibri)	In (A)						
0,5	1	2	4	6	10	16	
20	25	32	40	50	63	100	
125	160	250	400	630	800	1000	

N. POLI 1 2int-1prot 2 protetti 3 4**POTERE D'INTERRUZIONE**

magnetotermici (kA) (3) 4,5 6 10 25

CORRENTI DIFFERENZIALI 0,01 0,03 0,3 1 - 3NOMINALI $I_{\Delta n}$ (A) istantaneo istantaneo istantaneo
o selettivo
reglabile
in corrente
e tempo