

DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

1.0 – Premessa dimensionamento

Le condutture elettriche adempiono il loro servizio in modo ottimale solo se sono state dimensionate correttamente ed equipaggiate con adeguati dispositivi di manovra e protezione.

Il progetto del dimensionamento elettrico coinvolge la completa conoscenza delle caratteristiche delle condutture stesse, dell'andamento delle correnti e dei fenomeni elettrici che si possono manifestare.

La corrente che viene considerata per il ridimensionamento di un conduttore è la corrente di impiego (I_B); partendo da questo il progettista svolge una serie di considerazioni e calcoli per determinare le altre grandezze della rete elettrica: portata dei cavi (I_Z), caduta di tensione della linea (ΔV), energia specifica passante (I^2t), ecc.

La Fig. 6.1 riassume lo “schema logico” che deve essere seguito per un corretto dimensionamento del cavo e la corretta scelta delle protezioni.

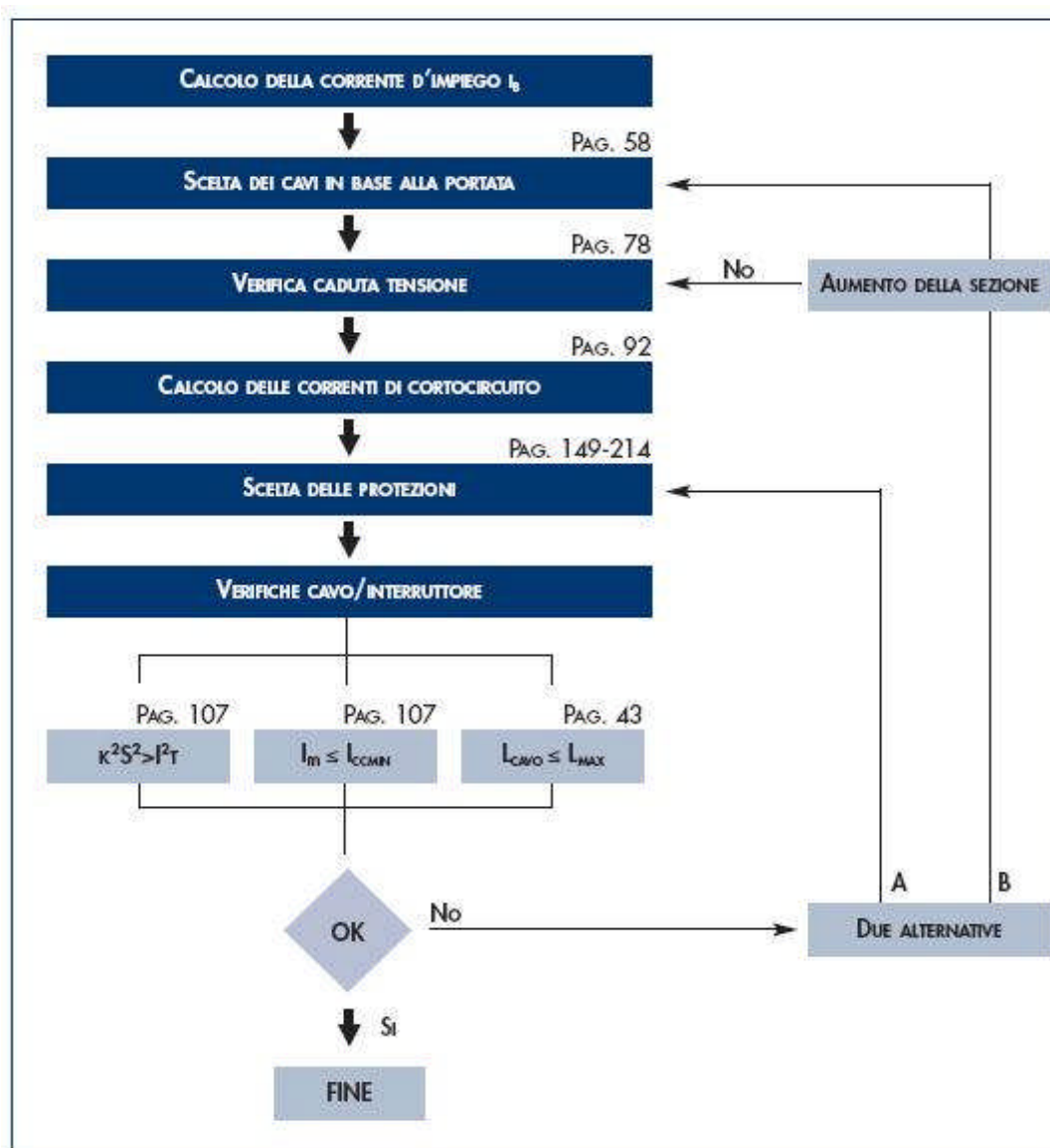


Fig. 6.1 - Dimensionamento di un cavo e scelta delle protezioni

2.0 – Definizione di conduttura

Si definisce “conduttura” l’insieme costituito da uno o più conduttori elettrici e dagli elementi che assicurano l’isolamento, il fissaggio e la protezione necessaria.

La conduttura è completata dagli elementi di giunzione e derivazione atti a realizzare l’insieme dei circuiti di distribuzione o terminali costituenti la rete di distribuzione nell’ambito dell’impianto utilizzatore.

Le condutture si distinguono principalmente per il sistema di protezione meccanica e di fissaggio nei tipi indicati nelle figure riportate nel paragrafo metodi di installazione.

In una conduttura si distinguono:

- i cavi,
- i tubi protettivi,
- le cassette di giunzione e derivazione,
- i morsetti di giunzione e derivazione,
- i canali.

Si definisce “*cavo*” l’insieme dei conduttori, degli isolanti, delle guaine e delle armature di protezione o di schermatura specificamente costruito per convogliare la corrente sia ai fini del trasporto dell’energia che di trasmissione di segnali.

Si chiama “*cavo*” anche il semplice conduttore ricoperto dall’isolamento funzionale (cavo unipolare senza guaina) talvolta definito nel gergo degli installatori con i termini di: filo, cordina, conduttore isolato.

3.0 – Caratterizzazione dei cavi

I cavi in uso negli impianti elettrici utilizzatori in Bassa Tensione (BT) sono caratterizzati fondamentalmente dalla tensione nominale (I_n), dal materiale isolante, dalla guaina protettiva, dalla flessibilità, dal numero delle anime e dalla sezione del conduttore di ciascuna anima (Fig. 6.2).

La tensione nominale (I_n) adeguata a tensioni di esercizio (I_e) di 230/400 V è :

$$I_n = U_o/U = 300/500 \text{ V} \quad (\text{per cavi a posa fissa}).$$

Per sistemi di posa meno impegnativi (monofase 230 V) può essere sufficiente la tensione nominale (I_n) :

$$I_n = U_o/U = 300/300 \text{ V}$$

U_o = valore efficace della tensione tra uno qualsiasi dei conduttori e la terra;

U = valore efficace della tensione tra due conduttori di un cavo multipolare o di un sistema con cavi unipolari.

Per posa fissa in ambienti speciali o per posa interrata occorrono tensioni nominali (I_n) più elevate :

$$I_n = U_o/U = 450/750 \text{ V}$$

oppure

$$I_n = U_o/U = 0,6/1 \text{ kV}.$$

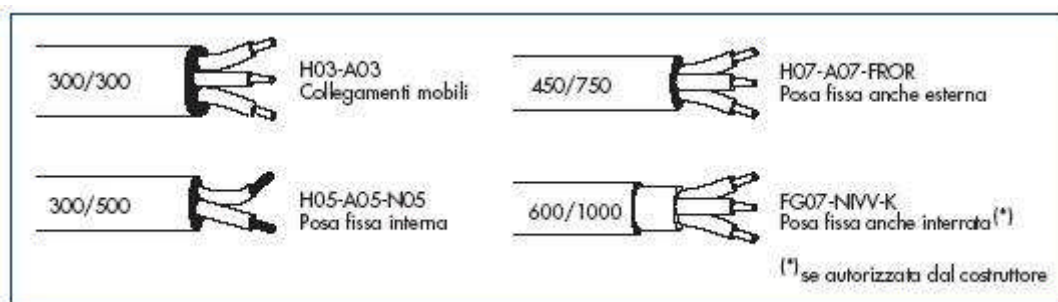


Fig. 6.2 - Tensione nominale U_o/U in volt

I materiali più usati per l’isolamento sono:

- il PVC,
- la gomma naturale,
- la gomma sintetica,
- il polietilene.

La guaina protettiva (Fig. 6.3), indispensabile per la posa a vista o interrata, può essere in PVC, in policloroprene o materiale equivalente; raramente si usano cavi con armatura metallica costituita da treccia di fili d’acciaio zincati o da nastri d’acciaio avvolti a spirale (cavi interrati senza protezione o posati in ambienti con pericolo d’urto).



Fig. 6.3 - Protezione meccanica

Per la posa fissa si usano cavi rigidi con conduttore rigido rotondo a corda o con conduttore flessibile; per piccole sezioni (fino a 4-6 mm²) si usano anche conduttori rigidi a filo unico (sconsigliabili per la difficoltà di collegamento).

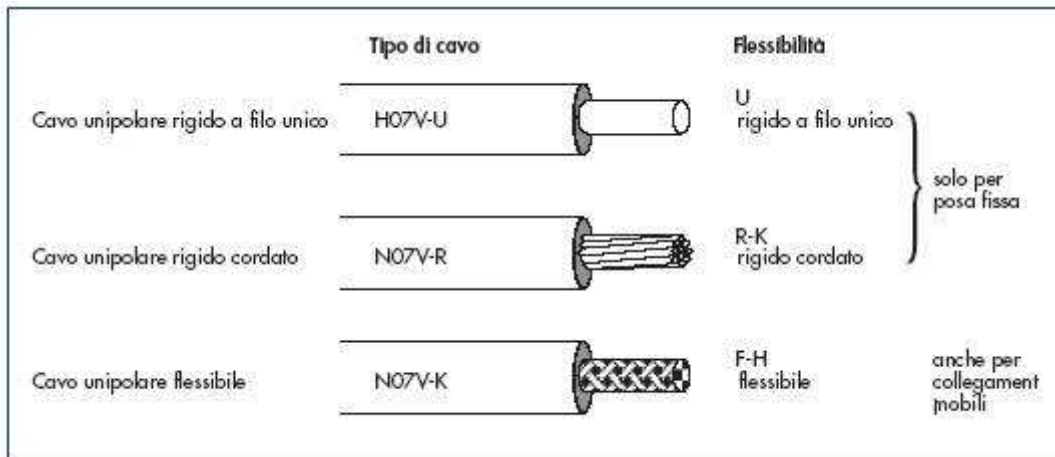


Fig. 6.4 - Flessibilità di alcuni tipi di cavi unipolari

Per collegamenti mobili è indispensabile usare conduttori flessibili (Fig. 6.4 e Fig. 6.5).

Il numero delle anime di ciascun cavo varia da 1 a 5 in funzione del sistema di distribuzione e del tipo di conduttura.

Le sezioni usate variano, indicativamente, da 1,5 a 35 mm² in ambienti di tipo civile e similare, fino a 240 mm² in ambienti industriali; raramente si utilizzano cavi con sezioni superiori essendo più convenienti per grandissime portate le condutture in sbarre o la posa di più cavi di media sezione in parallelo.

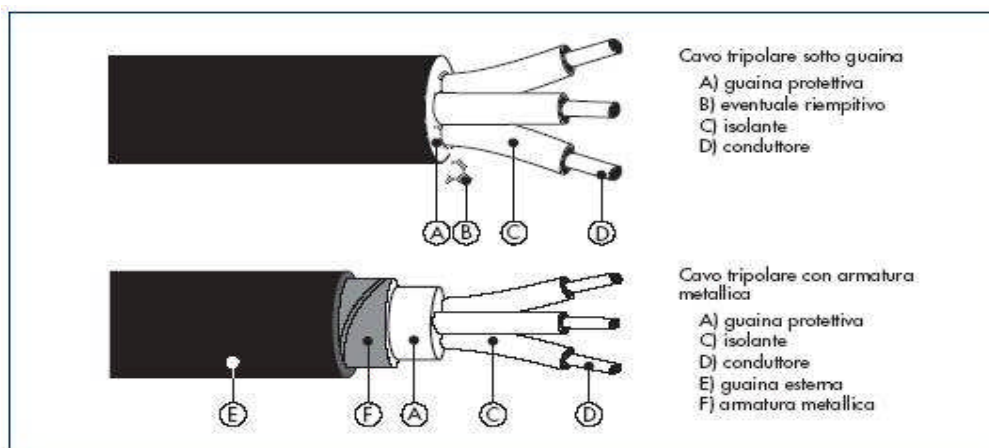


Fig. 6.5 - Alcuni tipi di cavi tripolari

4.0 – Sistema di designazione dei cavi

La Norma CEI 20-27 in accordo con il documento CENELEC HD 361, ha fissato un sistema sintetico per descrivere, mediante sigle convenzionali, la configurazione di un cavo dal punto di vista dei materiali che lo costituiscono, dei limiti di impiego, dei tipi di armonizzazione normativa, della flessibilità, della forma e del numero dei conduttori.

Le lettere che compaiono nelle sigle hanno il significato indicato nella Tab. 6.1.

ORDINE DI LETTURA	CARATTERISTICHE CONSIDERATE	SIGLE DISTINTIVE	SIGNIFICATO
1	Stato di armonizzazione	H	Cavo di tipo armonizzato (valido nei Paesi CEE)
		A	Cavo di tipo nazionale (autorizzato)
		N	Altro tipo di cavo nazionale
2	Tensione nominale U_0/U	U_0/U	
		01	Minore di 300/300
		03	Uguale a 300/300
		05	Uguale a 300/500
		07	Uguale a 450/750
		1	Uguale a 0,6/1 kV
3	Tipo di isolante	B	Gomma etilenpropilenica
		B3	Gomma butilica
		J	Treccia di fibra di vetro
		M	Minerale
		N	Policloroprene (o materiale equivalente)
		R	Gomma naturale o gomma stirene-butadiene
		S	Gomma siliconica
		V	Polivinilcloruro (PVC) di uso comune
		X	Polietilene reticolato
4	Rivestimenti metallici	A	Conduttore concentrico di alluminio
		A5	Guaina in alluminio a nastro
		A7	Schermo di alluminio
		C	Conduttore concentrico di rame
		C2	Guaina di rame
		C4	Schermo a treccia di rame sull'insieme delle anime
		C7	Schermo di rame a fili, piattine o nastri
		F	Guaina di acciaio
		K	Guaina di zinco
5	Armatura	Z2	Armatura a fili rotondi di acciaio
		Z3	Armatura a piattine di acciaio
		Z4	Armatura a nastri di acciaio
		Y2	Armatura a fili rotondi di alluminio
		Y3	Armatura a piattine di alluminio
6	Guaina	B	Gomma etilenpropilenica
		B3	Gomma butilica
		J	Treccia di fibra di vetro
		M	Minerale
		N	Policloroprene (o materiale equivalente)
		R	Gomma naturale o gomma stirene-butadiene
		S	Gomma siliconica
7	Costruzione speciale	nessuna	Cavo rotondo
		D3	Organo portante posto al centro del cavo
		D4	Cavo autoportante
		H	Cavi piatti divisibili con o senza guaina
		H2	Cavi piatti non divisibili
		H3	Cavi piatti con anime distanziate da un listello
8	Materiale del conduttore	nessuna	Rame
		A	Alluminio
		Z	Conduttore di materiale e/o forma speciali
9	Forma del conduttore	F	Conduttore flessibile di un cavo flessibile per un servizio mobile
		H	Conduttore flessibilissimo di un cavo flessibile per servizio mobile
		K	Conduttore flessibile di un cavo per installazione fissa
		R	Conduttore rigido, rotondo, a corda
		S	Conduttore rigido, settoriale, a corda
10	Numero delle anime per sezione	U	Conduttore rigido, rotondo, a filo unico
		Esempio 4 G 6	(4 anime con sezione di 6 mm ² di cui una per PE)

Tab. 6.1 - Sistema internazionale di designazione dei cavi

4.1 - Esempi

1) **H05SJ - K1 x 2,5** significa: cavo di tipo ARMONIZZATO CENELEC (**H**) - tensione nominale 300/500 V (**0,5**) - isolamento in gomma siliconica (**S**) - guaina in fibra di vetro (**J**) - privo di armatura (manca il simbolo Z e Y della cifra 5) - di forma rotonda (manca il simbolo H riguardante la forma speciale della cifra 7) - conduttori in rame (manca il simbolo A dell'alluminio) - conduttore flessibile di un cavo per posa fissa (**K**) - unipolare - sezione 2,5 mm² (**x 2,5**).

2) **H07RN - R 3 x 50 + 1 x 25 +1G25** significa: cavo di tipo armonizzato CENELEC - tensione nominale 450/750 V - isolamento in gomma naturale - sottoguaina di policloroprene - privo di armatura e riempitivi, di forma rotonda - in rame - conduttore rigido cordato di un cavo rigido - 5 anime di cui 3 da 50 mm², 2 da 25 mm², di cui uno giallo-verde per conduttore di protezione (**G 25**) .

3) **H07V - U 1 x 2,5** significa: cavo di tipo armonizzato CENELEC - tensione nominale 450/750 V - isolato in PVC - senza guaina - conduttore in rame a filo rigido unico - unipolare - sezione 2,5 mm².

5.0 – Portata dei cavi

La portata di un cavo (I_z) dipende:

- dalla sezione,
- dal tipo di conduttore,
- dall'isolante,
- dalla temperatura ambientale,
- dalle condizioni di posa.

Secondo la Norma CEI-UNEL 35024/1 (fascicolo 3516), per determinare la portata di un cavo si deve tener conto di due fattori di correzione (k_1) e (k_2) che dipendono dalla temperatura ambiente se diversa da 30 °C e dalla modalità di installazione (1). Nella Norma vengono riportate tabelle che specificano le portate dei cavi con conduttori di rame unipolari e multipolari.

Per facilitare il compito di determinare la portata dei cavi, sono state predisposte le seguenti tabelle, nelle quali si può leggere direttamente la portata dei cavi (I_z) a 30 °C, nelle condizioni di posa più usuali.

Ciò evita di individuare prima la portata del singolo circuito (I_0) o cavo multipolare, poi di andare alla ricerca del fattore k_2 adatto al caso e di eseguire la moltiplicazione.

Nota:

(1) Per quanto riguarda le modalità di installazione i fattori correttivi sono quelli espressi nelle tabelle associate alle Fig. 6.6 e 6.7 valide rispettivamente per cavi raggruppati in fascio e per cavi raggruppati in singolo strato, mentre per quanto riguarda la temperatura ambiente (ϑ_a) e di esercizio dell'isolante (ϑ_z) il fattore correttivo k_2 è ricavabile dalla relazione:

$$K_2 = \sqrt{\frac{\vartheta_z - \vartheta_a}{\vartheta_z - 30Y}}$$

valendo per (ϑ_z) la seguente tabella:

ISOLANTE	ϑ_z [°C]
Cloruro di polivinile (PVC)	70
Gomma ordinaria	60
Gomme siliconiche (G9)	90
Etilene propilene	90

Tab. 6.2

Si ricorda infine che per condutture posate longitudinalmente in cunicoli o gallerie con aria stagnante e sezione trasversale non superiore a pochi m², la Norma CEI 20-20 suggerisce per il calcolo del fattore di correzione (K) la seguente formula:

$$K = \sqrt{1 - \frac{W_{tot}}{120p}}$$

dove:

- W_{tot} = potenza specifica dissipata in calore da un metro di conduttore;
- p = perimetro (in metri) della sezione verticale dell'ambiente.

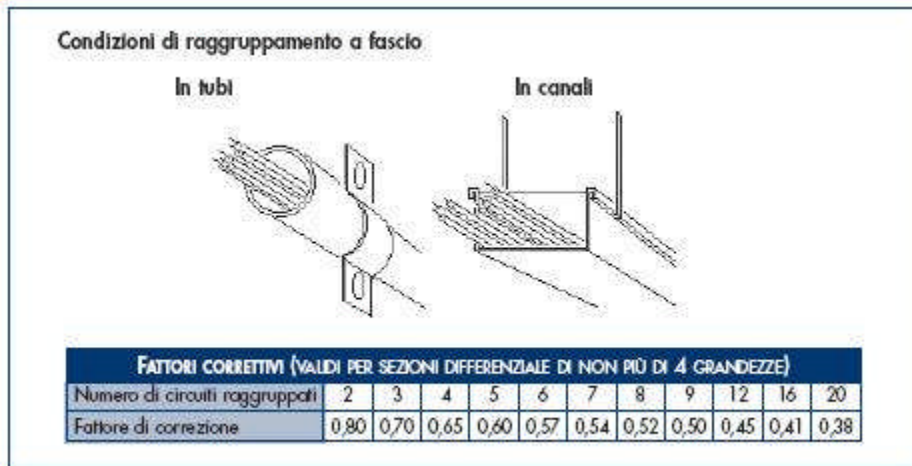


Fig. 6.6 - Fattori di correzione per cavi raggruppati a fascio

Modalità di installazione	Fattori correttivi		
	n° circuiti raggruppati	fattore	
<p>Su soffitto</p>	1	0,95	
	2	0,81	
	3	0,72	
	4	0,68	
	5	0,66	
	6	0,64	
	7	0,63	
	8	0,62	
	≥9	0,61	
<p>Su muro o su pavimento Su passerelle</p>	2	0,85	
	3	0,79	
	4	0,75	
	5	0,73	
	6-7	0,72	
	8	0,71	
	≥9	0,70	
	<p>Su passerelle perforate orizzontali o verticali</p>	2	0,88
		3	0,82
4		0,77	
5		0,75	
6-7		0,73	
≥8		0,72	
<p>Su passerelle a scala o su mensole</p>	2	0,87	
	3	0,81	
	4	0,72	
	5	0,68	
	6	0,66	
	7	0,63	
	8	0,62	
	≥9	0,61	
	<p>Cavi distanziati</p>	Qualsiasi	1

Fig. 6.7 - Fattori di correzione per cavi raggruppati su singolo strato

6.0 – Metodi di installazione

6.1 - Cavi incassati entro pareti isolanti

Le tabelle CEI UNEL 35024 distinguono 5 metodi di installazione fondamentali, ciascuno a sua volta suddiviso in più situazioni dipendenti dal tipo di isolante, dal numero di conduttori attivi e dalla presenza o meno della guaina.

In particolare:

- ai fini della portata massima in regime permanente devono considerarsi isolanti tutte le pareti o le strutture che hanno un coefficiente di trasmissione termica di almeno $10 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- rientrano in questo caso le pareti in plastica, gli stipiti in legno di porte o finestre, i blocchi portacavi scanalati;
- non rientrano le pareti in muratura, anche se perimetrali e perciò coibentate verso l'esterno, i canali e i tubi anche se in resina con spessore dell'ordine di qualche millimetro purché siano installati in aria libera o incassati nei muri.

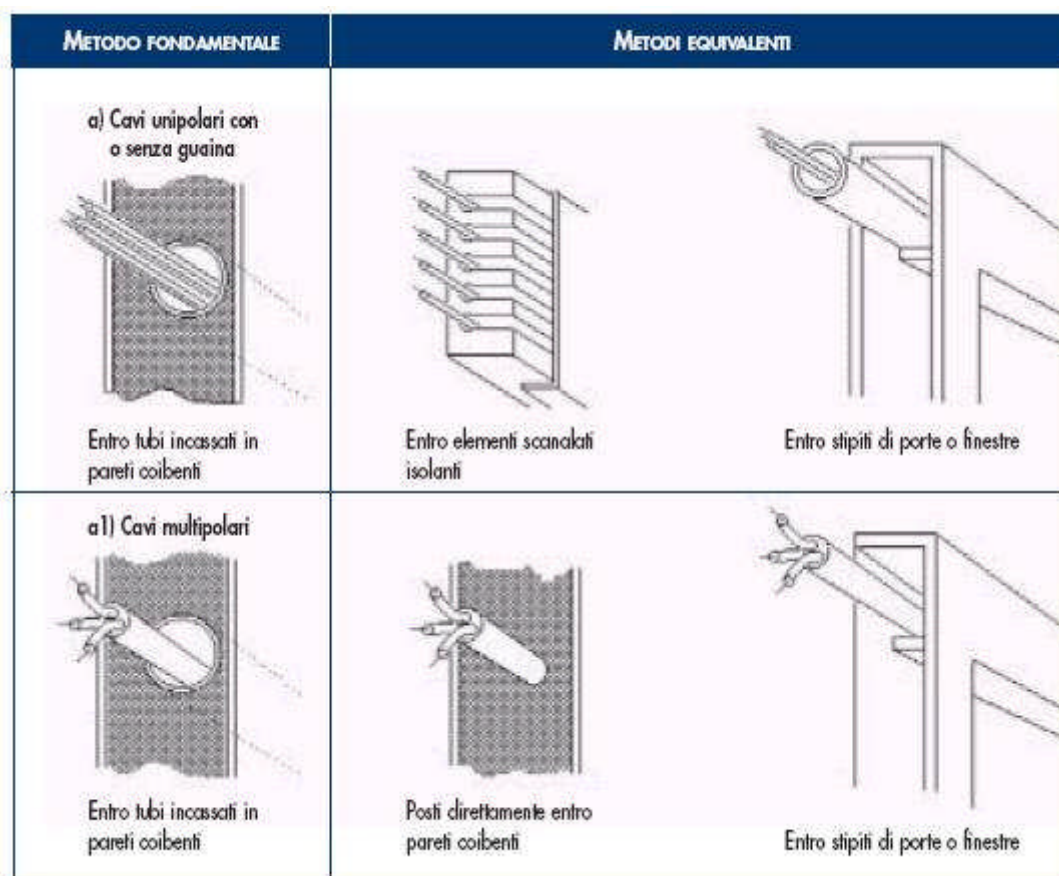


Fig. 6.8 - Cavi incassati entro pareti isolanti

TAB. 6.3 - PORTATA DEI CAVI CON O SENZA GUAINA POSATI IN PARETI ISOLANTI					
SEZIONE [mm ²]	NUMERO COND. CARICATI	PORTATA (A)			
		UNIPOLARI		MULTIPOLARI	
		PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	14,5	19	14	18,5
	3	13,5	17	13	16,5
2,5	2	19,5	26	18,5	25
	3	18	23	17,5	22
4	2	26	36	25	33
	3	24	31	23	30
6	2	34	45	32	42
	3	31	40	29	38
10	2	46	61	43	57
	3	42	54	39	51
16	2	61	81	57	76
	3	56	73	52	68
25	2	80	106	75	99
	3	73	95	68	89
35	2	99	131	92	121
	3	89	117	83	109
50	2	119	158	110	145
	3	108	141	99	130
70	2	151	200	139	183
	3	136	179	125	164
95	2	182	241	167	220
	3	164	216	150	197
120	2	210	278	192	253
	3	188	249	172	227
150	2	240	318	219	290
	3	216	285	196	259
185	2	273	362	248	329
	3	245	324	223	295
240	2	320	424	291	386
	3	296	380	261	346

6.2 - Cavi contenuti entro tubi o canali protettivi

Cavi contenuti entro tubi o canali protettivi posti in opera in aria libera o incassati entro muratura.

È questo il caso più comune di condutture in uso nel settore residenziale e terziario sia per i circuiti principali che per quelli terminali.

Nel settore industriale questa tecnica installativa è molto usata per circuiti dorsali e terminali.

Non vi è alcuna distinzione fra tubi o canali in plastica o in metallo e fra la posa in aria libera o incassata entro ordinaria muratura.

In genere i cavi si considerano raggruppati in più strati, se posati nel canale, oppure disposti a fascio se installati in tubi.

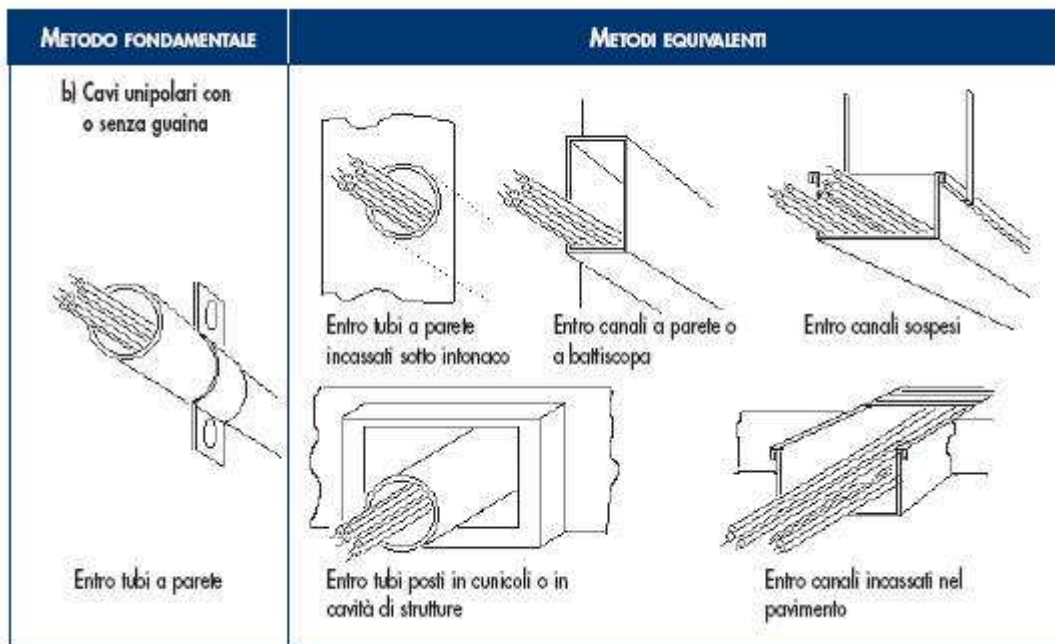
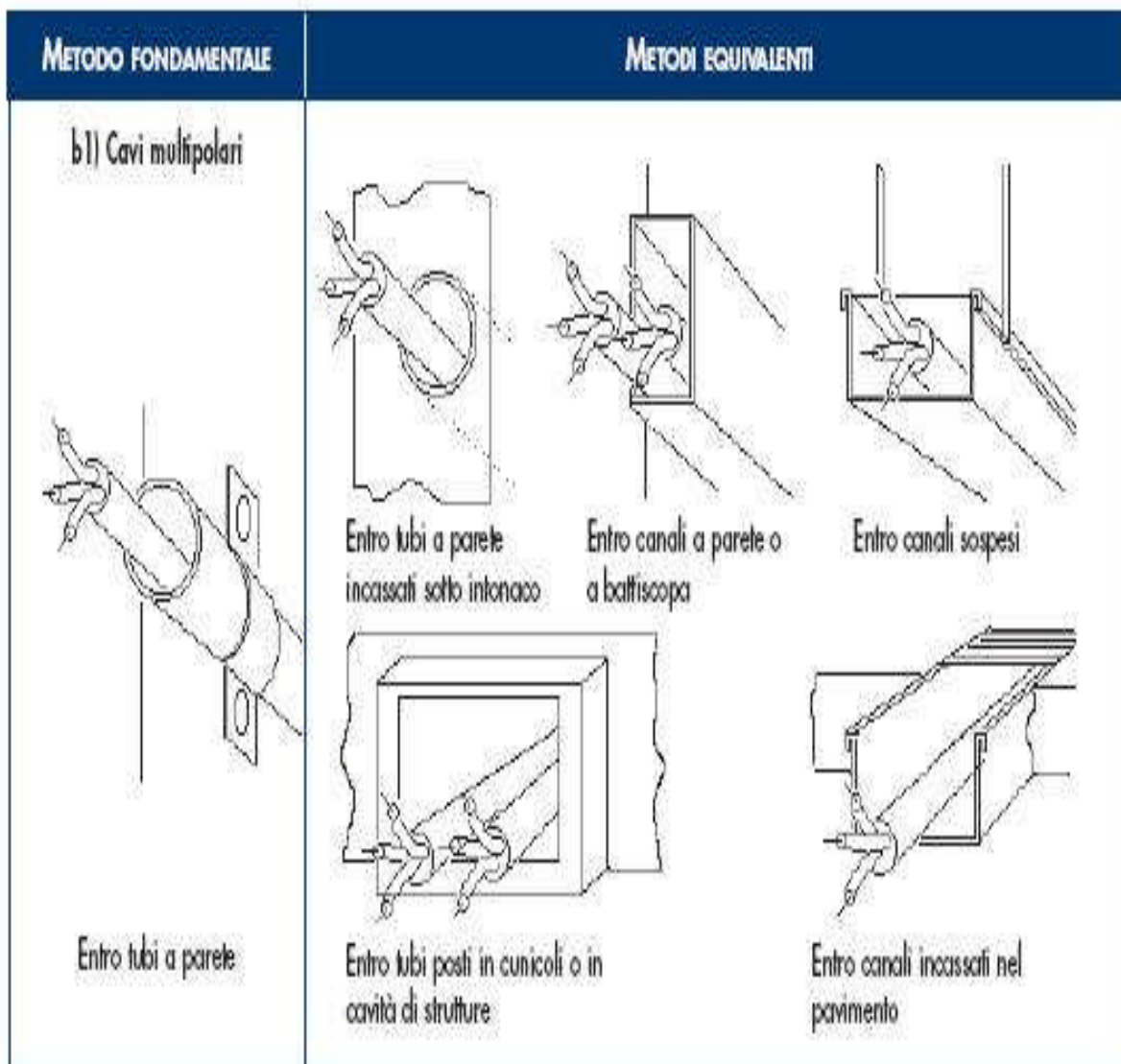


Fig. 6.9 - Cavi unipolari incassati entro tubi o canali in aria libera o in pareti non isolanti



La Tab.67.4 vale per i tipi di posa sotto riportati, estrapolati dalla tabella 52.C della Norma CEI 64-8.

Tipi di posa (vedi Norma CEI):

- 3 Tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti
- 4 Tubi protettivi non circolari posati su pareti
- 5 Tubi protettivi annegati nella muratura
- 22 Tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture
- 23 Tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture
- 24 Tubi protettivi non circolari annegati nella muratura
- 31 Canali posati su parete con percorso orizzontale
- 32 Canali posati su parete con percorso verticale
- 33 Canali incassati nel pavimento
- 34 Canali sospesi
- 41 Tubi protettivi circolari posati entro cunicoli chiusi, con percorso orizzontale o verticale
- 42 Tubi protettivi circolari posati entro cunicoli ventilati incassati nel pavimento
- 72 Canali provvisti di elementi di separazione

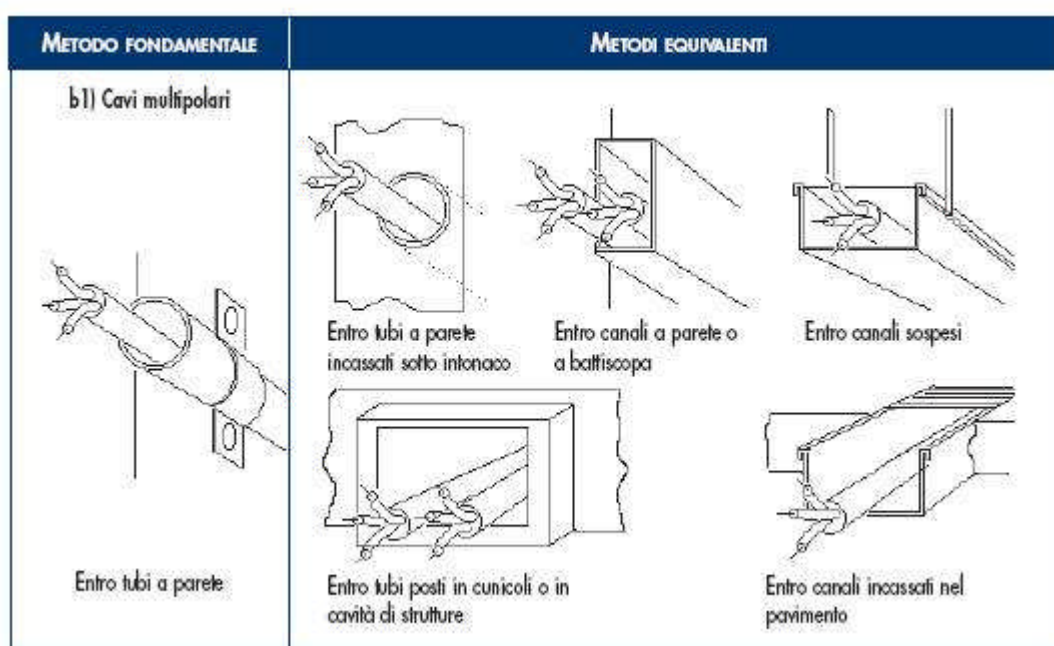


Fig. 6.10 - Cavi multipolari incassati entro tubi o canali in aria libera o in pareti non isolanti

TAB. 6.5 - PORTATA DEI CAVI MULTIPOLARI POSATI IN TUBO O IN CANALE																						
SEZIONE [mm ²]	NUMERO COND. CARICATI	PORTATA (A)																				
		NUMERO DI CAVI MULTIPOLARI																				
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	
1,5	2	16,5	22	13	17,5	11,5	15,5	10,5	14,5	10	13	9,5	12,5	9	12	8,5	11,5	8,5	11	8	10,5	
	3	15	19,5	12	15,5	10,5	13,5	10	12,5	9	11,5	8,5	11	8	10,5	8	10	7,5	10	7	9,5	
2,5	2	23	30	18,5	24	16	21	15	19,5	14	18	13	17	12,5	16	12	15,5	11,5	15	11	14,5	
	3	20	26	16	21	14	18	13	17	12	15,5	11,5	15	11	14	10,5	13,5	10	13	9,5	12,5	
4	2	30	40	24	32	21	28	19,5	26	18	24	17	23	16	22	15,5	21	15	20	14,5	19	
	3	27	35	22	28	19	25	17,5	23	16	21	15,5	20	14,5	19	14	18	13,5	17,5	13	17	
6	2	38	51	30	41	27	36	25	33	23	31	22	29	21	28	20	27	19	26	18	24	
	3	34	44	27	35	24	31	22	29	20	26	19,5	25	18,5	24	17,5	23	17	22	16,5	21	
10	2	52	69	42	55	36	48	34	45	31	41	30	39	28	37	27	36	26	35	25	33	
	3	46	60	37	48	32	42	30	39	28	36	26	34	25	32	24	31	23	30	22	29	
16	2	69	91	55	73	48	64	45	59	41	55	39	52	37	49	36	47	35	46	33	44	
	3	62	80	50	64	43	56	40	52	37	48	35	46	33	43	32	42	31	40	30	38	
25	2	90	119	72	95	63	83	59	77	54	71	51	68	49	64	47	62	45	60	43	57	
	3	80	105	64	84	56	74	52	68	48	63	46	60	43	57	42	55	40	53	38	50	
35	2	111	146	89	117	78	102	72	95	67	88	63	83	60	79	58	76	56	73	53	70	
	3	99	128	79	102	69	90	64	83	59	77	56	73	53	69	51	67	50	64	48	61	
50	2	133	175	106	140	93	123	86	114	80	105	76	100	72	95	69	91	67	88	64	84	
	3	118	154	94	123	83	108	77	100	71	92	67	88	64	83	61	80	59	77	57	74	
70	2	168	221	134	177	118	155	109	144	101	133	96	126	91	119	87	115	84	111	81	106	
	3	149	194	119	155	104	136	97	126	89	116	85	111	80	105	77	101	75	97	72	93	
95	2	201	265	161	212	141	186	131	172	121	159	115	151	109	143	105	138	101	133	96	127	
	3	179	233	143	186	125	163	116	151	107	140	102	133	97	126	93	121	90	117	86	112	
120	2	232	305	186	244	162	214	151	198	139	183	132	174	125	165	121	159	116	153	111	146	
	3	206	268	165	214	144	188	134	174	124	161	117	153	111	145	107	139	103	134	99	129	
150	2	258	334	206	267	181	234	168	217	155	200	147	190	139	180	134	174	129	167	124	160	
	3	225	300	180	240	158	210	146	195	135	180	128	171	122	162	117	156	113	150	108	144	
185	2	294	384	235	307	206	269	191	250	176	230	168	219	159	207	153	200	147	192	141	184	
	3	255	340	204	272	179	238	166	221	153	204	145	194	138	184	133	177	128	170	122	163	
240	2	344	459	275	367	241	321	224	298	206	275	196	262	186	248	179	239	172	230	165	220	
	3	297	398	238	318	208	279	193	259	178	239	169	227	160	215	154	207	149	199	143	191	
300	2	394	532	315	426	276	372	256	346	236	319	225	303	213	287	205	277	197	266	189	255	
	3	339	455	271	364	237	319	220	296	203	273	193	259	183	246	176	237	170	228	163	218	

La Tab. 6.5 vale per i tipi di posa sotto riportati, estrapolati dalla tabella 52.C della Norma CEI 64-8.

Tipi di posa (vedi Norma CEI):

- 3A Tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti
- 4A Tubi protettivi non circolari posati su pareti
- 5A Tubi protettivi annegati nella muratura
- 21 Cavità di strutture
- 22A Tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture
- 25 Controsoffitti e pavimenti sopraelevati

6.3 - Cavi in aria libera non distanziati

Cavi in aria libera non distanziati in contatto fra loro o con la muratura.

Questo gruppo comprende la posa a trifoglio o affiancata su unico strato, sospesa, a parete, su passerelle non perforate, sotto soffitto o sotto pavimento.

La dissipazione del calore è ostacolata sia dalla parete di appoggio che dai cavi adiacenti che si devono intendere su un solo strato.

Tab. 6.6 - PORTATA DEI CAVI MULTIPOLARI POSATI IN FASCIO, SU PASSARELLE, MENSOLE O A CONTATTO CON LA MURATURA

SEZIONE [mm ²]	NUMERO COND. CARICATI	PORTATA (A)																					
		NUMERO DI CAVI MULTIPOLARI																					
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10			
PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR		
1,5	2	22	26	17,5	21	15,5	18	14,5	17	13	15,5	12,5	15	12	14	11,5	13,5	11	13	10,5	12,5		
	3	18,5	23	15	18,5	13	16	12	15	11	14	10,5	13	10	12,5	9,5	12	9,5	11,5	9	11		
2,5	2	30	36	24	29	21	25	19,5	24	18	22	17	21	16	19,5	15,5	18,5	15	18	14,5	17,5		
	3	25	32	20	26	17,5	22	16,5	21	15	19	14,5	18	13,5	17,5	13	16,5	12,5	16	12	15,5		
4	2	40	49	32	39	28	34	26	32	24	29	23	28	22	26	21	25	20	25	19	24		
	3	34	42	27	34	24	29	22	27	20	25	19,5	24	18,5	23	17,5	22	17	21	16,5	20		
6	2	51	63	41	50	36	44	33	41	31	38	29	36	28	34	27	33	26	32	24	30		
	3	43	54	34	43	30	38	28	35	26	32	25	31	23	29	22	28	22	27	21	26		
10	2	70	86	56	69	49	60	46	56	42	52	40	49	38	46	36	45	35	43	34	41		
	3	60	75	48	60	42	53	39	49	36	45	34	43	32	41	31	39	30	38	29	36		
16	2	94	115	75	92	66	81	61	75	56	69	54	66	51	62	49	60	47	58	45	55		
	3	80	100	64	80	56	70	52	65	48	60	46	57	43	54	42	52	40	50	38	48		
25	2	119	149	95	119	83	104	77	97	71	89	68	85	64	80	62	77	60	75	57	72		
	3	101	127	81	102	71	89	66	83	61	76	58	72	55	69	53	66	51	64	48	61		
35	2	148	185	118	148	104	130	96	120	89	111	84	105	80	100	77	96	74	93	71	89		
	3	126	158	101	126	88	111	82	103	76	95	72	90	68	85	66	82	63	79	60	76		
50	2	180	225	144	180	126	158	117	146	108	135	103	128	97	122	94	117	90	113	86	108		
	3	153	192	122	154	107	134	99	125	92	115	87	109	83	104	80	100	77	96	73	92		
70	2	232	289	186	231	162	202	151	188	139	173	132	165	125	156	121	150	116	145	111	139		
	3	196	246	157	197	137	172	127	160	118	148	112	140	106	133	102	128	98	123	94	118		
95	2	282	352	226	282	197	246	183	229	169	211	161	201	152	190	147	183	141	176	135	169		
	3	238	298	190	238	167	209	155	194	143	179	136	170	129	161	124	155	119	149	114	143		
120	2	328	410	262	328	230	287	213	267	197	246	187	234	177	221	171	213	164	205	157	197		
	3	276	346	221	277	193	242	179	225	166	208	157	197	149	187	144	180	138	173	132	166		
150	2	379	473	303	378	265	331	246	307	227	284	216	270	205	255	197	246	190	237	182	227		
	3	319	399	255	319	223	279	207	259	191	239	182	227	172	215	166	207	160	200	153	192		
185	2	434	542	347	434	304	379	282	352	260	325	247	309	234	293	226	282	217	271	208	260		
	3	364	456	291	365	255	319	237	296	218	274	207	260	197	246	189	237	182	228	175	219		
240	2	514	641	411	513	360	449	334	417	308	385	293	365	278	346	267	333	257	321	247	308		
	3	430	538	344	430	301	377	280	350	258	323	245	307	232	291	224	280	215	269	206	258		
300	2	593	741	474	593	415	519	385	482	356	445	338	422	320	400	308	385	297	371	285	356		
	3	497	621	398	497	348	435	323	404	298	373	283	354	268	335	258	323	249	311	239	298		

Fig. 6.11 - Cavi in aria libera non distanziati tra loro o da pareti

Tab. 6.6 - PORTATA DEI CAVI MULTIPOLARI POSATI IN FASCIO, SU PASSARELLE, MENSOLE O A CONTATTO CON LA MURATURA

SEZIONE [mm ²]	NUMERO COND. CARICATI	PORTATA (A)																					
		NUMERO DI CAVI MULTIPOLARI																					
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10			
PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR		
1,5	2	22	26	17,5	21	15,5	18	14,5	17	13	15,5	12,5	15	12	14	11,5	13,5	11	13	10,5	12,5		
	3	18,5	23	15	18,5	13	16	12	15	11	14	10,5	13	10	12,5	9,5	12	9,5	11,5	9	11,5		
2,5	2	30	36	24	29	21	25	19,5	24	18	22	17	21	16	19,5	15,5	18,5	15	18	14,5	17,5		
	3	25	32	20	26	17,5	22	16,5	21	15	19	14,5	18	13,5	17,5	13	16,5	12,5	16	12	15,5		
4	2	40	49	32	39	28	34	26	32	24	29	23	28	22	26	21	25	20	25	19	24		
	3	34	42	27	34	24	29	22	27	20	25	19,5	24	18,5	23	17,5	23	17,5	17	21	16,5		
6	2	51	63	41	50	36	44	33	41	31	38	29	36	28	34	27	33	26	32	24	30		
	3	43	54	34	43	30	38	28	35	26	32	25	31	23	29	22	28	22	27	21	26		
10	2	70	86	56	69	49	60	46	56	42	52	40	49	38	46	36	45	35	43	34	41		
	3	60	75	48	60	42	53	39	49	36	45	34	43	32	41	31	39	30	38	29	36		
16	2	94	115	75	92	66	81	61	75	56	69	54	66	51	62	49	60	47	58	45	55		
	3	80	100	64	80	56	70	52	65	48	60	46	57	43	54	42	52	40	50	38	48		
25	2	119	149	95	119	83	104	77	97	71	89	68	85	64	80	62	77	60	75	57	72		
	3	101	127	81	102	71	89	66	83	61	76	58	72	55	69	53	66	51	64	48	61		
35	2	148	185	118	148	104	130	96	120	89	111	84	105	80	100	77	96	74	93	71	89		
	3	126	158	101	126	88	111	82	103	76	95	72	90	68	85	66	82	63	79	60	76		
50	2	180	225	144	180	126	158	117	146	108	135	103	128	97	122	94	117	90	113	86	108		
	3	153	192	122	154	107	134	99	125	92	115	87	109	83	104	80	100	77	96	73	92		
70	2	232	289	186	231	162	202	151	188	139	173	132	165	125	156	121	150	116	145	111	139		
	3	196	246	157	197	137	172	127	160	118	148	112	140	106	133	102	128	98	123	94	118		
95	2	282	352	226	282	197	246	183	229	169	211	161	201	152	190	147	183	141	176	135	169		
	3	238	298	190	238	167	209	155	194	143	179	136	170	129	161	124	155	119	149	114	143		
120	2	328	410	262	328	230	287	213	267	197	246	187	234	177	221	171	213	164	205	157	197		
	3	276	346	221	277	193	242	179	225	166	208	157	197	149	187	144	180	138	173	132	166		
150	2	379	473	303	378	265	331	246	307	227	284	216	270	205	255	197	246	190	237	182	227		
	3	319	399	255	319	223	279	207	259	191	239	182	227	172	215	166	207	160	200	153	192		
185	2	434	542	347	434	304	379	282	352	260	325	247	309	234	293	226	282	217	271	208	260		
	3	364	456	291	365	255	319	237	296	218	274	207	260	197	246	189	237	182	228	175	219		
240	2	514	641	411	513	360	449	334	417	308	385	293	365	278	346	267	333	257	321	247	308		
	3	430	538	344	430	301	377	280	350	258	323	245	307	232	291	224	280	215	269	206	258		
300	2	593	741	474	593	415	519	385	482	356	445	338	422	320	400	308	385	297	371	285	356		
	3	497	621	398	497	348	435	323	404	298	373	283	354	268	335	258	323	249	311	239	298		

6.4 - Cavi in aria libera non distanziati posati in unico strato

Cavi in aria libera non distanziati posati in unico strato su passerelle perforate su mensole o su altri supporti che non impediscono la libera circolazione dell'aria tutt'attorno ai cavi.

La situazione di dissipazione termica è migliore rispetto al caso precedente perché non è impedita dal supporto di appoggio; le passerelle si intendono perforate quando la base di supporto è perforata per almeno il 30% della superficie.

Tab. 6.8 - PORTATA DEI CAVI MULTIPOLARI POSATI DISTANZIATI SU MENSOLE E PASSERELLE

SEZIONE [mm ²]	NUMERO COND. CARICATI	PORTATA (A)																	
		NUMERO DI CAVI MULTIPOLARI																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR		
1,5	2	22	26	19	23	18	21	17,5	21	17,5	21	17,5	21	17,5	21	17	20	17	20
	3	18,5	23	16	20	15	19	15	18,5	15	18,5	14,5	18	14,5	18	14,5	18	14,5	18
2,5	2	30	36	26	31	25	30	24	29	24	29	24	28	24	28	23	28	23	28
	3	25	32	22	28	21	26	20	26	10	26	20	25	20	25	19,5	25	19,5	25
4	2	40	49	35	43	33	40	32	39	32	39	32	39	32	39	31	38	31	38
	3	34	42	30	37	28	34	27	34	27	34	27	33	27	33	27	33	27	33
6	2	51	63	44	55	42	52	41	50	41	50	40	50	40	50	40	49	40	49
	3	43	54	37	47	35	44	34	43	34	43	34	43	34	43	34	42	34	42
10	2	70	86	61	75	57	71	56	69	56	69	55	68	55	68	55	67	55	67
	3	60	75	52	65	49	62	48	60	48	60	47	59	47	59	47	59	47	59
16	2	94	115	82	100	77	94	75	92	75	92	74	91	74	91	73	90	73	90
	3	80	100	70	87	66	82	64	80	64	80	63	79	63	79	62	78	62	78
25	2	119	149	104	130	98	122	95	119	95	119	94	118	94	118	93	116	93	116
	3	101	127	88	110	83	104	81	102	81	102	80	100	80	100	79	99	79	99
35	2	148	185	129	161	121	152	118	148	118	148	117	146	117	146	115	144	115	144
	3	126	158	110	137	103	130	101	126	101	126	100	125	100	125	98	123	98	123
50	2	180	225	157	196	148	185	144	180	144	180	142	178	142	178	140	176	140	176
	3	153	192	133	167	125	157	122	154	122	154	121	152	121	152	119	150	119	150
70	2	232	289	202	251	190	237	186	231	186	231	183	228	183	228	181	225	181	225
	3	196	246	171	214	161	202	157	197	157	197	155	194	155	194	153	192	153	192
95	2	282	352	245	306	231	289	226	282	226	282	223	278	223	278	220	275	220	275
	3	238	298	207	259	195	244	190	238	190	238	188	235	188	235	186	232	186	232
120	2	328	410	285	357	269	336	262	328	262	328	259	324	259	324	256	320	256	320
	3	276	346	240	301	226	284	221	277	221	277	218	273	218	273	215	270	215	270
150	2	379	473	330	412	311	388	303	378	303	378	299	374	299	374	296	369	296	369
	3	319	399	278	347	262	327	255	319	255	319	252	315	252	315	249	311	249	311
185	2	434	542	378	472	356	444	347	434	347	434	343	428	343	428	339	423	339	423
	3	364	456	317	397	298	374	291	365	291	365	288	360	288	360	284	356	284	356
240	2	514	641	447	558	421	526	411	513	411	513	406	506	406	506	401	500	401	500
	3	430	538	374	468	353	441	344	430	344	430	340	425	340	425	335	420	335	420
300	2	593	741	516	645	486	608	474	593	474	593	468	585	468	585	463	578	463	578
	3	497	621	432	540	408	509	398	497	398	497	393	491	393	491	388	484	388	484

Fig. 6.12 - Cavi su passerelle posizionati su unico strato

Tab. 6.8 - PORTATA DEI CAVI MULTIPOLARI POSATI DISTANZIATI SU MENSOLE E PASSERELLE

SEZIONE [mm ²]	NUMERO COND. CARICATI	PORTATA (A)																	
		NUMERO DI CAVI MULTIPOLARI																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR		
1,5	2	22	26	19	23	18	21	17,5	21	17,5	21	17,5	21	17,5	21	17	20	17	20
	3	18,5	23	16	20	15	19	15	18,5	15	18,5	14,5	18	14,5	18	14,5	18	14,5	18
2,5	2	30	36	26	31	25	30	24	29	24	29	24	28	24	28	23	28	23	28
	3	25	32	22	28	21	26	20	26	10	26	20	25	20	25	19,5	25	19,5	25
4	2	40	49	35	43	33	40	32	39	32	39	32	39	32	39	31	38	31	38
	3	34	42	30	37	28	34	27	34	27	34	27	33	27	33	27	33	27	33
6	2	51	63	44	55	42	52	41	50	41	50	40	50	40	50	40	49	40	49
	3	43	54	37	47	35	44	34	43	34	43	34	43	34	43	34	42	34	42
10	2	70	86	61	75	57	71	56	69	56	69	55	68	55	68	55	67	55	67
	3	60	75	52	65	49	62	48	60	48	60	47	59	47	59	47	59	47	59
16	2	94	115	82	100	77	94	75	92	75	92	74	91	74	91	73	90	73	90
	3	80	100	70	87	66	82	64	80	64	80	63	79	63	79	62	78	62	78
25	2	119	149	104	130	98	122	95	119	95	119	94	118	94	118	93	116	93	116
	3	101	127	88	110	83	104	81	102	81	102	80	100	80	100	79	99	79	99
35	2	148	185	129	161	121	152	118	148	118	148	117	146	117	146	115	144	115	144
	3	126	158	110	137	103	130	101	126	101	126	100	125	100	125	98	123	98	123
50	2	180	225	157	196	148	185	144	180	144	180	142	178	142	178	140	176	140	176
	3	153	192	133	167	125	157	122	154	122	154	121	152	121	152	119	150	119	150
70	2	232	289	202	251	190	237	186	231	186	231	183	228	183	228	181	225	181	225
	3	196	246	171	214	161	202	157	197	157	197	155	194	155	194	153	192	153	192
95	2	282	352	245	306	231	289	226	282	226	282	223	278	223	278	220	275	220	275
	3	238	298	207	259	195	244	190	238	190	238	188	235	188	235	186	232	186	232
120	2	328	410	285	357	269	336	262	328	262	328	259	324	259	324	256	320	256	320
	3	276	346	240	301	226	284	221	277	221	277	218	273	218	273	215	270	215	270
150	2	379	473	330	412	311	388	303	378	303	378	299	374	299	374	296	369	296	369
	3	319	399	278	347	262	327	255	319	255	319	252	315	252	315	249	311	249	311
185	2	434	542	378	472	356	444	347	434	347	434	343	428	343	428	339	423	339	423
	3	364	456	317	397	298	374	291	365	291	365	288	360	288	360	284	356	284	356
240	2	514	641	447	558	421	526	411	513	411	513	406	506	406	506	401	500	401	500
	3	430	538	374	468	353	441	344	430	344	430	340	425	340	425	335	420	335	420
300	2	593	741	516	645	486	608	474	593	474	593	468	585	468	585	463	578	463	578
	3	497	621	432	540	408	509	398	497	398	497	393	491	393	491	388	484	388	484

6.5 - Cavi distanziati su passerelle

Cavi in aria libera distanziati posti su passerelle perforate, su mensole o su altri supporti che non impediscono la libera circolazione dell'aria tutt'attorno ai cavi (Fig. 6.13).

Due cavi si intendono distanziati quando la distanza fra loro supera il doppio del diametro esterno del cavo di sezione superiore; la distanza da pareti non deve essere inferiore al 30% del diametro del cavo.

Tab. 6.8 - PORTATA DEI CAVI MULTIPOLARI POSATI DISTANZIATI SU MENSOLE E PASSERELLE

SEZIONE [mm ²]	NUMERO COND. CARICATI	PORTATA (A)																	
		NUMERO DI CAVI MULTIPOLARI																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR		
1,5	2	22	26	19	23	18	21	17,5	21	17,5	21	17,5	21	17,5	21	17	20	17	20
	3	18,5	23	16	20	15	19	15	18,5	15	18,5	14,5	18	14,5	18	14,5	18	14,5	18
2,5	2	30	36	26	31	25	30	24	29	24	29	24	28	24	28	23	28	23	28
	3	25	32	22	28	21	26	20	26	10	26	20	25	20	25	19,5	25	19,5	25
4	2	40	49	35	43	33	40	32	39	32	39	32	39	32	39	31	38	31	38
	3	34	42	30	37	28	34	27	34	27	34	27	33	27	33	27	33	27	33
6	2	51	63	44	55	42	52	41	50	41	50	40	50	40	50	40	49	40	49
	3	43	54	37	47	35	44	34	43	34	43	34	43	34	43	34	42	34	42
10	2	70	86	61	75	57	71	56	69	56	69	55	68	55	68	55	67	55	67
	3	60	75	52	65	49	62	48	60	48	60	47	59	47	59	47	59	47	59
16	2	94	115	82	100	77	94	75	92	75	92	74	91	74	91	73	90	73	90
	3	80	100	70	87	66	82	64	80	64	80	63	79	63	79	62	78	62	78
25	2	119	149	104	130	98	122	95	119	95	119	94	118	94	118	93	116	93	116
	3	101	127	88	110	83	104	81	102	81	102	80	100	80	100	79	99	79	99
35	2	148	185	129	161	121	152	118	148	118	148	117	146	117	146	115	144	115	144
	3	126	158	110	137	103	130	101	126	101	126	100	125	100	125	98	123	98	123
50	2	180	225	157	196	148	185	144	180	144	180	142	178	142	178	140	176	140	176
	3	153	192	133	167	125	157	122	154	122	154	121	152	121	152	119	150	119	150
70	2	232	289	202	251	190	237	186	231	186	231	183	228	183	228	181	225	181	225
	3	196	246	171	214	161	202	157	197	157	197	155	194	155	194	153	192	153	192
95	2	282	352	245	306	231	289	226	282	226	282	223	278	223	278	220	275	220	275
	3	238	298	207	259	195	244	190	238	190	238	188	235	188	235	186	232	186	232
120	2	328	410	285	357	269	336	262	328	262	328	259	324	259	324	256	320	256	320
	3	276	346	240	301	226	284	221	277	221	277	218	273	218	273	215	270	215	270
150	2	379	473	330	412	311	388	303	378	303	378	299	374	299	374	296	369	296	369
	3	319	399	278	347	262	327	255	319	255	319	252	315	252	315	249	311	249	311
185	2	434	542	378	472	356	444	347	434	347	434	343	428	343	428	339	423	339	423
	3	364	456	317	397	298	374	291	365	291	365	288	360	288	360	284	356	284	356
240	2	514	641	447	558	421	526	411	513	411	513	406	506	406	506	401	500	401	500
	3	430	538	374	468	353	441	344	430	344	430	340	425	340	425	335	420	335	420
300	2	593	741	516	645	486	608	474	593	474	593	468	585	468	585	463	578	463	578
	3	497	621	432	540	408	509	398	497	398	497	393	491	393	491	388	484	388	484

Fig. 6.13 - Cavi su passerelle posizionati su unico strato

Tab. 6.8 - PORTATA DEI CAVI MULTIPOLARI POSATI DISTANZIATI SU MENSOLE E PASSERELLE

SEZIONE [mm ²]	NUMERO COND. CARICATI	PORTATA (A)																	
		NUMERO DI CAVI MULTIPOLARI																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR		
1,5	2	22	26	19	23	18	21	17,5	21	17,5	21	17,5	21	17,5	21	17	20	17	20
	3	18,5	23	16	20	15	19	15	18,5	15	18,5	14,5	18	14,5	18	14,5	18	14,5	18
2,5	2	30	36	26	31	25	30	24	29	24	29	24	28	24	28	23	28	23	28
	3	25	32	22	28	21	26	20	26	10	26	20	25	20	25	19,5	25	19,5	25
4	2	40	49	35	43	33	40	32	39	32	39	32	39	32	39	31	38	31	38
	3	34	42	30	37	28	34	27	34	27	34	27	33	27	33	27	33	27	33
6	2	51	63	44	55	42	52	41	50	41	50	40	50	40	50	40	49	40	49
	3	43	54	37	47	35	44	34	43	34	43	34	43	34	43	34	42	34	42
10	2	70	86	61	75	57	71	56	69	56	69	55	68	55	68	55	67	55	67
	3	60	75	52	65	49	62	48	60	48	60	47	59	47	59	47	59	47	59
16	2	94	115	82	100	77	94	75	92	75	92	74	91	74	91	73	90	73	90
	3	80	100	70	87	66	82	64	80	64	80	63	79	63	79	62	78	62	78
25	2	119	149	104	130	98	122	95	119	95	119	94	118	94	118	93	116	93	116
	3	101	127	88	110	83	104	81	102	81	102	80	100	80	100	79	99	79	99
35	2	148	185	129	161	121	152	118	148	118	148	117	146	117	146	115	144	115	144
	3	126	158	110	137	103	130	101	126	101	126	100	125	100	125	98	123	98	123
50	2	180	225	157	196	148	185	144	180	144	180	142	178	142	178	140	176	140	176
	3	153	192	133	167	125	157	122	154	122	154	121	152	121	152	119	150	119	150
70	2	232	289	202	251	190	237	186	231	186	231	183	228	183	228	181	225	181	225
	3	196	246	171	214	161	202	157	197	157	197	155	194	155	194	153	192	153	192
95	2	282	352	245	306	231	289	226	282	226	282	223	278	223	278	220	275	220	275
	3	238	298	207	259	195	244	190	238	190	238	188	235	188	235	186	232	186	232
120	2	328	410	285	357	269	336	262	328	262	328	259	324	259	324	256	320	256	320
	3	276	346	240	301	226	284	221	277	221	277	218	273	218	273	215	270	215	270
150	2	379	473	330	412	311	388	303	378	303	378	299	374	299	374	296	369	296	369
	3	319	399	278	347	262	327	255	319	255	319	252	315	252	315	249	311	249	311
185	2	434	542	378	472	356	444	347	434	347	434	343	428	343	428	339	423	339	423
	3	364	456	317	397	298	374	291	365	291	365	288	360	288	360	284	356	284	356
240	2	514	641	447	558	421	526	411	513	411	513	406	506	406	506	401	500	401	500
	3	430	538	374	468	353	441	344	430	344	430	340	425	340	425	335	420	335	420
300	2	593	741	516	645	486	608	474	593	474	593	468	585	468	585	463	578	463	578
	3	497	621	432	540	408	509	398	497	398	497	393	491	393	491	388	484	388	484

6.6 - Cavi interrati

Questo tipo di posa non è per ora considerato dalle tabelle CEI UNEL e perciò in Tab. 6.9 si fa riferimento alle portate indicate nella Pubblicazione IEC 364-5.

TAB. 6.9 - PORTATA DEI CAVI POSA INTERRATA							
SEZIONE [mm ²]	NUMERO COND. CARICATI	PORTATA (A)					
		UNIPOLARI IN TUBI INTERRATI A CONTATTO		UNIPOLARI IN TUBO INTERRATO		MULTIPOLARI IN TUBO INTERRATO	
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	22	26	21	24	19	23
	3	20	23	18	21	16	19
2,5	2	29	34	27	32	25	30
	3	26	31	23	27	21	25
4	2	38	44	36	41	33	39
	3	34	40	30	35	28	32
6	2	47	54	45	52	41	49
	3	43	49	38	44	35	41
10	2	63	73	61	70	56	66
	3	57	67	51	59	47	55
16	2	82	95	78	91	73	86
	3	74	85	66	77	61	72
25	2	105	122	101	118	94	111
	3	95	110	86	100	79	93
35	2	127	148	123	144	115	136
	3	115	133	104	121	97	114
50	2	157	182	153	178	143	168
	3	141	163	129	150	120	141
70	2	191	222	187	218	175	207
	3	171	198	158	184	148	174
95	2	225	261	222	258	206	245
	3	201	233	187	217	175	206
120	2	259	301	256	298	240	284
	3	231	268	216	251	202	238
150	2	294	343	292	340	273	324
	3	262	304	248	287	231	272
185	2	330	385	328	383	307	364
	3	293	340	277	323	259	306
240	2	386	450	385	450	360	428
	3	342	397	325	379	304	360

Fig. 6.14 - Cavi interrati

Tab. 6.9 - PORTATA DEI CAVI POSA INTERRATA							
SEZIONE [mm ²]	NUMERO COND. CARICATI	PORTATA (A)					
		UNIPOLARI IN TUBI INTERRATI A CONTATTO		UNIPOLARI IN TUBO INTERRATO		MULTIPOLARI IN TUBO INTERRATO	
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	22	26	21	24	19	23
	3	20	23	18	21	16	19
2,5	2	29	34	27	32	25	30
	3	26	31	23	27	21	25
4	2	38	44	36	41	33	39
	3	34	40	30	35	28	32
6	2	47	54	45	52	41	49
	3	43	49	38	44	35	41
10	2	63	73	61	70	56	66
	3	57	67	51	59	47	55
16	2	82	95	78	91	73	86
	3	74	85	66	77	61	72
25	2	105	122	101	118	94	111
	3	95	110	86	100	79	93
35	2	127	148	123	144	115	136
	3	115	133	104	121	97	114
50	2	157	182	153	178	143	168
	3	141	163	129	150	120	141
70	2	191	222	187	218	175	207
	3	171	198	158	184	148	174
95	2	225	261	222	258	206	245
	3	201	233	187	217	175	206
120	2	259	301	256	298	240	284
	3	231	268	216	251	202	238
150	2	294	343	292	340	273	324
	3	262	304	248	287	231	272
185	2	330	385	328	383	307	364
	3	293	340	277	323	259	306
240	2	386	450	385	450	360	428
	3	342	397	325	379	304	360

7.0 - REQUISITI PARTICOLARI

7.1 - Propagazione del fuoco lungo i cavi

I cavi in aria installati singolarmente, cioè distanziati tra loro di almeno 250 mm, devono rispondere alla prova di non propagazione della fiamma prevista dalla Norma CEI 20-35.

Quando i cavi sono raggruppati in ambiente chiuso in cui sia da contenere il pericolo di propagazione di un eventuale incendio, devono essere conformi alla Norma CEI 20-22.

7.2 - Provvedimenti contro il fumo

Nel caso di installazione di notevoli quantità di cavi in ambienti chiusi, frequentati dal pubblico e di difficile e lenta evacuazione, devono essere adottati sistemi di posa atti ad impedire il dilagare del fumo negli ambienti stessi o, in alternativa, cavi a bassa emissione di fumo come prescritto dalle Norme CEI 20-37 e 20-38.

7.3 - Problemi connessi allo sviluppo di gas tossici e corrosivi

Se i cavi sono installati in ambienti chiusi frequentati dal pubblico, oppure si trovano a coesistere in ambienti chiusi con apparecchiature particolarmente vulnerabili da agenti corrosivi, deve essere tenuto presente il pericolo che i cavi, bruciando, sviluppino gas tossici o corrosivi.

Ove tale pericolo sussista occorre fare ricorso all'impiego di cavi aventi la caratteristica di non sviluppare gas tossici e corrosivi (Norma CEI 20-37 e 20-38).

7.4 - Colori distintivi dei cavi

I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle tabelle CEI-UNEL 00722 e 00712.

In particolare:

- i conduttori di neutro e di protezione devono essere contraddistinti rispettivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde.
- i conduttori di fase, devono essere contraddistinti in modo univoco, in tutto l'impianto, dai colori: nero, grigio cenere, marrone.

8.0 – Sezioni minime ammesse e cadute di tensioni nei cavi

Le sezioni dei conduttori devono essere calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti; la caduta di tensione non deve superare il 4% della tensione a vuoto.

Le sezioni, scelte tra quelle unificate nelle tabelle CEI-UNEL, devono garantire la portata di corrente prevista, per i diversi circuiti.

In ogni caso le sezioni minime dei conduttori in rame sono:

- 0,1 mm² per circuiti di comando e di segnalazione ad installazione fissa destinati ad apparecchiature elettroniche;
- 0,5 mm² per circuiti di segnalazione e telecomando;
- 1,5 mm² per illuminazione di base, derivazione per prese a spina per apparecchi con potenza unitaria non superiore a 2,2 kW;
- 2,5 mm² per utilizzatori con potenza unitaria compresa tra 2,2 e 3,6 kW;
- 4 mm² per montanti singoli e linee che alimentano singoli apparecchi utilizzatori con potenza nominale superiore a 3,6 kW.

Per la verifica delle cadute di tensione massime ammissibili viene riportata nel seguito la Tab. 6.10 ricavata dalla tabella UNEL 35023-70.

$$\Delta V = k \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Tab. 6.10 Cadute di tensione massime ammissibili per cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico aventi grado di isolamento non superiore a 4

8.1 - Note:

(1) La temperatura di riferimento assunta è di 80 °C.

I valori della tabella sono applicabili, con sufficiente approssimazione, per tutti i cavi per energia, rigidi, semirigidi, o flessibili isolati con le varie qualità di gomma o di materiale termoplastico, aventi temperature caratteristiche fino a 85 °C.

(2) Per avere la caduta di tensione espressa in volt occorre moltiplicare i valori in tabella per la corrente, in ampere, e per la lunghezza della linea in metri, e quindi dividere per 1000.

(3) La caduta di tensione dev'essere calcolata con i seguenti riferimenti:

- tra fase e neutro in caso di corrente alternata monofase
- tra fase e fase nel caso di corrente alternata trifase.

(4) Nei casi in cui i valori di (cos) sono diversi da quelli previsti nella tabella, si può utilizzare la seguente (ϕ) formula per il calcolo della caduta di tensione:

$$\Delta V = k \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

dove:

ΔV = caduta di tensione per valori unitari di corrente e lunghezza

k = coefficiente (1 = per linee monofasi, 1,73 = per linee trifasi)

R = resistenza unitaria del cavo

X = reattanza unitaria del cavo

φ = fattore di potenza.

Il valore (ΔV) deve essere moltiplicato per la corrente, per la lunghezza della linea e diviso per 1000.

8.2 - Sezione minima dei conduttori di neutro

La sezione dei conduttori di terra e protezione, può essere dedotta dalla Tab. 6.11.

Se dall'applicazione della tabella risultasse una sezione non unificata occorrerà adottare il conduttore avente sezione unificata in eccesso rispetto al valore calcolato.

SEZIONE S_f (mm ²) DEI CONDUTTORI DI FASE DELL'IMPIANTO	SEZIONE S_p (mm ²) DEL CORRISPONDENTE CONDUTTORE DI PROTEZIONE
$S_f \leq 16$	$S_p = S_f$
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_p = S_f / 2$

Tab. 6.11 - Sezione dei conduttori di terra e protezione

8.3 - Sezione minima del conduttore di terra

Se il conduttore di protezione non facesse parte della stessa condotta dei conduttori di fase, la sua sezione non dovrà essere minore di:

- 2,5 mm² in presenza di una protezione meccanica
- 4 mm² se non vi è alcuna protezione meccanica.

La sezione del conduttore di terra deve essere calcolata sulla base dei criteri indicati all'art. 543.1 della Norma CEI 64-8.

Tale sezione può essere ricavata dalla Tab. 6.12 che indica i valori minimi ammessi.

CARATTERISTICA DI POSA DEL CONDUTTORE		
	MATERIALE	SEZIONE MINIMA (mm ²)
Protetto contro la corrosione, ma non meccanicamente	Rame	16
	Ferro	16
Non protetto contro la corrosione	Rame	25
	Ferro	50

Tab. 6.12 - Sezioni minime dei conduttori di terra

9.0 - Conduttori equipotenziali

I conduttori equipotenziali devono essere conformi alle prescrizioni contenute nella sezione 708 della Norma CEI 64-8, che qui vengono sinteticamente riassunte:

9.1 - Sezioni minime dei conduttori equipotenziali principali

1) Detta (**Se**) la sezione del conduttore equipotenziale dev'essere:

$$S_p/2 \text{ dove } (S_p) \text{ è la sezione del } S_e \geq \text{conduttore di protezione principale.}$$

2) Il valore minimo della sezione (**Se**) dev'essere di 6 mm².

3) Se il conduttore equipotenziale è in rame non è richiesta una sezione S_e maggiore di 25 mm².

4) Se il conduttore equipotenziale è di altro materiale la sezione può non superare la sezione equivalente di quella del conduttore di rame di cui al precedente punto 3.

9.2 - Sezioni minime dei conduttori equipotenziali supplementari

Un conduttore equipotenziale supplementare che connette due masse deve avere sezione non inferiore a quella del conduttore di protezione di sezione minore.

Un conduttore equipotenziale supplementare che connette una massa a masse estranee deve avere sezione non inferiore a metà della sezione del corrispondente conduttore di protezione.

Un conduttore equipotenziale che connette fra di loro due masse estranee, o che connette una massa estranea all'impianto di terra, deve avere sezione non inferiore a 2,5 mm² se è prevista una protezione meccanica, 4 mm² se non è prevista una protezione meccanica.

Nel caso si utilizzino masse estranee per assicurare il collegamento equipotenziale supplementare, devono essere soddisfatte le prescrizioni indicate all'articolo 543.2.4 della Norma CEI 64-8.

10.0 – Caduta di tensione nei cavi

Si definisce “*caduta di tensione*” la differenza fra il valore della tensione nel punto di alimentazione (origine) e quello nel punto di utilizzazione dell'energia elettrica.

10-1 - Definizione e metodi di calcolo

È noto come una tensione troppo bassa ai morsetti dell'utenza, costituisce un elemento negativo per il buon funzionamento dell'impianto poiché a parità di potenza erogata, una tensione inferiore alla nominale provoca un aumento della corrente assorbita con conseguente riscaldamento dei conduttori delle apparecchiature alimentate.

Nella Norma CEI 64-8 troviamo una raccomandazione volta a contenere la c.d.t ai morsetti dell'utilizzatore entro il limite del 4% della tensione nominale.

Il motivo è che i motori elettrici sono costruiti per funzionare in servizio normale, con una variazione di tensione non superiore al ± 5 % del valore nominale.

Un abbassamento eccessivo di tensione causa sicuramente:

- problemi per le utenze più sensibili;
- un aumento del tempo di avviamento dei motori.

Poiché la coppia motrice di un motore asincrono trifase varia in funzione del quadrato della tensione, ne consegue che è importante contenere il valore della caduta di tensione entro il 10% nella fase di avviamento del motore.

Inoltre tale inconveniente è anche sinonimo di perdite poiché la potenza dissipata è proporzionale al quadrato della corrente.

Nella tabella sono contenuti i valori della resistenza e della reattanza dei cavi unificati dedotti dalla tabella UNEL CEI 35023-70.

10.2 - Valore della caduta di tensione

Il valore della caduta di tensione può essere calcolato mediante la formula classica:

$$(1) \quad \Delta u \% = \frac{\Delta U}{U_n} 100$$

volendo il valore percentuale si avrà:

$$(2) \quad \Delta u \% = \frac{\Delta U}{U_n} 100$$

dove:

I_B è la corrente assorbita dall'utenza in A

K è un fattore di tensione pari a 2 nei sistemi monofasi e bifasi e a 1,73 nei sistemi trifasi

L è la lunghezza della linea in km

R è la resistenza di un chilometro di cavo (Ω/km)

X è la reattanza di un km di cavo (Ω/km)

U_n è la tensione nominale dell'impianto in V

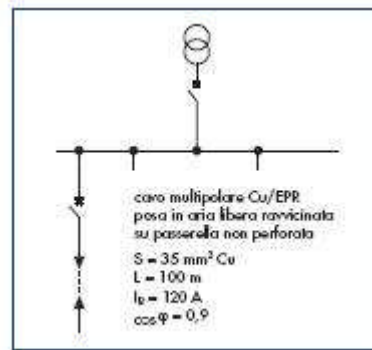
Cos φ è il fattore di potenza del carico.

Note

(1) Materiale conduttore: rame, temperatura di riferimento 80°C

10.3 - Esempio di calcolo

Si voglia verificare la caduta di tensione dell'utenza rappresentata in figura,



avente i seguenti dati:

Sezione del cavo 35 mm²

Lunghezza 100 m

Corrente assorbita dall'utenza 120 A

Tensione nominale dell'impianto 400 V

Caduta di tensione massima ammessa 3 %

Fattore di potenza 0,9

Dalla tabella rileviamo per un cavo tripolare da 35 mm²

r = 0,654

x = 0,0783

Applicando la formula (1) si ottiene:

$$\Delta U = 1,73 \cdot 120 \cdot 0,1 \cdot (0,654 \cdot 0,9 + 0,0783 \cdot 0,436) = 12,923 \text{ V}$$

Ed applicando la formula (2) si avrà una: $\Delta U \% = 3,23 \%$

Volendo rientrare nella massima ΔU ammessa del 3 % occorre aumentare la sezione del cavo.

Ripetendo i calcoli con un cavo di sezione 50 mm² i cui dati sono:

r = 0,483

x = 0,0779

applicando la formula (1) si otterrà una: $\Delta U = 9,74 \text{ V}$

applicando la formula (2) si otterrà una: $\Delta U \% = 2,43 \%$

La caduta di tensione risulta inferiore al valore imposto (3 %) pertanto la scelta della sezione del cavo è corretta.

10.4 - Calcolo della caduta di tensione per diversi valori di cos φ.

Con l'ausilio delle tabelle che seguono è possibile ricavare la $\Delta U \%$ per valori diversi del fattore di potenza considerando:

- La tensione nominale 400 V
- La lunghezza del cavo 100 m
- Il sistema di distribuzione sia trifase
- I cavi conformi alle tabelle UNEL 35023-70.

La caduta di tensione percentuale effettiva della conduttura si ottiene nel seguente modo:

$$\Delta U \% \text{ eff} = \Delta U \% \text{ tab.} \cdot x \cdot (L/100) \cdot (I_b/I_b \text{ Tab.})$$

dove:

L è la lunghezza della linea in metri

I_B è la reale corrente di impiego della linea

$I_{B \text{ tab}}$ è il valore della prima colonna della tabella immediatamente superiore al valore di I_B .

$\Delta U\%_{\text{tab}}$ è il valore della caduta di tensione percentuale fornito dalla tabella in corrispondenza a $I_{B \text{ tab}}$

10.5 - Note:

Nel caso di distribuzione monofase occorre moltiplicare il valore della tabella per 2

La tabella relativa al ($\cos \varphi = 0,35$) è riferita all'alimentazione di un motore elettrico.

Il calcolo della ΔU è considerato nella fase di avviamento del motore supponendo che ($I_{B \text{ eff}}$) sia uguale alla corrente di avviamento pari a $5 \times I_B$.

Se il circuito è composto da più conduttori in parallelo per fase occorre considerare il valore $\Delta U \%$ in corrispondenza della sezione del singolo conduttore, ad una corrente pari a I_B / n° di conduttori in parallelo.

sez. [mm ²]	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
I_B [A]																
4	2,07	1,25	0,79	0,53	0,32	0,21	0,13									
6	3,10	1,88	1,18	0,79	0,48	0,31	0,20	0,15	0,11							
10	5,17	3,13	1,97	1,32	0,81	0,52	0,34	0,25	0,19	0,14	0,11					
16	8,27	5,00	3,15	2,11	1,29	0,83	0,54	0,40	0,30	0,22	0,17	0,14	0,12	0,11		
20	10,34	6,25	3,93	2,64	1,61	1,04	0,67	0,50	0,38	0,28	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	
25	12,93	7,82	4,92	3,30	2,02	1,29	0,84	0,62	0,48	0,35	0,27	0,22	0,19	0,17	0,14	0,12
32		10,01	6,29	4,22	2,58	1,66	1,07	0,79	0,61	0,44	0,34	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16
40			7,87	5,28	3,23	2,07	1,34	0,99	0,76	0,55	0,43	0,36	0,31	0,26	0,22	0,20
50			9,83	6,60	4,03	2,59	1,68	1,24	0,95	0,69	0,54	0,45	0,39	0,33	0,28	0,25
63				8,32	5,08	3,26	2,11	1,56	1,20	0,87	0,67	0,56	0,49	0,42	0,35	0,31
80				10,56	6,46	4,14	2,68	1,99	1,52	1,11	0,86	0,72	0,62	0,53	0,45	0,40
90					7,26	4,66	3,02	2,23	1,71	1,25	0,96	0,81	0,69	0,60	0,50	0,45
100					8,07	5,18	3,35	2,48	1,90	1,39	1,07	0,90	0,77	0,66	0,56	0,50
125						6,47	4,19	3,10	2,38	1,73	1,34	1,12	0,96	0,83	0,70	0,62
150						7,76	5,03	3,72	2,85	2,08	1,61	1,34	1,16	0,99	0,84	0,74
175						9,06	5,87	4,35	3,33	2,43	1,87	1,57	1,35	1,16	0,98	0,87
200						10,35	6,71	4,97	3,80	2,77	2,14	1,79	1,54	1,332	1,12	0,99
225							7,55	5,59	4,28	3,12	2,41	2,01	1,73	1,49	1,26	1,12
250								6,21	4,75	3,47	2,68	2,24	1,93	1,65	1,40	1,24
275									5,23	3,81	2,94	2,46	2,12	1,82	1,54	1,36
300										4,16	3,21	2,69	2,31	1,99	1,68	1,49
325											3,48	2,91	2,51	2,15	1,82	1,61
350												3,13	2,70	2,32	1,96	1,74
375													2,89	2,48	2,10	1,86
400														2,65	2,24	1,98
450															2,52	2,23
500																2,48

Tab. 6.14 - Caduta di tensione % a ($\cos \varphi = 0,8$) per 100 m di cavo

sez. [mm ²]	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
4	2,07	1,25	0,79	0,53	0,32	0,21	0,13									
6	3,10	1,88	1,18	0,79	0,48	0,31	0,20	0,15	0,11							
10	5,17	3,13	1,97	1,32	0,81	0,52	0,34	0,25	0,19	0,14	0,11					
16	8,27	5,00	3,15	2,11	1,29	0,83	0,54	0,40	0,30	0,22	0,17	0,14	0,12	0,11		
20	10,34	6,25	3,93	2,64	1,61	1,04	0,67	0,50	0,38	0,28	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	
25	12,93	7,82	4,92	3,30	2,02	1,29	0,84	0,62	0,48	0,35	0,27	0,22	0,19	0,17	0,14	0,12
32		10,01	6,29	4,22	2,58	1,66	1,07	0,79	0,61	0,44	0,34	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16
40			7,87	5,28	3,23	2,07	1,34	0,99	0,76	0,55	0,43	0,36	0,31	0,26	0,22	0,20
50			9,83	6,60	4,03	2,59	1,68	1,24	0,95	0,69	0,54	0,45	0,39	0,33	0,28	0,25
63				8,32	5,08	3,26	2,11	1,56	1,20	0,87	0,67	0,56	0,49	0,42	0,35	0,31
80				10,56	6,46	4,14	2,68	1,99	1,52	1,11	0,86	0,72	0,62	0,53	0,45	0,40
90					7,26	4,66	3,02	2,23	1,71	1,25	0,96	0,81	0,69	0,60	0,50	0,45
100					8,07	5,18	3,35	2,48	1,90	1,39	1,07	0,90	0,77	0,66	0,56	0,50
125					6,47	4,19	3,10	2,30	1,73	1,34	1,12	0,96	0,83	0,70	0,62	
150					7,76	5,03	3,72	2,85	2,08	1,61	1,34	1,16	0,99	0,84	0,74	
175					9,06	5,87	4,35	3,33	2,43	1,87	1,57	1,35	1,16	0,98	0,87	
200					10,35	6,71	4,97	3,80	2,77	2,14	1,79	1,54	1,332	1,12	0,99	
225						7,55	5,59	4,28	3,12	2,41	2,01	1,73	1,49	1,26	1,12	
250							6,21	4,75	3,47	2,68	2,24	1,93	1,65	1,40	1,24	
275								5,23	3,81	2,94	2,46	2,12	1,82	1,54	1,36	
300									4,16	3,21	2,69	2,31	1,99	1,68	1,49	
325										3,48	2,91	2,51	2,15	1,82	1,61	
350											3,13	2,70	2,32	1,96	1,74	
375												2,89	2,48	2,10	1,86	
400													2,65	2,24	1,98	
450														2,52	2,23	
500															2,48	

Tab. 6.15 - Caduta di tensione % a (cos φ= 0,85) per 100 m di cavo

sez. [mm ²]	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
4	2,07	1,25	0,79	0,53	0,32	0,21	0,13									
6	3,10	1,88	1,18	0,79	0,48	0,31	0,20	0,15	0,11							
10	5,17	3,13	1,97	1,32	0,81	0,52	0,34	0,25	0,19	0,14	0,11					
16	8,27	5,00	3,15	2,11	1,29	0,83	0,54	0,40	0,30	0,22	0,17	0,14	0,12	0,11		
20	10,34	6,25	3,93	2,64	1,61	1,04	0,67	0,50	0,38	0,28	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	
25	12,93	7,82	4,92	3,30	2,02	1,29	0,84	0,62	0,48	0,35	0,27	0,22	0,19	0,17	0,14	0,12
32		10,01	6,29	4,22	2,58	1,66	1,07	0,79	0,61	0,44	0,34	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16
40			7,87	5,28	3,23	2,07	1,34	0,99	0,76	0,55	0,43	0,36	0,31	0,26	0,22	0,20
50			9,83	6,60	4,03	2,59	1,68	1,24	0,95	0,69	0,54	0,45	0,39	0,33	0,28	0,25
63				8,32	5,08	3,26	2,11	1,56	1,20	0,87	0,67	0,56	0,49	0,42	0,35	0,31
80				10,56	6,46	4,14	2,68	1,99	1,52	1,11	0,86	0,72	0,62	0,53	0,45	0,40
90					7,26	4,66	3,02	2,23	1,71	1,25	0,96	0,81	0,69	0,60	0,50	0,45
100					8,07	5,18	3,35	2,48	1,90	1,39	1,07	0,90	0,77	0,66	0,56	0,50
125					6,47	4,19	3,10	2,30	1,73	1,34	1,12	0,96	0,83	0,70	0,62	
150					7,76	5,03	3,72	2,85	2,08	1,61	1,34	1,16	0,99	0,84	0,74	
175					9,06	5,87	4,35	3,33	2,43	1,87	1,57	1,35	1,16	0,98	0,87	
200					10,35	6,71	4,97	3,80	2,77	2,14	1,79	1,54	1,332	1,12	0,99	
225						7,55	5,59	4,28	3,12	2,41	2,01	1,73	1,49	1,26	1,12	
250							6,21	4,75	3,47	2,68	2,24	1,93	1,65	1,40	1,24	
275								5,23	3,81	2,94	2,46	2,12	1,82	1,54	1,36	
300									4,16	3,21	2,69	2,31	1,99	1,68	1,49	
325										3,48	2,91	2,51	2,15	1,82	1,61	
350											3,13	2,70	2,32	1,96	1,74	
375												2,89	2,48	2,10	1,86	
400													2,65	2,24	1,98	
450														2,52	2,23	
500															2,48	

Tab. 6.16 - Caduta di tensione % a (cos φ = 0,9) per 100 m di cavo

sez. [mm ²]	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
4	2,07	1,25	0,79	0,53	0,32	0,21	0,13									
6	3,10	1,88	1,18	0,79	0,48	0,31	0,20	0,15	0,11							
10	5,17	3,13	1,97	1,32	0,81	0,52	0,34	0,25	0,19	0,14	0,11					
16	8,27	5,00	3,15	2,11	1,29	0,83	0,54	0,40	0,30	0,22	0,17	0,14	0,12	0,11		
20	10,34	6,25	3,93	2,64	1,61	1,04	0,67	0,50	0,38	0,28	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	
25	12,93	7,82	4,92	3,30	2,02	1,29	0,84	0,62	0,48	0,35	0,27	0,22	0,19	0,17	0,14	0,12
32		10,01	6,29	4,22	2,58	1,66	1,07	0,79	0,61	0,44	0,34	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16
40			7,87	5,28	3,23	2,07	1,34	0,99	0,76	0,55	0,43	0,36	0,31	0,26	0,22	0,20
50			9,83	6,60	4,03	2,59	1,68	1,24	0,95	0,69	0,54	0,45	0,39	0,33	0,28	0,25
63				8,32	5,08	3,26	2,11	1,56	1,20	0,87	0,67	0,56	0,49	0,42	0,35	0,31
80				10,56	6,46	4,14	2,68	1,99	1,52	1,11	0,86	0,72	0,62	0,53	0,45	0,40
90					7,26	4,66	3,02	2,23	1,71	1,25	0,96	0,81	0,69	0,60	0,50	0,45
100					8,07	5,18	3,35	2,48	1,90	1,39	1,07	0,90	0,77	0,66	0,56	0,50
125						6,47	4,19	3,10	2,30	1,73	1,34	1,12	0,96	0,83	0,70	0,62
150						7,76	5,03	3,72	2,85	2,08	1,61	1,34	1,16	0,99	0,84	0,74
175						9,06	5,87	4,35	3,33	2,43	1,87	1,57	1,35	1,16	0,98	0,87
200						10,35	6,71	4,97	3,80	2,77	2,14	1,79	1,54	1,332	1,12	0,99
225							7,55	5,59	4,28	3,12	2,41	2,01	1,73	1,49	1,26	1,12
250								6,21	4,75	3,47	2,68	2,24	1,93	1,65	1,40	1,24
275									5,23	3,81	2,94	2,46	2,12	1,82	1,54	1,36
300										4,16	3,21	2,69	2,31	1,99	1,68	1,49
325											3,48	2,91	2,51	2,15	1,82	1,61
350												3,13	2,70	2,32	1,96	1,74
375													2,89	2,48	2,10	1,86
400														2,65	2,24	1,98
450															2,52	2,23
500																2,48

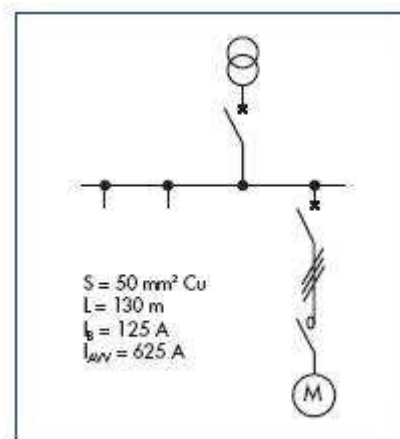
Tab. 6.17 - Caduta di tensione % a ($\cos \varphi = 0,35$) per 100 m di cavo

10.6 - Esempio

Con un cavo trifase in rame della sezione di 50 mm² e lunghezza 130 m (0,13 km) si alimenta un motore trifase (400 V) che assorbe:

125 A nominali con $\cos \varphi = 0,8$

625 A (pari a 5 In) in fase di avviamento con $\cos \varphi = 0,35$



La caduta di tensione sul quadro di alimentazione, per effetto di altri carichi, è di 3,5 V tra le fasi.

Si chiede la caduta di tensione percentuale ai morsetti del motore nel funzionamento normale ed in fase di avviamento.

Caduta di tensione in funzionamento normale

Dalla tabella della caduta di tensione a $\cos \varphi 0,8$ in corrispondenza della corrente di 125 A e della sezione 50 mm² troviamo = una c.d.v di 2,38 % per 100 m che diventa $(2,38 \times 1,3) = 3,094$ % riferita alla lunghezza reale del nostro cavo.

La caduta di tensione percentuale sul quadro è di:

$$\Delta U \% = (3,5/400) \times 100 = 0,875 \%$$

La c.d.v totale sarà quindi:

$$\Delta U_{TOT} \% = \Delta U \% \text{ cavo} + \Delta U \% \text{ quadro} = 3,094 + 0,875 = 3,97 \%$$

Il valore risulta inferiore a quello suggerito dalla norma e pertanto è accettabile.

Caduta di tensione in fase di avviamento

Dalla tabella della caduta di tensione a $\cos \varphi$ 0,35 (fase di avviamento) in corrispondenza della corrente di 125 A e della sezione di 50 mm² troviamo una c.d.v. del 7,04 % per 100 m di cavo con una corrente di avviamento pari a 5 I_n.

Quella corrispondente ad una lunghezza di 140 m sarà:

$$\Delta U \% = 7,04 \times 1,4 = 9,856 \%$$

Il valore calcolato risulta contenuto nel 10 % suggerito, pertanto si può ritenere accettabile.

In caso contrario è necessario aumentare la sezione del cavo.

Nota:

La verifica effettuata si considera normalmente accettabile a meno che il motore abbia una corrente nominale superiore al 30 % del totale dei carichi allacciati allo stesso quadro.

In quest'ultimo caso si rende necessaria la verifica della caduta di tensione sull'intero sistema di alimentazione.

Un ulteriore metodo veloce per calcolare le cadute di tensione nei cavi unipolari, bipolari e tripolari isolati in gomma o materiale termoplastico con grado superiore a 4 nei casi con fattore di potenza uguale a 1 o a 0,8 con è indicato nella Tab. 6.10.