

Capitolo 1

Scelta e dimensionamento delle linee di distribuzione

Un impianto è essenzialmente costituito dalle linee che collegano il punto di consegna dell'energia elettrica con gli apparecchi utilizzatori, permettendone il funzionamento. Tutte le altre componenti dell'impianto assolvono il compito di assicurare alle linee la possibilità di svolgere la loro funzione con sicurezza e con continuità. Nel seguito vengono esposti i criteri più comuni per stabilire il numero e il tipo più idonei di linee di alimentazione; inoltre vengono esposte le Norme che ne regolano le modalità di posa, le protezioni e il dimensionamento.

(1.1) Criterio di scelta del numero delle linee

Come vedremo più avanti tutte le linee devono essere protette da appositi dispositivi situati nei quadri di distribuzione; se una linea alimenta più carichi è evidente che in caso di disattivazione per intervento del dispositivo di protezione o per manutenzione, aggiunte o modifiche, tutti i carichi vengono messi fuori servizio; pertanto il criterio fondamentale di scelta del numero di linee che assicura la massima continuità del servizio è quello di alimentare ciascun carico con una propria linea. Con questa soluzione viene assicurata anche la massima sicurezza, per la possibilità di adottare le protezioni più idonee per ciascun tipo di carico ed evitare interferenze tra i vari carichi. Nella pratica è opportuno avvicinarsi il più possibile a questa soluzione teorica, compatibilmente con esigenze di spazio e di oneri economici.

Qui di seguito vengono esposti alcuni criteri pratici di scelta da adottarsi nel caso di attività comuni.

Normalmente vengono alimentate con proprie linee le seguenti utenze:

- uffici;
- centrali termiche e di condizionamento;
- computer;
- ascensori e montacarichi;
- macchine di potenza elevata destinate a non essere spostate per tutto il periodo di attività;
- servizi di sicurezza.

Per impianti elettrici di uffici e di unità abitative è consigliabile alimentare attraverso circuiti protetti e singolarmente sezionabili, facenti capo direttamente al quadro elettrico, almeno i seguenti circuiti utilizzatori:

- Illuminazione di base.
- Presa a spina da 10 A.
- Prese a spina da 16 A.
- Apparecchi utilizzatori con alimentazione diretta.
- Eventuale linea per l'alimentazione di utilizzatori con potenza maggiore di 3,6 KW.

Deve inoltre essere prevista una maggior suddivisione di circuiti ogni qualvolta si verificano le seguenti condizioni:

- Superficie abitabile maggiore di 150 m². Occorre prevedere più linee per l'illuminazione di base limitando a 150 m² la superficie dei locali interessati da una singola linea.
- Elevato numero di prese da 10 o 16 A. Occorre prevedere una linea ogni 15 prese.
- Elevato numero di apparecchi utilizzatori fissi (scaldacqua, lavatrici, lavastoviglie) che debbono funzionare contemporaneamente, assorbendo una potenza totale maggiore di 3,6 kW. Occorre, in questi casi, alimentare ciascun apparecchio utilizzatore con potenza unitaria maggiore di 2,2 KW direttamente dal quadro con una linea protetta.

(1.2) Dotazione elettrica

La dotazione elettrica e l'individuazione dei punti di utilizzazione all'interno dei singoli ambienti deve essere effettuata dal progettista dell'impianto sulla base delle indicazioni fornite dal Committente ed in funzione della tipologia dell'unità immobiliare.

Nelle tabelle 1.1 e 1.2 vengono suggerite alcune possibili soluzioni di dotazione elettrica negli uffici e nelle unità abitative.

Tab.1.1 - Dotazione elettrica standard negli uffici

	Ingresso	Ufficio	Corridoio	Bagno	Ripost.
Punto luce interrotto	1			1	1
Punto luce deviato		1	1		
Punto luce interrotto a parete				1	
Punto luce emergenza			1		
Punto presa 2x10 A + T	1	3	1	1	
Punto presa 2x10/16 A + T		3	1		1
Presa protetta contro sovratens.		2			
Punto presa telefono	1	1			
Collegamento scaldacqua				1	
Pulsante a tirante				1	
Inter. aut. diff. bip. 10 mA				1	
Citofono	1				
Suoneria	1				
Ronzatore	1				
Punto regolazione temp.		1			

Tab.1.2 - Dotazione elettrica standard in unità abitative

	Ingresso	Disimpegno corridoio	Soggiorno pranzo	Cucina	Camera doppia	Camera singola	Bagno	Bagno cieco	Ripost.
Punto luce interrotto			2	1			1	1	1
Punto luce deviato	1+	1+				1			
Punto luce interrotto a parete				1	2*	1*	1	1	
Punto luce invertito	1+	1+			1				
Punto luce emergenza		1							
Punto presa 2x10 A + T	1	1	2	3	4	3	1**	1	1
Punto presa 2x10 A + T prot. diff. IN = 10 mA							1		
Punto presa 2x10/16 A + T	1	1	3	5	2	2	1**	1	
Punto presa 2x10 A con prot. magnetotermica 10 A							1		
Punto presa TV			1		1	1			
Punto presa telefono	1		1		1	1			
Collegamento scaldacqua							1	1	
Pulsante a tirante							1	1	
Inter. automat. magnetot. bip.					2		1	1	
Inter. automat. differ. bipolare								1	
Citofono	1								
Videocitofono	1								
Aspirazione forzata					1			1	
Suoneria	1								
Ronzatore	1								
Punto regolazione temperatura			1		1				

Note: + in alternativa tra loro

* in alternativa alle prese 2x10 A + T

** presa bypass destinata all'alimentazione della lavatrice accoppiata ad un interruttore bipolare conforme alla Norma CEI EN 60669-1, corrente no-minale in 16 A provata con carichi resistivi ed induttivi.

(1.3) Calcolo della corrente d'impiego

Il valore efficace della corrente di impiego può essere calcolato conoscendo il valore efficace della tensione nominale V del sistema espresso in volt, la potenza totale P dei carichi che la linea deve alimentare espressa in watt e il fattore di potenza medio $\cos\phi$, attraverso la relazione

$$I_b = \frac{K_u \cdot P}{k \cdot V \cdot \cos\phi} \quad (1.1)$$

in cui k vale 1 nel caso di circuiti monofase oppure nel $\sqrt{3}$ caso di circuiti trifase e K_u è il coefficiente di utilizzazione, cioè un fattore di correzione che tiene conto di quanto effettivamente viene usato il carico rispetto alle sue potenzialità.

Se si tratta di linee non terminali, comunemente chiamate linee di distribuzione, nel senso che alimentano più linee derivate che potrebbero essere non tutte di tipo terminale, il fasore, il cui modulo è il valore efficace della I_b può essere calcolato come somma dei fasori dei valori efficaci delle correnti circolanti nelle linee derivate da quella in esame. Anche in questo caso può essere introdotto un fattore correttivo, un coefficiente di contemporaneità K_c , qualora le varie linee derivate non siano contemporaneamente utilizzate.

Si ottiene così:

$$\bar{I}_c = K_c \cdot \sum_j \bar{I}_{d,j} \quad (1.2)$$

Alcuni valori di tali coefficienti sono riportati nelle tabelle 1.3 e 1.4.

Tab.1.3 - Fattore di utilizzazione

Tipo di utilizzazione	K_u
Lampade	1
Motori da 0,5 a 2 kW	0,7
Motori da 2 a 10 kW	0,75
Motori oltre i 10 kW	0,8
Forni a resistenza	1
Raddrizzatori	1
Saldatrici	tra 0,7 e 1
Macchine utensili, trasportatori	tra 0,6 e 0,8
Ascensori, impianti di sollevamento	tra 0,8 e 1
Pompe, ventilatori	1

Tab.1.4 - Fattore di contemporaneità

Tipo di utilizzazione	Numero	K_c
Motori da 0,5 a 2 kW	fino a 10	0,6
	oltre 10	0,5
Motori da 2,5 a 10 kW	fino a 10	0,7
	oltre 10	0,45
Motori da 10 a 30 kW	fino a 5	0,8
	Oltre 10	0,65
Motori oltre 30 kW	fino a 2	0,9
	Oltre 10	0,7
Raddrizzatori	fino a 10	0,8
Ascensori e montacarichi	fino a 4	0,75
	oltre 10	0,6
Illuminazione	qualsiasi	0,8
Pompe	qualsiasi	0,9
Ventilatori	qualsiasi	1

(1.4) Scelta del conduttore in funzione della portata

Per dimensionare il conduttore in funzione della sua portata occorrerà scegliere la sua sezione in modo tale che la portata I_z che ne deriva, cioè il valore efficace della massima corrente che vi può fluire in regime permanente, sia non inferiore al valore di I_b precedentemente acquisito. Il calcolo di I_z è basato su considerazioni esclusivamente termiche ed è legato al fatto che tanto è maggiore la temperatura dell'isolante, tanto è minore la durata della vita dello stesso. Per l'isolante PVC le norme CEI stabiliscono una temperatura, in regime termico, ammissibile di 70 °C, a cui corrisponde una durata di circa 20 anni.

La portata I_z di un cavo è la corrente, genericamente costante, che fa raggiungere all'isolante la massima temperatura ammissibile. La temperatura dell'isolante per un cavo che abbia raggiunto il regime termico dipende, in modo approssimato, dai seguenti fattori: il tipo di conduttore, la corrente che attraversa il cavo, il tipo di posa del cavo, la temperatura ambiente e la presenza di altri conduttori nelle vicinanze. Il calcolo della portata dei cavi in regime

permanente può essere fatta con le tabelle indicate nelle norme CEI UNEL 35024/1 e CEI UNEL 35024/2 che non vengono riportate per brevità.

(1.5) Scelta del conduttore in funzione della caduta di tensione

Per un corretto impiego degli utilizzatori è necessario che essi funzionino al valore di tensione nominale per la quale sono previsti. Per tale motivo si deve verificare che la caduta di tensione lungo la linea non assuma valori troppo elevati. Le norme CEI stabiliscono per ciascun apparecchio utilizzatore la massima caduta di tensione ammessa, che per la stragrande maggioranza dei medesimi è del 4% (un importante eccezione è la caduta di tensione ammessa nel caso di lampade fluorescenti pari al 3%). Si ricorda inoltre che per macchine sottoposte ad avviamenti che danno luogo ad elevate correnti di spunto, la caduta di tensione sull'utilizzatore deve essere mantenuta entro valori compatibili con il buon funzionamento della macchina anche durante l'avviamento.

La caduta di tensione di una linea può essere trovata mediante appositi diagrammi oppure in modo analitico attraverso le formule riportate.

Per un generico conduttore possiamo scrivere:

$$\Delta V_f = I_b \cdot [r \cdot \cos\Phi_c + x \cdot \sin\Phi_c] \cdot l + \frac{l^2 \cdot (r^2 + x^2)}{2 \cdot V_f} \quad (1.3)$$

dove:

ΔV_f = caduta di tensione del conduttore

V_f = tensione di fase

I_b = corrente di impiego della linea

l = lunghezza della conduttura

r = resistenza specifica del conduttore

x = reattanza specifica del conduttore

Φ_c = angolo di sfasamento fra I_b e V_f

Nei sistemi trifase equilibrati il valore della caduta di tensione, rispetto al valore della tensione concatenata, si ottiene moltiplicando la (1.3) per $\sqrt{3}$:

$$\Delta V_{trf} = \sqrt{3} \Delta V_f \quad (1.4)$$

Nei sistemi monofase la caduta di tensione totale si ottiene sommando la caduta di tensione nella fase con quella nel neutro. Poiché per questi sistemi i conduttori di fase e di neutro devono avere la stessa sezione è sufficiente moltiplicare per 2 il valore fornito dalla (1.3):

$$\Delta V_{mon} = 2 \Delta V_f \quad (1.5)$$

I valori di r e di x sono riportati nella tabella 1.5.

(1.6) Sezioni minime dei conduttori

Le sezioni minime dei conduttori di fase e del neutro, secondo le Norme CEI, sono riportate nella tabella 1.6.

Tab.1.5 - Resistenza e reattanza specifica dei cavi unificati (tabella UNEL 35023-70)

Sezioni nominali in mm ²	Cavi unipolari		Cavi multipolari	
	Resistenza al metro r Ω/m	Reattanza al metro x Ω/m	Resistenza al metro r Ω/m	Reattanza al metro x Ω/m
1	22,1	0,176	22,5	0,125
1,5	14,8	0,168	15,1	0,118
2,5	8,91	0,155	9,08	0,109
4	5,57	0,143	5,68	0,101
6	3,71	0,135	3,78	0,0955
10	2,24	0,119	2,27	0,0861
16	1,41	0,112	1,43	0,0817
25	0,889	0,106	0,907	0,0813
35	0,641	0,101	0,654	0,0783
50	0,473	0,101	0,483	0,0779
70	0,328	0,0965	0,334	0,0751
95	0,236	0,0975	0,241	0,0762
120	0,188	0,0939	0,191	0,0740
150	0,153	0,0928	0,157	0,0745
185	0,123	0,0908	0,125	0,0742
240	0,0943	0,0902	0,0966	0,0752
300	0,0761	0,0895	0,0780	0,0750
400	0,0607	0,0876	0,0625	0,0742
500	0,0496	0,0867	0,0512	0,0744
630	0,0402	0,0865	0,0417	0,0749

N.B. – Valori riferiti alla temperatura di 80° C

Tab 1.6 - Sezioni dei conduttori di fase e di neutro

Circuito	Sezione Fase, Sf	Sezione Neutro, Sn
bifase	$Sf \geq 1,5 \text{ mm}^2$	$Sn = Sf$
trifase	$Sf \geq 1,5 \text{ mm}^2$	$Sn = Sf$, se $Sf < 16 \text{ mm}^2$
		$Sn \geq 16 \text{ mm}^2$, se $Sf \geq 16 \text{ mm}^2$

(1.7) Dimensionamento delle blindosbarre

In questo caso la normativa non è così esauriente come nel caso delle linee in cavo. I condotti sbarre sono regolamentati dalle Norme CEI 17-13/1 e 17-13/2 ossia dalle Norme relative ai quadri e sono classificate come apparecchiature di serie AS (veda capitolo 5). Per scegliere un condotto sbarra è necessario valutare i due seguenti parametri:

- il valore della corrente (portata) che il medesimo deve erogare;
- il valore della corrente presunta di cortocircuito nel punto di installazione, che il condotto sbarra deve poter sopportare.

Per la posa dei condotti sbarra è necessario seguire scrupolosamente le indicazioni delle case costruttrici, in quanto i collaudi prescritti dalle Norme sono riferiti a precise condizioni di installazione: se queste dovessero essere modificate non potrebbe più essere garantita la conformità dei condotti sbarre alle relative Norme.

(1.8) Impianti civili

Negli impianti civili la lunghezza delle linee terminali, ovvero quelle che alimentano direttamente i carichi, in genere non è elevata e il dimensionamento del cavo è fatto solo in funzione della sua portata omettendo la verifica alla caduta di tensione.

Nel caso in cui la determinazione del numero di linee in impianti civili è fatta secondo il paragrafo (1.1) la scelta della sezione dei cavi può essere fatta secondo la tabella 1.7

Tab.1.7 - Sezione conduttori per linee in impianti civili

Tipo di linea	sezione conduttore mm^2
Linea illuminazione di base	1,5
Linea con meno di 15 prese a spina di 10A	1,5
Linea con meno di 10 prese a spina di 16 A	2,5
Apparecchi utilizzatori con alimentazione diretta con potenza minore di 3,6 kW	2,5
Eventuale linea di alimentazione di utilizzatori con potenza maggiore di 3,6 kW	4,5

La potenza convenzionale di un unità costituente l'impianto viene calcolato sommando tutti i valori ottenuti applicando alla potenza nominale degli apparecchi utilizzatori fissi e alla potenza corrispondente alla corrente nominale delle prese a spina, i coefficienti dedotti dalla tabella 1.8.

Nel caso vi sono più unità da alimentare, possibili fattori di contemporaneità sono quelli riportati nella tabella 1.9.

Tab.1.8 - Coefficienti per la valutazione del carico convenzionale

Servizio		Servizi	Uffici
Illuminazione	Punti luce	0,75	0,9
	Prese a spina	0,1	0,1
Usi domestici e piccola forza motrice	Utilizzatori ad installazione fissa	0,7	0,7
	Prese a spina fino a 10 A	0,2	0,2
	Prese a spina oltre 10 A	0,15	0,5
Scaldacqua	Apparecchio di maggior potenza	1	1
	Secondo apparecchio	0,75	0,75
	Altri apparecchi	0,5	0,5
Cucina elettrica	Apparecchio di maggior potenza	1	0
	Altri apparecchi	0,75	0
Ascensore	Per il motore dell'impianto di maggior potenza	3	3
	Per il secondo impianto	1	1
	Per gli altri impianti	0,7	0,7

Tab.1.9 - Coefficienti di contemporaneità per impianti civili

Numero di unità di impianto alimentate	1	da 2 a 4	da 5 a 10	11 e oltre
Valore del coefficiente	1	0,8	0,6	0,4

(1.9) Requisiti e posa dei cavi

Prescrizioni generali per la posa dei cavi

- La posa dei cavi deve avvenire in modo da non dar luogo a sforzi di trazione permanenti, ameno che si usino tipi di cavi in grado di sopportare tale sforzo (autoportanti).
- Durante le operazioni di posa, gli sforzi di trazione non devono essere applicati al rivestimento, bensì ai conduttori, per i quali non devono essere superate sollecitazioni superiori a 60 N per mm², se di rame, e 50 N per mm², se di alluminio. Durante le operazioni di tiro il cavo non deve ruotare sul proprio asse.
- La temperatura di posa non deve essere inferiore ai seguenti valori:
 - cavi in carta impregnata: 3 °C;
 - cavi in PVC: 0 °C;
 - cavi in materiali elastomerici (gomma): -25 °C.
- Il raggio di curvatura dei cavi non deve essere inferiore ai seguenti valori:
 - cavi con guaina in alluminio: 30 D;
 - cavi con altra armatura (piombo, rame ecc.): 16 D;
 - cavi senza alcun rivestimento metallico, cavi armati con isolamento elastomerico, cavi con isolamento minerale e guaina di rame: 12 D;
 dove D è il diametro esterno del cavo.

Prescrizioni particolari per la posa dei cavi.

- I tubi o condotti portacavi devono avere un diametro superiore a 1,4 volte il diametro, del cavo o del fascio di cavi. Se i tubi sono metallici, i cavi di tutte le fasi (compreso l'eventuale neutro) del medesimo circuito devono essere infilati nello stesso tubo. I tubi incassati nei muri o sotto intonaco devono avere percorsi paralleli od ortogonali agli spigoli della muratura. Il raggio di curvatura dei tubi deve rispettare il valore previsto per i cavi.

- I cavi in cunicoli devono essere provvisti di guaina protettiva. I cunicoli devono avere curvature compatibili con quella prevista per i cavi e dimensioni in grado di permettere l'ispezione e la sostituzione dei cavi.
- I canali portacavi devono avere una sezione utile sufficiente per permettere un'agevole installazione e rimozione dei cavi. Inoltre devono soddisfare le prescrizioni valide per i tubi.
- I cavi a parete o a soffitto, su passerelle o su supporti distanziati devono essere provvisti di guaina protettiva.
- Nelle installazioni fisse, qualora sussistano rischi di danneggiamento dovuti a sollecitazioni meccaniche (fino ad un'altezza di 2,5 m), i cavi devono essere protetti opportunamente.
- I cavi interrati devono essere muniti di guaina protettiva e di una protezione meccanica supplementare adatta a sopportare le prevedibili sollecitazioni meccaniche esterne.

Requisiti particolari

- 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.
- 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
- 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).

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.