



FEDELE ing. Domenico Antonio
PROGETTAZIONE DI IMPIANTI
Viale Barlaam da Seminara, 16/D
88100 CATANZARO

E-mail: mimmofed@alice.it
PEC: domenicoantonio.fedele@ingpec.eu
Web: www.ingfedele.it

Dispense e appunti di Elettrotecnica ed Applicazioni

DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

PREMESSA.

Il presente argomento sviluppa uno dei possibili metodi per il dimensionamento dei cavi e utilizza alcune tabelle di riferimento dove sono riportate le caratteristiche elettriche in funzione del tipo di posa e del tipo di cavo.

Lo scopo è quello di fornire in maniera sintetica una serie di informazioni tali da consentire agli allievi di acquisire i passi principali del dimensionamento delle linee elettriche e non possono pertanto essere considerati strumenti sufficienti ad effettuare dei calcoli a fini professionali.

L'argomento trattato può essere indirizzato agli allievi del quinto anno degli Istituti Tecnici ad indirizzo Tecnologico, articolazione Elettrotecnica o Automazione.

DIMENSIONAMENTO DEI CAVI.

Uno dei metodi di calcolo della sezione dei cavi, è il metodo tabellare che consiste essenzialmente nel determinare la sezione dei cavi facendo uso di tabelle CEI-UNEL di seguito allegate.

Il procedimento di calcolo e verifica, può essere diviso in 4 passi:

1. Calcolo della corrente di impiego I_B dell'utilizzatore;
2. Scelta del tipo di posa del cavo, del tipo di cavo, e della sezione in funzione della corrente di impiego I_B e del tipo di attività;
3. Verifica della caduta di tensione entro il limite massimo del 4%;
4. Scelta dell'interruttore;

ESEMPIO

Si deve alimentare una macchina elettrica sistemata all'interno di un'officina meccanica, avente le seguenti caratteristiche:

$$M \left\{ \begin{array}{l} P = 10 \text{ kW} \\ \cos \varphi = 0,8 \end{array} \right\} \quad V = 400 \text{ V}; \quad l = 25 \text{ m};$$

la corrente di impiego I_B vale:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = 18,04 \text{ A}; \quad (1)$$

considerando che la macchina si trova in un locale coperto, è consentito l'uso di cavi in PVC (per esempio cavi con sigla FROR).

Tipo di cavo	Posa all'esterno	
	fissa	mobile
H05VV-K	Idoneo all'esterno per posa temporanea	Non idoneo
FROR 450/750 V	Idoneo all'esterno per posa temporanea	Non idoneo
H05RN-F e H07RN-F	Idoneo all'esterno per posa permanente (non interrati)	Idoneo
H05BQ-F e H07BQ-F	Idoneo all'esterno per posa permanente (non interrati)	Idoneo
H07RN8-F	Idoneo all'esterno per posa permanente (anche inter.)	Idoneo
N1VV-K	Idoneo all'esterno per posa permanente (anche inter.)	Non idoneo
FG7(0)R 0,6/1 kV	Idoneo all'esterno per posa permanente (anche inter.)	Non idoneo
FG10(0)M1 0,6/1 kV	Idoneo all'esterno per posa permanente (anche inter.)	Non idoneo
FTG10(0)M1 0,6/1 kV	Idoneo all'esterno per posa permanente (anche inter.)	Non idoneo

Tabella 1: Cavi idonei per posa all'esterno.

Nota:

mentre per le linee interne non esistono particolari problemi per l'uso dei cavi, salvo ambienti ed applicazioni particolari, nelle applicazioni esterne sono consentite solo alcuni tipi di cavi per la posa mobile o fissa, temporanea o permanente secondo le indicazioni riportate nella tabella 1.

Per il caso in esame, si può ipotizzare la posa del cavo su canale metallico o passerella.

Con riferimento alla *tabella 2*, scegliendo un cavo in PVC, multipolare, a tre conduttori di fase, con protezione equipotenziale separata, la scelta ricade sulla *linea n. 3, colonna C*.

Modalità di posa	Tipo di cavo	Isolante	Numero di conduttori							Linea n°
			4	3	2					
Posa con circolazione d'aria impedita (in tubi, canali, ecc.)	Unipolari con o senza guaina	PVC	4	3	2					1
	Multipolari	EPR			4	3	2			2
Posa con libera circolazione d'aria (a parete, su passerelle, mensole o scalette, su fune portante)	Multipolari	PVC		4	3	2				3
		EPR				4	3	2		4
	Unipolari con guaina	PVC			4	3	2			5
		EPR					4	3	2	1
NOTE 1. Le portate dei cavi con conduttori in alluminio possono essere ottenute moltiplicando per 0,78 le portate dei cavi in rame di eguale sezione. 2. Le portate si riferiscono ad una temperatura ambiente di 30°C. 3. Le portate dei cavi in PVC sono valide anche per i cavi isolati in gomma G e G1; quelle dei cavi in EPR sono valide per i cavi in polietilene reticolato (XLPE). 4. La portata indicata per i cavi sezione 1mm ² è solo per riferimento. 5. La sezione (nominale) 50 mm ² corrisponde ad una sezione effettiva di 47,5 mm ² . 6. Nel caso di cavi in tubi protettivi incassati in pareti termicamente isolanti come legno o espanso, applicare un fattore di riduzione pari a 0,84. 7. Le portate dei cavi multipolari si applicano a cavi con conduttori rotondi, per i cavi multipolari con conduttori settoriali si applica una riduzione. 8. Le portate indicate per un cavo unipolare con guaina si applicano a cavi unipolari distanziati almeno di un diametro in orizzontale, due diametri se sovrapposti in verticale. 9. Per la posa senza circolazione di aria (linee 1 e 2) la tabella vale fino alla sezione di 120 mm ² .		Sezione	Portata in regime permanente (A)							
		mm ²	A	B	C	D	E	F	G	H
		1	10,5	12	13,5	15	17	19	21	23
		1,5	14	15,5	17,5	19,5	22	24	27	29
		2,5	19	21	24	26	30	33	37	40
		4	25	28	32	35	40	45	50	55
		6	32	36	41	46	52	58	64	70
		10	44	50	57	63	71	80	88	97
		16	59	68	76	85	96	107	119	130
		25	75	89	101	112	127	142	157	172
		35	97	111	125	138	157	175	194	213
		50	117	134	151	168	190	212	235	257
		70	149	171	192	213	242	270	299	327
		95	181	207	232	258	293	327	362	396
120	209	239	269	299	339	379	419	458		
150		275	309	344	390	435	481	527		
185		314	353	392	444	496	549	602		
240		369	415	461	522	584	645	707		

Tabella 2: Portata dei cavi in bassa tensione in rame (Tabella CEI-Unel 35024).

Per una corrente I_B di 18,04A, sarebbe sufficiente un cavo di sezione 2,5 mm², che presenta una portata di 24A. Tuttavia, è preferibile scegliere il cavo di sezione 4 mm² per non sollecitare costantemente il cavo alla portata prossima a quella massima sopportabile ed anche perché si potrebbe superare il limite della caduta di tensione ammissibile del 4%.

Per la scelta della sezione è opportuno tenere conto delle note riportate nella stessa tabella 2 che indica alcuni vincoli. Tuttavia, la stessa tabella non tiene conto di altre condizioni restrittive per la scelta della sezione, quale la presenza di altri conduttori che limitano ulteriormente la portata del cavo per effetto Joule.

$$\text{Cavo scelto: } \left\{ \begin{array}{l} S = 4 \text{ mm}^2 \\ I_z = 32 \text{ A} \end{array} \right.$$

Verifica della caduta di tensione.

La caduta di tensione massima non deve superare il 4%. Questo limite non si riferisce al solo tratto di linea in oggetto ma a tutta la linea partendo dal gruppo di misura e fino all'utilizzatore più lontano.

Per tale motivo, in fase di calcolo, si deve tener presente questo particolare e fare le opportune valutazioni sulla caduta di tensione ammessa sul tratto di linea dimensionato.

Sezione nominale	Cavi tripolari						
	Resistenza R ad 80 °C		Reattanza X	Cadute di tensione ΔU			
	Corrente continua	Corrente alternata		Corrente alternata trifase			
			$\cos \varphi 1$	$\cos \varphi 0,9$	$\cos \varphi 0,8$	$\cos \varphi 0,7$	
mm ²	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m	mV/Am	mV/Am	mV/Am	mV/Am
1	22,5		0,125	39	35,2	31,3	27,4
1,5	15,1		0,118	26,1	23,6	21	18,45
2,5	9,08		0,109	15,7	14,24	12,7	11,1
4	5,68		0,101	9,85	8,93	7,98	5,04
6	3,78		0,0955	6,54	5,96	5,34	4,70
10	2,27		0,0861	3,94	3,60	3,24	2,86
16	1,43		0,0817	2,48	2,29	2,07	1,83
25	0,907		0,0813	1,57	1,48	1,34	1,20
35	0,654		0,0783	1,13	1,08	0,988	0,888
50	0,483		0,0779	0,838	0,812	0,750	0,680
70	0,334		0,0751	0,579	0,577	0,541	0,496
95	0,241		0,0762	0,419	0,433	0,412	0,385
120	0,190	0,191	0,0740	0,332	0,354	0,342	0,321
150	0,150	0,157	0,0745	0,272	0,300	0,295	0,280
185	0,124	0,125	0,0742	0,217	0,251	0,250	0,241
240	0,0942	0,0966	0,0752	0,167	0,207	0,212	0,208
300	0,0750	0,0780	0,0750	0,135	0,178	0,186	0,186
400	0,0587	0,0625	0,0742	0,108	0,153	0,164	0,166
500	0,0466	0,0512	0,0744	0,0887	0,136	0,148	0,152
630	0,0361	0,0417	0,0749	0,0722	0,122	0,136	0,141

Tabella 3 Caduta di tensione (Tabella CEI-Unel 35023-70).

Si ricava dalla tabella 3, in corrispondenza del valore di sezione calcolato e del valore del $\cos \varphi$ del carico (0,8 in questo caso), il coefficiente $K^{(1)}$ che tiene conto della caduta di tensione del cavo.

$$\text{Per } S = 4 \text{ mm}^2: \quad K = 7,98 \frac{\text{mV}}{\text{A} \cdot \text{m}}; \quad (2)$$

la caduta di tensione del tratto di linea considerato è dato dalla relazione:

$$\Delta V = \frac{K \cdot I_B \cdot l}{1000} = 3,6 \text{V}; \quad (3)$$

corrispondente ad una caduta di tensione percentuale di :

(1) Nel caso in cui il fattore di potenza del carico è compreso fra 0,81 e 0,85, si considera il caso peggiore a $\cos \varphi = 0,8$. Per valori superiori a 0,85 si può considerare un $\cos \varphi = 0,9$.

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 = 0,9\%; \quad (4)$$

$\Delta V\% = 0,9\% < 4\%$ la caduta di tensione è accettabile.

Scelta dell'interruttore.

Compito fondamentale dell'interruttore è quello di proteggere il cavo e le prese poste alla fine della linea dimensionata per cui, deve essere scelto in funzione della seguente relazione:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (5)$$

Dove:

- I_B è la corrente di impiego della linea;
- I_N è la corrente nominale o portata dell'interruttore;
- I_Z è la portata del cavo;

Si deve quindi scegliere un interruttore fra quelli presenti in commercio, con I_N compresa fra la corrente di impiego richiesta dal carico e la portata del cavo, ovvero la massima corrente sopportata dal cavo senza danneggiarsi.

Si riporta di seguito un elenco di interruttori monofase e trifase presenti in commercio:

INTERRUTTORI MONOFASE	INTERRUTTORI TRIFASE	
6A	10A	125A
10A	16A	250A
16A	25A	400A
20A	32A	630A
25A	40A	1000A
32A	50A	1250A
40A	63A	1600A
50A	80A	
63A	100A	

Tabella 4 *Elenco degli interruttori monofase e trifase in commercio.*

In realtà, nella scelta dell'interruttore si deve tener conto di un altro fattore che assicura l'effettivo intervento delle protezioni, rappresentato dalla corrente I_F che deve soddisfare la seguente relazione:

$$I_F < 1,45 \cdot I_Z \quad (6)$$

dove:

- I_F è la corrente che determina l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro un tempo convenzionale in condizioni definite.

Quest'ultimo vincolo suggerisce quindi (anche se di fatto la formula lo consente), di non scegliere mai un interruttore di portata uguale alla I_Z del cavo, proprio per evitare che l'intervento

dell'interruttore possa avvenire per un valore di corrente superiore alla portata del cavo da proteggere.

Nel caso in esame si ha: $I_B = 18,04A$; $I_Z = 32A$;

Si sceglie un interruttore trifase da 25A, tale da soddisfare la relazione (5).

Nota:

la condizione espressa dalla relazione (5) deve essere sempre soddisfatta. Qualora la sezione dovesse garantire il contenimento della caduta di tensione sul cavo ma, non dovesse soddisfare la (5), è necessario aumentare comunque la sezione del cavo.