



Sebastiano Goddi (sebago)

DAD20/21 - 1) IL DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN BT CON POSA IN ARIA

8 December 2020

"Tempi duri per i troppo buoni", recitava un detto che non ricordo più da dove provenga. In realtà non è vero: sono tempi duri per tutti, buoni o cattivi. L'incubo della DAD (acronimo orribile per indicare l'altrettanto orribile modalità didattica alla quale il virus ci costringe) non solo è tornato ma è pure in gran spolvero. Sicché ci si ingegna a rendere meno arido il materiale didattico e a cercare, con alterne fortune, di coinvolgere i giovani virgulti nell'arduo cammino dell'apprendere.

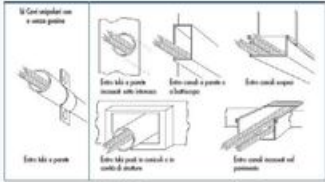
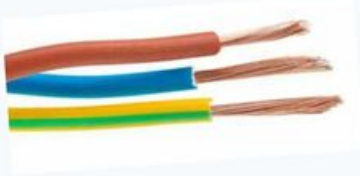
Immersi in una connessione ballerina, gli smartphone come unico cordone ombelicale con la scuola, le giornate che passano tra la voglia di imboscarsi come reazione a una defraudata socialità e la bugia della "videocamera che non funziona" per non far vedere che ci si collega stando a letto o che si è scappati in campagna: a questi studenti (e agli altri volenterosi, pochini in verità) dobbiamo quotidianamente indirizzare le folgori della Didattica a Distanza, quasi certi che mieteremo 20 dopo aver seminato 100. Ma il seminatore non si scoraggia mica: ci vuole ben altro che un virus per fermare la voglia di spingersi un po' più in là, arrancando ogni giorno e arrovellandosi a pensare come rendere meno amara la medicina.

Fuor della filosofia spicciola, queste pagine sono un documento di **sintesi** sulla procedura di **dimensionamento dei cavi di bassa tensione per posa in aria**, costruito per alunni di una classe terza del settore elettrico. Non sono perciò un compendio totale delle problematiche e per alcune parti la semplificazione ha costituito un obbligo. Ma tant'è, di questi tempi è per ora ciò che passa il convento. Se qualche studentello, oltre ai miei, ci desse anche solo una sbirciata e lo ritenesse interessante, sarebbe già un bel traguardo. Buona lettura a tutti.

P.S.: se a qualcuno piacesse utilizzare a qualunque titolo questo materiale, è liberissimo (magari citi EY come fonte). E' solo obbligato a segnalare eventuali errori o inesattezze, pena altrimenti non tanto il mio personale dispiacere quanto l'inimicizia del Dio degli impianti. Saludos.

1.

BREVE SINTESI SUL
DIMENSIONAMENTO DEI CAVI
DI BASSA TENSIONE
PER POSA IN ARIA



- ☐ La corrente convenzionale di impiego I_B
- ☐ La portata effettiva I_Z
- ☐ La caduta di tensione sul cavo ΔU_c

DAD 20/21 – sebage – 3B m.a.t.

dimcavi - 1.jpg

2.**Cos'è il DIMENSIONAMENTO DI UN CAVO?**

E' la scelta della sua SEZIONE NOMINALE fra quelle che sono normalizzate e commercialmente disponibili:

[da **1,5** mm² fino a **630** mm²]

Questa scelta dipende da **molti fattori** e **PRINCIPALMENTE** da:

- ❖ Il tipo di MATERIALE CONDUTTORE (Rame o Alluminio)
- ❖ Il tipo di cavo: UNIPOLARE o MULTIPOLARE
- ❖ Il numero di CONDUTTORI CARICATI (2 se monofase, 3 se trifase equilibrato)
- ❖ Il tipo di ISOLANTE PRINCIPALE: Termoplastico (PVC) o Elastomerico (EPR)
- ❖ Il tipo di POSA (in tubo in aria, a parete, su passerella, ecc.)
- ❖ La TEMPERATURA AMBIENTE
- ❖ Il RAGGRUPPAMENTO con ALTRI CIRCUITI
- ❖ La CADUTA DI TENSIONE massima ammissibile per la tratta del cavo

DAD 20/21 – sebago – 3B m.a.t.

dimcavi - 2.JPG

3.

*dimcavi - 3.jpg*

4.

□ La corrente (convenzionale) di impiego I_B

Rappresenta il **dato di partenza** per iniziare la procedura di dimensionamento

Se non è direttamente assegnata, può essere ottenuta dal valore della **POTENZA CONVENZIONALE DI IMPIEGO P_C** di un carico

La P_C si ricava dalla **POTENZA ELETTRICA TOTALE P_E** di un carico o di un gruppo di carichi

$$P_C = P_E \cdot K_U \cdot K_C$$

- K_U : fattore di utilizzazione del singolo carico
- K_C : fattore di contemporaneità fra più carichi

mentre la Potenza Elettrica può essere facilmente ottenibile dai dati di targa (*) del carico, i dati di K_U e K_C sono **SPESSE INCERTI E DI DIFFICILE DETERMINAZIONE** e rappresentano la fase più problematica del dimensionamento, potendo condurre, in caso di scelta errata, o a una sottostima o a una sovrastima della I_B con conseguenze in ogni caso indesiderate;

possono essere

- Comunicati dal CLIENTE/COMMITTENTE
- Desunti da IMPIANTI SIMILI già REALIZZATI
- Tratti dalla LETTERATURA TECNICA (tabelle)

(*) si ricorda che **per i motori** il dato di targa rappresenta la «potenza meccanica nominale resa all'asse» e pertanto per ottenere la potenza elettrica occorre **dividere per il rendimento nominale η**

$$P_E = \frac{P_n}{\eta}$$

DAD 20/21 – sebago – 3B m.a.t.

dimcavi - 4.jpg

5.

□ La corrente (convenzionale) di impiego I_B

Esempio di Tabella dei K_U e K_C

TIPO DI UTILIZZATORE	K_U
Lampade	1
Motori da 0,5 a 2 kW	0,7
Motori da 2 a 10 kW	0,75
Motori oltre 10 kW	0,8
Forni a resistenza e a induzione	1
Riscaldatori	1
Saldatrici	0,7 - 1
Stufe elettriche	1
Macchine utensili, trasportatori	0,5 - 0,8
Ascensori, montacarichi, impianti di sollevamento	0,8 - 1
Pompe, ventilatori	1

TIPO DI UTILIZZATORE	NUMERO	K_C
Forni	fino a 2	1
Motori da 0,5 a 2 kW	fino a 10	0,6
	fino a 20	0,5
	fino a 50	0,4
Motori da 2,5 a 10 kW	fino a 10	0,7
	fino a 50	0,45
Motori da 10 a 30 kW	fino a 5	0,8
	fino a 10	0,65
	fino a 50	0,5
Motori oltre 30 kW	fino a 2	0,9
	fino a 5	0,7
	fino a 10	0,6
Riscaldatori	fino a 10	0,8
Saldatrici elettriche	fino a 10	0,4
Ascensori e montacarichi in uffici e industrie	fino a 4	0,75
	fino a 10	0,6

DAD 20/21 – sebago – 3B m.a.t.

ESEMPLI:

- ① carico singolo con $P_E = 5 \text{ kW}$ e $K_U = 0,85$ (assegnato)

$$P_C = P_E \cdot K_U \cdot K_C = 5 \cdot 0,85 \cdot 1 = 4,25 \text{ kW}$$

($K_C = 1$ perché è carico singolo)

- ② singolo motore con $P_n = 7 \text{ kW}$ e $\eta = 0,82$

$$P_E = \frac{P_n}{\eta} = \frac{7}{0,82} = 8,54 \text{ kW}$$

$$P_C = P_E \cdot K_U \cdot K_C = 8,54 \cdot 0,75 \cdot 1 = 6,4 \text{ kW}$$

($K_C = 1$ perché è carico singolo)

- ③ insieme di 15 motori aventi $P_n = 1,5 \text{ kW}$ e $\eta = 0,90$

$$P_E = \frac{P_n}{\eta} = \frac{1,5}{0,90} = 1,7 \text{ kW} \quad (\text{singolo motore})$$

$$P_{E_{tot}} = n^{\circ}_{mot} \cdot P_E = 15 \cdot 1,7 = 25,5 \text{ kW}$$

$$P_C = P_{E_{tot}} \cdot K_U \cdot K_C = 25,5 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 8,93 \text{ kW}$$

dimcavi - 5.jpg

6.

□ La corrente (convenzionale) di impiego I_B

Una volta determinata la potenza convenzionale P_C e il fattore di potenza $\cos\varphi$ del carico, si calcola la I_B :

❖ Linea Monofase: $I_B = \frac{P_C}{U \cdot \cos\varphi}$ [U=230 V]

❖ Linea Trifase: $I_B = \frac{P_C}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}$ [U=400 V] (se il carico trifase non è equilibrato, si sceglierà la corrente più elevata fra quelle di ciascuna fase)

ESEMPI:

- ① carico monofase con $P_C = 4,3 \text{ kW}$ e $\cos\varphi = 0,90$

$$I_B = \frac{P_C}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{4300}{230 \cdot 0,90} = 20,8 \text{ A}$$

- ② carico trifase con $P_C = 9,75 \text{ kW}$ e $\cos\varphi = 0,85$

$$I_B = \frac{P_C}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{9750}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 16,6 \text{ A}$$

- ③ carico trifase squilibrato con: $\begin{cases} I_{B(L1)} = 23 \text{ A} \\ I_{B(L2)} = 15 \text{ A} \\ I_{B(L3)} = 26 \text{ A} \end{cases} \Rightarrow I_B = 26 \text{ A}$

DAD 20/21 – sebago – 38 m.a.t.

dimcavi - 6.jpg

7.

□ La portata effettiva I_z

Occorre individuare o scegliere preliminarmente le caratteristiche del cavo, e in particolare:

- ❖ Il tipo di MATERIALE CONDUTTORE (Rame o Alluminio)

In genere si usano cavi **IN RAME**; se si scelgono cavi **IN ALLUMINIO**, la portata è minore: a parità di altre condizioni, la portata di un cavo in alluminio è il **78% di quella in rame**

- ❖ Il tipo di cavo: **UNIPOLARE** o **MULTIPOLARE**

Cavi UNIPOLARI (una sola anima)



Cavi MULTIPOLARI (più anime)



- ❖ Il tipo di POSA (in tubo in aria, a parete, su passerella, ecc.)

La norma CEI 64-8 codifica mediante un numero i vari tipi di posa; i più comuni sono:



- ❖ Il tipo di **ISOLAMENTO PRINCIPALE**: Termoplastico (PVC) o Elastomerico (EPR)
- ❖ Il numero di **CONDUTTORI CARICATI** (2 se monofase, 3 se trifase equilibrato)

DAD 20/21 – sebago – 3B m.a.t.

dimcavi - 7.jpg

8.

❑ La portata effettiva I_z

Successivamente, partendo dalle caratteristiche del cavo, si individua nelle tabelle della norma CEI-UNEL 35024 il valore della **PORTATA TEORICA** $I_0 \geq I_B$ e si risale alla **sezione S**

Tabella 1 – Cavi unipolari (*)

Metodologia tipica di installazione	Altri tipi di posa Rif. Appendice A	Tipo di isolamento	Numero cond. caricati	Portata (A)																
				1(*)	Sezione (mm ²)															
					1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	160	185	240	300
 Cavi in tubo in aria	3-4-5-22 23-24-31-32- 33-34-41-42- 72	Termoplastico (**)	2	13,5	17,5	24	32	41	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415	-
			3	12	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171	207	239	275	314	369	-
		Elastomerico (***)	2	17	23	31	42	54	75	100	133	164	198	253	306	354	402	472	555	-
			3	15	20	28	37	48	66	88	117	144	175	222	269	312	355	417	490	-

Tabella 2 – Cavi multipolari

Metodologia tipica di installazione	Altri tipi di posa Rif. Appendice A	Tipo di isolamento	Numero cond. caricati	Portata (A)																
				1(*)	Sezione (mm ²)															
					1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	160	185	240	300
 Cavo in tubo in aria	3A-4A-21- 22A-5A-24A- 25-33A-31- 34A-43-32	Termoplastico (**)	2	13,5	16,5	23	30	38	52	69	90	111	133	168	201	232	258	294	344	394
			3	12	15	20	27	34	46	62	80	99	118	149	179	206	225	255	297	339
		Elastomerico (***)	2	17	22	30	40	51	69	91	119	146	175	221	265	305	334	384	459	532
			3	15	19,5	26	35	44	60	80	105	128	154	194	233	268	300	340	398	455

DAD 20/21 – sebago – 38 m.a.t.

dimcavi - 8.jpg

9.

La portata effettiva I_z

Esempio:

- A) CAVO UNIPOLARE
 - B) IN POSA 3
 - C) ISOLATO IN EPR
 - D) MONOFASE
- $I_B = 35 \text{ A}$

$$I_0 = 42 \text{ A}$$

$$(I_0 \geq I_B)$$

$$S = 4 \text{ mm}^2$$

Tabella 1 - Cavi unipolari (*)

Metodologia tipica di installazione	Altri tipi di posa Rif. Appendice A	Tipo di isolamento	Numero cond. caricati	Portata (A)																		
				Sezione (mm ²)																		
				1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	160	185	240	300	400	
 Cavi in tubo in aria	3-4-7-22 23-24-31-32- 33-34-41-42- 72	Termoplastico (*)	2	13,5	17,5	24	32	41	57	76	101	125	161	192	232	269	309	353	415	-	-	
			3	12	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171	207	239	275	314	369	-	-	
		Elastomerico (*)	2	17	23	31	42	54	75	100	133	164	198	253	306	354	402	472	555	-	-	
			3	15	20	28	37	48	66	88	117	144	175	222	269	312	355	417	490	-	-	

DAD 20/21 - sebago - 3B m.a.t.

dimcavi - 9.jpg

10.

❑ La portata effettiva I_Z

Ora occorre però calcolare (o verificare) la **PORTATA EFFETTIVA** I_Z

Infatti si deve tenere conto di:

➤ **Temperatura Ambiente T_a**

Maggiore è la T_a e più difficile risulta la dissipazione del calore prodotto nel cavo per effetto Joule, mentre se la T_a è più bassa il calore viene dissipato più facilmente. Per tenerne conto la norma definisce un **fattore di correzione** k_1

	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
Cavi in PVC	1,17	1,12	1,06	1	0,94	0,87	0,79	0,71
Cavi in EPR	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82

➤ **Raggruppamento in fascio**

Se più circuiti sono installati in fascio, il calore prodotto da ciascuno di essi va peggiorare la situazione termica del circuito in esame. Per tenerne conto la norma definisce un **fattore di correzione** k_2

	N° di circuiti o di cavi multipolari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
k_2 per fascio	1	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52

Questa tabella è valida se le sezioni dei cavi sono «simili» (tre sezioni commerciali adiacenti)

Altrimenti si usa la formula $k_2 = \frac{1}{\sqrt{n}}$ n: numero dei circuiti

DAD 20/21 – sebago – 3B m.a.t.

dimcavi - 10.jpg

11.

❑ La portata effettiva I_Z

La **PORTATA EFFETTIVA** I_Z si calcola con l'espressione:

$$I_Z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2$$

Occorre ora sottoporre il risultato alla verifica già citata:

$$I_Z \geq I_B$$

Se tale verifica è SODDISFATTA, la Sezione individuata viene CONFERMATA e si procede al calcolo e verifica della CADUTA DI TENSIONE; altrimenti occorre passare al valore di Sezione immediatamente superiore e ripetere la procedura di calcolo fino a quando la verifica non va a buon fine

Con riferimento all'esempio precedente ($I_B = 35 \text{ A} \rightarrow S = 4 \text{ mm}^2$ e $I_0 = 42 \text{ A}$), se risulta:

➤ $T_a = 35^\circ\text{C}$ e Raggruppamento in fascio di 3 circuiti con sezioni «simili»

	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
Cavi in PVC	1,17	1,12	1,06	1	0,94	0,87	0,79	0,71
Cavi in EPR	1,12	1,06	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82

$$\Rightarrow k_1 = 0,96$$

	N° di circuiti o di cavi multipolari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
K_2 per fascio	1	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52

$$\Rightarrow k_2 = 0,70$$

$$I_Z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 = 42 \cdot 0,96 \cdot 0,70 = 28,2 \text{ A}$$

essendo $I_Z < I_B$ occorre aumentare S

Quindi:

Scheda tecnica		Appendice A		Scheda tecnica	
Cavo in tubo in acciaio	3	15-22	15-22	3	15-22
Cavo in tubo in acciaio	3	23-34	23-34	3	23-34
Cavo in tubo in acciaio	3	35-41	35-41	3	35-41
Cavo in tubo in acciaio	3	43-72	43-72	3	43-72

$$\rightarrow S = 6 \text{ mm}^2 \text{ e } I_0 = 54 \text{ A}$$

$$I_Z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 = 54 \cdot 0,96 \cdot 0,70 = 36,3 \text{ A}$$

essendo $I_Z \geq I_B$ la S è CONFERMATA

DAD 20/21 – sebago – 3B m.a.t.

dimcavi - 11.jpg

12.

□ La caduta di tensione

Per effetto del passaggio della **corrente I_b** , nel cavo si manifesta (per la **legge di Ohm**) una **CADUTA DI TENSIONE** a causa della **resistenza R** e della **reattanza X** del cavo.

Tale caduta di tensione va **limitata** per evitare malfunzionamenti del carico alimentato (per esempio i motori non si avviano o stentano ad avviarsi allungando il transitorio, le apparecchiature elettroniche possono subire danneggiamenti, ecc.)

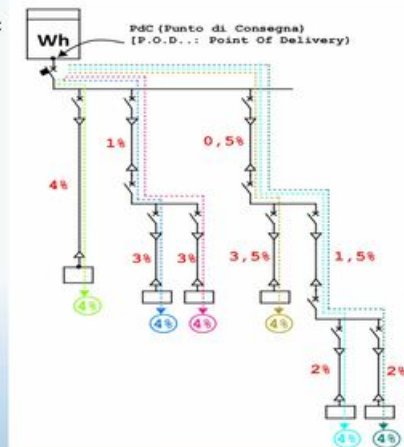
la Norma CEI 64-8 raccomanda di **non superare il 4% della tensione nominale, tra il punto di consegna e qualsiasi carico**

Occorre pertanto **RIPARTIRE tale 4% lungo i percorsi** che portano dal **PUNTO DI CONSEGNA (PdC)** (morsetti del contatore di energia) fino ai **CARICHI**

Note:

- La ripartizione deve assicurare che il 4% non venga superato sommandosi lungo QUALSIASI PERCORSO dal PdC a qualunque singolo carico
- È buona regola attribuire **cadute percentuali piccole nelle linee iniziali e intermedie**, lasciando alle linee terminali valori più alti (in tal modo si cerca di **evitare che le sezioni terminali abbiano sezioni più elevate delle linee montanti**)

Esempio:



DAD 20/21 – sebago – 3B m.a.t.

dimcavi - 12.jpg

13.

□ La caduta di tensione

Per ogni linea si definisce dunque una **CADUTA DI TENSIONE massima ammissibile in base al valore % ad essa attribuito**:

$$\Delta U_{max} = \frac{\Delta U_{max \%}}{100} \cdot U_n \quad \text{con } U_n: \text{ tensione nominale della linea =}$$

Esempio: linea **monofase** con $\Delta U_{max \%} = 3\%$ → $\Delta U_{max} = \frac{3}{100} \cdot 230 = 6,9 \text{ V}$

Occorre ora verificare se la linea in esame presenta una **CADUTA DI TENSIONE ΔU_c** inferiore a tale valore **massimo ammissibile**. Per i cavi essa può essere calcolata con l'espressione:

$$\Delta U_c = \frac{m \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) \cdot I_B \cdot L}{1000}$$

o anche con:

$$\Delta U_c = \frac{k \cdot I_B \cdot L}{1000}$$

dove $k = m \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$
(caduta di tensione unitaria)

con

- m : coefficiente = $\begin{cases} 2 & \text{(linea monofase)} \\ \sqrt{3} & \text{(linea trifase)} \end{cases}$
- R e X : resistenza e reattanza del cavo, espresse in Ω/km
- $\cos\varphi$: fattore di potenza del carico
- I_B : corrente convenzionale di impiego
- L : lunghezza della linea (in metri)

I valori di R , X sono riportati nelle tabelle CEI UNEL 35023, dove sono anche indicati i valori di k già calcolati per valori di $\cos\varphi$ da 0,7 a 1

DAD 20/21 – sebago – 3B m.a.t.

dimcavi - 13.jpg

14.

La caduta di tensione

Applicando al nostro esempio:

$I_B = 35$ A, ipotizzando $\cos\varphi = 0,9$ e $L = 20$ m, con $\Delta U_{\max\%} = 3\%$, e $S = 6$ mm² monofase per cavo unipolare in EPR:

Tabella 1 – Cavi con conduttori in rame rosso isolati in materiale elastomerico

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sezione nominale mm ²	Resistenza R a 90°C		Reattanza X a 90°C (v. art. 3)		CADO DI TENSIONE ΔU (v. art. 3 e 4)								R _{iso} (V)
	Corrente continua	Corrente alternata	Corrente continua	Corrente alternata									
				monofase				trifase					
				cosφ = 0,9	cosφ = 0,9	cosφ = 0,9	cosφ = 0,9	cosφ = 0,9	cosφ = 0,9	cosφ = 0,9	cosφ = 0,9		
mm ²	Gk/m	Gk/m	Gk/m	mV/km	mV/km	mV/km	mV/km	mV/km	mV/km	mV/km	mV/km	mV/km	
1,5	16,96	0,144	33,92	23,95	27,31	30,65	33,92	20,71	23,62	26,51	29,34	0	
2,5	10,17	0,132	20,35	14,43	16,44	18,43	20,35	12,48	14,22	15,84	17,62	0	
4	6,31	0,122	12,62	9,01	10,24	10,97	12,62	7,79	8,86	9,92	10,92	0	
6	4,21	0,110	8,48	6,69	6,69	7,20	8,42	5,24	5,94	6,64	7,20	0	
10	2,44	0,095	4,87	3,56	4,02	4,45	4,87	3,08	3,48	3,87	4,21	0	
16	1,54	0,088	3,09	2,30	2,59	2,88	3,09	1,99	2,24	2,48	2,67	0	
25	0,99	0,083	1,99	1,53	1,70	1,87	1,99	1,32	1,47	1,62	1,72	0	
35	0,71	0,080	1,41	1,13	1,28	1,36	1,41	0,97	1,07	1,17	1,23	0	

Si individuano i seguenti valori

$$R = 4,21 \frac{\Omega}{km}$$

$$X = 0,114 \frac{\Omega}{km}$$

$$k = 7,67 \frac{mV}{A \cdot m}$$

Quindi: $\Delta U_{\max} = \frac{3}{100} \cdot 230 = 6,9$ V

$$\Delta U_c = \frac{k \cdot I_B \cdot L}{1000} = \frac{7,67 \cdot 35 \cdot 20}{1000} = 5,4$$

verifica:

$$\Delta U_c \leq \Delta U_{\max}$$

(5,4 ≤ 6,9)

Si conclude pertanto che la sezione da 6 mm², rispetta sia la **verifica di portata** sia la **verifica di caduta di tensione** e dunque è **correttamente dimensionata** (*)

(*) potremmo doverla modificare per protezione contro le sovracorrenti, ma questa è un'altra storia...

DAD 20/21 – sebago – 3B m.a.t.

dimcavi - 14.jpg

15.

□ La caduta di tensione

Note:

- ❖ Il valore tabellato di $k = 7,67 \frac{mV}{A \cdot m}$ valido per $\cos\varphi = 0,90$ si sarebbe potuto ottenere anche con l'espressione:

$$k = m \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) = 2 \cdot (4,21 \cdot 0,90 + 0,114 \cdot 0,435) \cong 7,67 \frac{mV}{A \cdot m}$$

- ❖ Se il $\cos\varphi$ assume valori intermedi fra quelli tabellati (per esempio 0,85) il valore di k può essere ricavato come media fra i valori k tabellati adiacenti, altrimenti si può sempre ricorrere alla formula completa
- ❖ Le formule per il calcolo della caduta di tensione sono approssimate e mantengono la loro validità per valori di $\cos\varphi$ non inferiori a 0,7 (cosa che è ipotizzabile per la grande maggioranza dei carichi)
- ❖ La ripartizione percentuale della caduta di tensione lungo la distribuzione dell'impianto non è predeterminata da regole fisse ma in genere è dettata dall'esperienza (e anche, al giorno d'oggi, dai software applicativi). In genere si tiene conto del fatto che le linee montanti hanno in genere correnti più elevate e lunghezze maggiori, rispetto alle linee terminali. Pertanto alle linee montanti in genere si associa una caduta percentuale contenuta, lasciandone la maggior parte alle linee terminali.

DAD 20/21 – sebago – 3B m.a.t.

dimcavi - 15.jpg

16.

□ Dimensionamento: ESERCIZIO

Dimensionare la sezione di una linea trifase, alimentante un carico con $I_B = 24 \text{ A}$ e $\cos\varphi=0,90$, costituita da cavo multipolare in PVC, posato entro canaletta a parete (posa 4A), alla temperatura ambiente di 30°C assieme ad un altro circuito; la linea sia lunga 35 m e sia $\Delta U_{\max\%} = 2,5\%$

SVOLGIMENTO

- Dalle tabelle di portata e dai fattori di correzione si ricavano:

Metodologia tipica di installazione	Altri tipi di posa Riti Appendice A	Tipo di isolamento	Numero cond. caricati	Portata (A)									
				Sezione (mm)									
				16	18	25	35	50	70	95	120	150	185
	3A-4A-21-22A-33C-24A-25-33A-31-34A-43-32	Termoplastico (PVC)	2	13,5	16,5	23	32	45	63	90	111	133	165
			3	12	14	20	27	38	52	75	93	113	140
		Elastomerico (EPR)	2	17	22	30	40	51	69	91	119	146	175
			3	15	19,5	26	35	44	60	80	105	128	154

fattore k_1	30°C
Cavi in PVC	1
N° circuiti	2
K_2 per fascio	0,80

$$I_0 = 26 \text{ A} \quad S = 4 \text{ mm}^2 \rightarrow I_z = 26 \cdot 1 \cdot 0,80 = 20,8 \text{ A} \quad \text{NON IDONEA (è minore di } I_B = 24 \text{ A)}$$

$$I_0 = 34 \text{ A} \quad S = 6 \text{ mm}^2 \rightarrow I_z = 34 \cdot 1 \cdot 0,80 = 27,2 \text{ A} \quad \text{IDONEA (è maggiore di } I_B = 24 \text{ A)}$$

- Verifica della caduta di tensione:

$$\Delta U_{\max} = \frac{2,5}{100} \cdot 400 = 10 \text{ V}$$

$$\Delta U_c = \frac{6,24 \cdot 24 \cdot 35}{1000} = 5,2 \text{ V} < \Delta U_{\max}$$

DAD 20/21 - sebago - 38 m.a.t.

Tabella 2 - Cavi con conduttori in rame rosso isolati con materiale termoplastico

Sezione conduttore	Resistenza R a 20°C	Induttanza L a 50 Hz	Capacitanza C a 50 Hz	Coeff. di trasformazione	Calcolo della tensione							
					Corrente continua	Corrente alternata	Corrente alternata	Corrente alternata	Corrente alternata	Corrente alternata	Corrente alternata	Corrente alternata
mm²	Ohm/km	µH/km	pF/km	mm²/km	Corrente continua	Corrente alternata	Corrente alternata	Corrente alternata	Corrente alternata	Corrente alternata	Corrente alternata	Corrente alternata
1,5	10,4	0,145	37,83	22,48	25,83	28,77	31,83	35,45	39,45	43,77	48,33	53,13
2,5	6,25	0,125	28,18	16,43	19,36	21,93	24,53	27,53	30,53	33,53	36,53	39,53
4	3,92	0,121	17,84	10,42	12,77	14,34	15,94	17,54	19,14	20,74	22,34	23,94
6	2,68	0,119	13,96	7,92	9,48	10,71	11,94	13,17	14,40	15,63	16,86	18,09
10	1,65	0,110	8,57	5,36	6,43	7,31	8,19	9,07	9,95	10,83	11,71	12,59
16	1,03	0,102	5,36	3,37	4,04	4,61	5,18	5,75	6,32	6,89	7,46	8,03
25	0,63	0,095	3,28	2,10	2,52	2,87	3,22	3,57	3,92	4,27	4,62	4,97

$$k = 6,24 \frac{\text{mV}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

dimcavi - 16.jpg

17.

□ Dimensionamento: un piccolo trucco...

Come si può procedere a individuare subito la sezione corretta **SENZA DOVER CAMBIARE VALORI** ?

Poiché **entrambe le verifiche** devono essere rispettate, si può ragionare in questo modo:

➤ Calcolo una **PORTATA TEORICA MINIMA** $I_{0\ min} = \frac{I_B}{k_1 \cdot k_2}$

e, usando questo valore, dalle tabelle individuo un valore $I_0 \geq I_{0\ min}$ e quindi una **SEZIONE MINIMA DI PORTATA** S_p

➤ Calcolo una **CADUTA DI TENSIONE UNITARIA MASSIMA** $k_{max} = \frac{\Delta U_{max} \cdot 1000}{I_B \cdot L}$

e, usando questo valore, dalle tabelle individuo un valore $k \leq k_{max}$ e quindi una **SEZIONE MINIMA DI CADUTA** S_c

Infine, **fra le due sezioni, SCELGO LA PIU' GRANDE** E IL GIOCO È FATTO!

Provare per credere: cavo multipolare trifase in PVC, $T_a = 35^\circ\text{C}$ ($k_1 = 0,94$) e quattro circuiti ($k_2 = 0,65$), con $I_B = 30\text{ A}$, $\cos\varphi = 0,90$, $L = 50\text{ m}$ e $\Delta U_{max} = 1,5\%$ ($\Delta U_{max} = 6\text{ V}$)

$$I_{0\ min} = \frac{I_B}{k_1 \cdot k_2} = \frac{30}{0,94 \cdot 0,65} = 49,1\text{ A} \quad \Rightarrow \quad I_0 = 62\text{ A} \quad S_p = 16\text{ mm}^2$$

$$k_{max} = \frac{\Delta U_{max} \cdot 1000}{I_B \cdot L} = \frac{6 \cdot 1000}{30 \cdot 50} = 4 \frac{\text{mV}}{\text{Am}} \quad \Rightarrow \quad k = 3,64 \frac{\text{mV}}{\text{Am}} \quad S_c = 10\text{ mm}^2$$

$S = 16\text{ mm}^2$

Per gli «increduli»: la controprova è dimensionare con la solita procedura (che rimane comunque corretta)

DAD 20/21 – sebago – 38 m.a.t.

dimcavi - 17.jpg

18.

□ Appendice 1: come trovare i valori di **portata I_0** e **sezione S** all'interno delle tabelle?

Semplicemente, si procede per esclusione, come se fosse un setaccio.

Esempio: individuare la **portata teorica I_0** e la **sezione** di un cavo **unipolare in PVC** per una linea **trifase, posa 4**, $I_b = 30$ A

Tabella 1 – Cavi unipolari (*)

Metodologia tipica di installazione	Anni tipi di posa Rit. Appendice A	Tipo di isolamento	Numero cond. caricati	Portata (A)																
				Sezione (mm ²)																
				1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	160	185	240	300
	1-51-71 73-74	Termoplastico (*)	2	-	14.5	19.5	24	31	40	51	63	79	99	125	157	195	240	275	320	-
			3	-	13.5	18	24	31	42	54	73	89	109	136	164	198	245	280	-	-
		Elastomerico (**)	2	-	19	26	34	43	55	69	86	106	131	158	196	241	279	318	362	424
			3	-	17	23	31	40	54	72	95	117	141	170	210	249	285	324	360	-
	3-4-5-22 23-24-31-32 33-34-41-42- 72	Termoplastico (*)	2	13.5	17.5	24	32	41	52	65	80	101	125	151	182	222	269	309	353	415
			3	12	15.5	21	28	36	46	58	72	89	110	134	161	207	239	275	314	369
		Elastomerico (**)	2	17	23	31	42	54	70	90	110	135	164	198	239	286	334	382	432	505
			3	15	20	28	37	48	60	76	95	117	144	173	212	250	293	335	380	440
	18	Termoplastico (*)	2	-	19.5	26	35	46	60	75	93	115	142	173	210	256	299	344	392	461
			3	-	15.5	21	28	36	47	60	76	95	117	142	173	212	250	293	335	415
		Elastomerico (**)	2	-	24	33	43	56	72	90	110	135	164	198	239	286	334	382	432	505
			3	-	20	28	37	48	61	77	96	118	144	173	212	250	293	335	380	440

- 1) **Scelgo la tabella di portate dei cavi unipolari**
- 2) **Elimino tutte le righe che non contengono posa 4**
- 3) **Elimino le righe con non sono allineate su PVC (Termoplastico)**
- 4) **Elimino le righe che non sono allineate su 3 conduttori caricati**
- 5) **Elimino le colonne che non presentano $I_0 \geq I_b$**

Il primo risultato utile che trovo ($I_0 = 36$ A corrispondente alla sezione $S = 6$ mm²) è quello che cercavo

DAD 20/21 – sebago – 3B m.a.t.

dimcavi - 18.jpg

19.

Appendice 2: come trovare i valori di k all'interno delle tabelle?

In modo simile si procede per la caduta di tensione.

Esempio: individuare la di caduta di tensione unitaria k per cavo multipolare in EPR, trifase, $S = 10 \text{ mm}^2$ e $\cos\varphi = 0,80$

Tabella 1 – Cavi con conduttori in rame rosso isolati in materiale elastomerico

1) Scelgo la tabella dei cavi in EPR

2) Elimino tutte le colonne che non sono tripolari

3) Elimino le colonne che non sono sotto $\cos\varphi = 0,80$

4) Elimino le righe che non sono allineate su $S = 10 \text{ mm}^2$

Incrociando (come a «battaglia navale») la colonna di $\cos\varphi$ e la riga di S, trovo il valore cercato: $k = 3,45 \text{ mV/Am}$

Buon A.I.C.A.S. a tutti

DAD 20/21 – sebago – 3B m.a.t.

dimcavi - 19.jpg

File pdf

- [Dimensionamento cavi in BT - posa in aria](https://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Sebago:il-dimensionamento-dei-cavi-in-bt-con-posa-in-aria)

Estratto da "<https://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Sebago:il-dimensionamento-dei-cavi-in-bt-con-posa-in-aria>"