

Distribuzione di corrente

Correnti nominali delle sbarre in rame elettrolitico (DIN 43 671)

La norma DIN 43 671 determina il valore della corrente permanente delle sbarre con temperatura ambiente di 35°C e temperatura media delle sbarre di 65°C. Con l'ausilio di un fattore di correzione (k_2) è possibile modificare le correnti permanenti, riportate nella tabella sottostante, in base alle temperature di esercizio del singolo caso.

Per un funzionamento sicuro con adeguate riserve termiche è auspicabile limitare la temperatura delle sbarre al valore massimo di 85°C. Determinante è la minima temperatura permanente ammissibile dei componenti in diretto contatto con il sistema a sbarre (elementi a cavaliere, conduttori in uscita ecc.). La temperatura ambiente delle sbarre e/o dei sistemi sbarre non dovrebbe superare i 40°C; in media si consiglia un valore max. di 35°C.

Per le correnti permanenti indicate nella tabella si adotta un coefficiente di emissione pari a 0,4. Questo coefficiente corrisponde al valore tipico di una sbarra ossidata in rame. Poiché i moderni sistemi di distribuzione a sbarre vengono alloggiati in armadi di comando con grado di protezione IP 54 o superiore, si può assumere un coefficiente di emissione migliore. Un coefficiente migliore consente un ulteriore incremento delle correnti permanenti rispetto ai valori specificati in DIN 43 671, indipendentemente dalle temperature stabilite per l'aria circostante e le sbarre. I valori sperimentali indicano un incremento del 6 - 10% rispetto ai valori riportati in tabella per le sbarre in rame nude e del 60% per le sbarre in rame con superficie ossidata.

Esempio:

Per una sbarra in rame nudo 30 x 10 mm (rame elettrolitico F30) la norma DIN 43 671 stabilisce una corrente permanente di $I_{N65} = 573$ A. Il grafico del fattore di correzione per sezioni rettangolari mostra il fattore di correzione $k_2 = 1,29$ con una temperatura ambiente di 35°C e una temperatura delle sbarre di 85°C. Grazie al miglior coefficiente di emissione la corrente nominale viene aumentata ulteriormente del 6 - 10%. In questo esempio viene applicato un valore medio pari all'8%. Rispetto al valore tabellare indicato in DIN 43 671, la corrente nominale per una sbarra di rame 30 x 10 mm risulta essere:

$$I_{N85} = I_{N65} \cdot k_2 + 8\%$$

$$= 573 \text{ A} \cdot 1,29 \cdot 1,08$$

$$I_{N85} = 800 \text{ A}$$

Correnti permanenti delle sbarre

Sbarre in rame elettrolitico con sezione rettangolare, installate in quadri indoor, con temperatura dell'aria ambiente di 35°C e temperatura delle sbarre di 65°C, in posizione orizzontale o verticale.

Largh. x spessore mm	Sezione mm ²	Peso ¹⁾	Materiale ²⁾	Corrente permanente in A			
				Corrente alternata fino a 60 Hz		Corrente continua + corrente alternata 16 Hz	
				Sbarra nuda	Sbarra verniciata	Sbarra nuda	Sbarra verniciata
12 x 2	23,5	0,209	E-Cu F30	108	123	108	123
15 x 2	29,5	0,262		128	148	128	148
15 x 3	44,5	0,396		162	187	162	187
20 x 2	39,5	0,351		162	189	162	189
20 x 3	59,5	0,529		204	237	204	237
20 x 5	99,1	0,882		274	319	274	320
20 x 10	199,0	1,770		427	497	428	499
25 x 3	74,5	0,663		245	287	245	287
25 x 5	124,0	1,110		327	384	327	384
30 x 3	89,5	0,796		285	337	286	337
30 x 5	149,0	1,330		379	447	380	448
30 x 10	299,0	2,660		573	676	579	683
40 x 3	119,0	1,060		366	435	367	436
40 x 5	199,0	1,770		482	573	484	576
40 x 10	399,0	3,550		715	850	728	865
50 x 5	249,0	2,220		583	697	588	703
50 x 10	499,0	4,440		852	1020	875	1050
60 x 5	299,0	2,660		688	826	696	836
60 x 10	599,0	5,330		985	1180	1020	1230
80 x 5	399,0	3,550		885	1070	902	1090
80 x 10	799,0	7,110	1240	1500	1310	1590	
100 x 10	999,0	8,990	1490	1810	1600	1940	

¹⁾ Calcolato con una densità di 8,9 kg/dm³

²⁾ Base di riferimento per i valori della corrente permanente (valori estratti da DIN 43 671)

Portata di corrente delle sbarre PLS Rittal

Secondo la norma DIN 43 671 la corrente nominale base viene corretta con il fattore k_2 (grafico del fattore di correzione) in funzione delle condizioni di temperatura dell'ambiente e della sbarra. In ottemperanza alla norma DIN 43 671, i valori della portata delle sbarre speciali PLS Rittal sono stati determinati secondo le seguenti prove di misura:

Sbarre di distribuzione speciali PLS	Corrente nominale WS 50/60 Hz	
	per 35/75°C	per 35/65°C (valore base)
PLS 800	800 A	684 A
PLS 1600	1600 A	1368 A

Diagramma del fattore di correzione secondo DIN 43 671

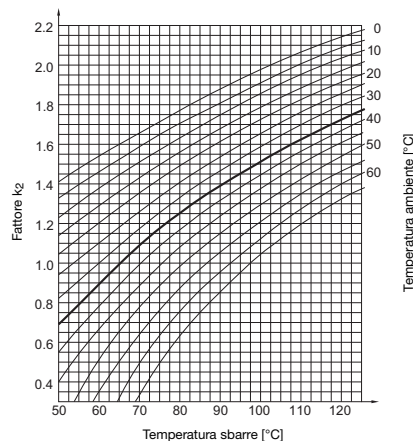
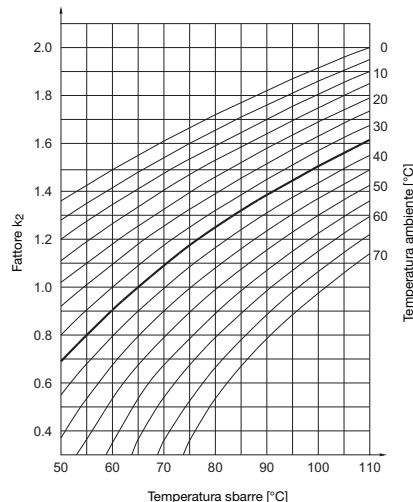


Diagramma del fattore di correzione per sbarre PLS



Distribuzione di corrente

Correnti nominali delle sbarre in rame elettrolitico (DIN 43 671)

A completamento delle correnti nominali delle sbarre in rame secondo DIN 43 671, sono riportati nella tabella sottostante ulteriori valori relativi alle correnti nominali dei sistemi di distribuzione a sbarre Flat-PLS costituiti da sbarre in rame nudo per corrente alternata fino a 60 Hz.

Tali valori sono stati misurati con i sistemi sbarre Flat-PLS disposti in armadi aventi diversi gradi di protezione e in presenza/ assenza di ventilazione forzata. Per ogni sistema sbarre e ogni grado di protezione sono indicati due valori che si riferiscono alla corrente nominale con sovratemperatura 30 K e 70 K. A differenza delle correnti nominali riportate in DIN 43 671, viene misurata come temperatura ambiente la temperatura all'esterno dell'armadio.

Questo criterio ha il vantaggio di tenere conto, nei dati nominali del sistema di distribuzione a sbarre, della notevole influenza esercitata su questi sistemi dai contenitori che alloggiavano gli armadi di comando. Il dimensionamento di un sistema sbarre secondo DIN 43 671 che non tiene conto del contenitore può dar luogo a problemi termici all'interno del contenitore, qualora vi siano correnti elevate.

La norma IEC 61 439-1/DIN EN 61 439-1 fissa limiti di sovratemperatura anche superiori a 70 K. Tuttavia la temperatura assoluta delle sbarre, con una temperatura ambiente di 35°C e limite di sovratemperatura di 70 K, è di 105°C. Tale valore è elevato, ma ben inferiore per il fenomeno di «softening» termico del rame, e quindi accettabile.

Esempio:

Se si adotta una corrente nominale con sovratemperatura di 30 K, la temperatura delle sbarre sarà superiore di 30 K alla temperatura ambiente dell'armadio di comando. In valori assoluti ne deriva che, con una temperatura ambiente di 35°C intorno all'armadio, la temperatura assoluta massima delle sbarre è di 65°C.

Correnti nominali alternate del sistema sbarre Flat-PLS fino a 60 Hz per sbarre in rame nudo (rame elettrolitico F30), espresse in A

Configurazione sistema sbarre Flat-PLS	Grado di protezione dell'armadio/contenitore												
	Ri4Power DIN 43 671			IP 2X con aerazione forzata ¹⁾		IP 2X		IP 43		IP 54 con aerazione forzata ²⁾		IP 54	
	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 70 K$	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 70 K$	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 70 K$	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 70 K$	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 70 K$	$\Delta T = 30 K$	$\Delta T = 70 K$
2 x 40 x 10 mm	1290	1780	2640	1180	1900	1080	1720	1680	2440	1040	1640		
3 x 40 x 10 mm	1770	2240	3320	1420	2320	1280	2040	1980	2960	1200	1920		
4 x 40 x 10 mm	2280	2300	3340	1460	2380	1320	2100	2080	3020	1260	2000		
2 x 50 x 10 mm	1510	2200	3260	1340	2140	1200	1920	1980	2920	1140	1800		
3 x 50 x 10 mm	2040	2660	3900	1580	2540	1400	2240	2320	3440	1320	2100		
4 x 50 x 10 mm	2600	2700	4040	1640	2660	1440	2340	2360	3500	1380	2220		
2 x 60 x 10 mm	1720	2220	3340	1440	2300	1280	2060	2020	2940	1200	1920		
3 x 60 x 10 mm	2300	2700	4120	1720	2780	1540	2440	2400	3520	1440	2260		
4 x 60 x 10 mm	2900	2740	4220	1740	2840	1580	2540	2420	3580	1460	2360		
2 x 80 x 10 mm	2110	2760	4160	1740	2840	1600	2560	2540	3720	1480	2360		
3 x 80 x 10 mm	2790	3300	5060	2000	3260	1840	2960	3060	4520	1680	2700		
4 x 80 x 10 mm	3450	3680	5300	2060	3440	1900	3060	3220	4880	1780	2820		
2 x 100 x 10 mm	2480	3240	4840	1920	3200	1800	2880	2900	4340	1660	2660		
3 x 100 x 10 mm	3260	3580	5400	2200	3720	1980	3240	3320	4880	1920	2980		
4 x 100 x 10 mm	3980	3820	5500	2320	3820	2000	3400	3380	4900	1960	3120		

¹⁾ $I_N < 2000 A$ con l'impiego del ventilatore-filtro SK 3243.100, $I_N > 2000 A$ con l'impiego del ventilatore-filtro SK 3244.100.
²⁾ $I_N < 2000 A$ con l'impiego del ventilatore-filtro SK 3243.100 e del filtro di uscita SK 3243.200, $I_N > 2000 A$ con l'impiego del ventilatore-filtro SK 3244.100 e del filtro di uscita SK 3243.200.

Per ricavare le correnti nominali con temperature comprese tra i limiti di sovratemperatura per i sistemi sbarre Flat-PLS, si può utilizzare il grafico del fattore di correzione. Se sono disponibili i dati sulla temperatura ambiente massima e sulla temperatura massima di esercizio delle sbarre, con il grafico del fattore di correzione è possibile calcolare un fattore di correzione k_2 . Con il fattore di correzione k_2 e la corrente nominale con sovratemperatura 30 K, si calcola la nuova corrente nominale.

Esempio:

Sistema di distribuzione a sbarre Flat-PLS 100 con 4 x 100 x 10 mm

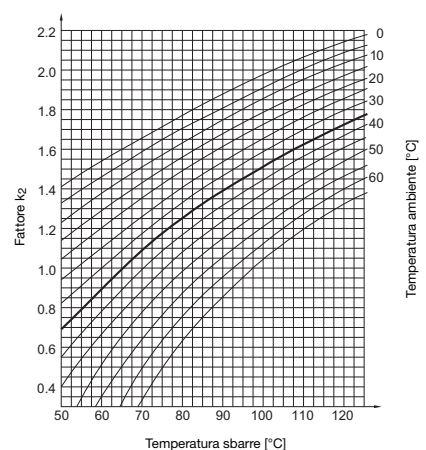
I_{N30} con IP 2X = 2320 A
 Temperatura ambiente = 35°C
 Temperatura sbarre = 85°C

Dal diagramma si ricava che il fattore $k_2 = 1,29$

La nuova corrente nominale, a tali condizioni, risulta essere:

$$I_N = I_{N30} \cdot k_2 = 2320 A \cdot 1,29 = 2992 A$$

Grafico del fattore di correzione



Distribuzione di corrente

Calcolo della potenza dissipata dalle sbarre di distribuzione

Partendo dall'impedenza in alternata si calcola la potenza dissipata delle sbarre di distribuzione secondo la formula seguente:

$$P_v = \frac{I_B^2 \cdot r \cdot l}{1000}$$

P_v [W] Potenza dissipata

I_B [A] Corrente di esercizio

r [mΩ/m] Impedenza in c.a. oppure resistenza in c.c. della sbarra

l [m] Lunghezza della sbarra, percorsa dalla corrente I_B

Per eseguire il calcolo della potenza dissipata, attenendosi alla formula di cui sopra, si assume nota la corrente nominale dei singoli circuiti o «le correnti di esercizio» nei singoli tratti di sbarre, oltre alla lunghezza dei corrispondenti conduttori facenti parte del sistema di controllo o di distribuzione. Invece la resistenza dei conduttori, in particolare l'impedenza in alternata delle configurazioni di sbarre, non è calcolabile facilmente e non è solitamente rilevabile mediante fogli di calcolo.

Perciò, al fine di ottenere dei risultati comparabili nel calcolo delle potenze dissipate, sono raggruppati nella tabella i valori di resistenza in mΩ/m delle sezioni più utilizzate delle sbarre in rame.

Impedenza c.a. delle sbarre in rame elettrolitico E-Cu 57

Dimensioni mm	Resistenza per 1 m di sbarre in mΩ/m ²							
	I 1 sbarra		III 3 sbarre		II III 3 x 2 sbarre		III III III 3 x 3 sbarre	
	$r_{GS}^{(1)}$ (65°C)	$r_{WS}^{(2)}$ (65°C)	$r_{GS}^{(1)}$ (65°C)	$r_{WS}^{(2)}$ (65°C)	$r_{GS}^{(1)}$ (65°C)	$r_{WS}^{(2)}$ (65°C)	$r_{GS}^{(1)}$ (65°C)	$r_{WS}^{(2)}$ (65°C)
	2	3	4	5	6	7	8	9
12 x 2	0,871	0,871	2,613	2,613				
15 x 2	0,697	0,697	2,091	2,091				
15 x 3	0,464	0,464	1,392	1,392				
20 x 2	0,523	0,523	1,569	1,569				
20 x 3	0,348	0,348	1,044	1,044				
20 x 5	0,209	0,209	0,627	0,627				
20 x 10	0,105	0,106	0,315	0,318	0,158	0,160		
25 x 3	0,279	0,279	0,837	0,837	0,419	0,419		
25 x 5	0,167	0,167	0,501	0,501	0,251	0,254		
30 x 3	0,348	0,348	1,044	1,044	0,522	0,527		
30 x 5	0,139	0,140	0,417	0,421	0,209	0,211		
30 x 10	0,070	0,071	0,210	0,214	0,105	0,109		
40 x 3	0,174	0,174	0,522	0,522	0,261	0,266		
40 x 5	0,105	0,106	0,315	0,318	0,158	0,163		
40 x 10	0,052	0,054	0,156	0,162	0,078	0,084	0,052	0,061
50 x 5	0,084	0,086	0,252	0,257	0,126	0,132	0,084	0,092
60 x 5	0,070	0,071	0,210	0,214	0,105	0,112	0,070	0,079
60 x 10	0,035	0,037	0,105	0,112	0,053	0,062	0,035	0,047
80 x 5	0,052	0,054	0,156	0,162	0,078	0,087	0,052	0,062
80 x 10	0,026	0,029	0,078	0,087	0,039	0,049	0,026	0,039
100 x 5	0,042	0,045	0,126	0,134	0,063	0,072	0,042	0,053
100 x 10	0,021	0,024	0,063	0,072	0,032	0,042	0,021	0,033
120 x 10	0,017	0,020	0,051	0,060	0,026	0,036	0,017	0,028

¹⁾ r_{GS} Resistenza c.c. del sistema a sbarre in mΩ/m
²⁾ r_{WS} Impedenza c.a. del sistema a sbarre in mΩ/m

I valori di resistenza della tabella si basano su una temperatura media presunta delle sbarre di 65°C (temperatura ambiente + sovratemperatura propria) e una resistenza specifica di

$$\rho (65^\circ\text{C}) = 20,9 \left[\frac{\text{m}\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$$

Esempio: r_{GS} per 1 sbarra 12 x 2 mm

$$r_{GS} = \frac{\rho (65^\circ\text{C}) \cdot l}{A} = \frac{20,9 \left[\frac{\text{m}\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] \cdot 1 \text{ m}}{24 \text{ mm}^2} = 0,871 \text{ m}\Omega$$

Per le temperature che si discostano da 65°C è possibile determinare le resistenze come segue:

Scostamento positivo della temperatura
 $r_{(x)} = r_{(65^\circ\text{C})} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$

Scostamento negativo della temperatura
 $r_{(x)} = r_{(65^\circ\text{C})} \cdot (1 - \alpha \cdot \Delta\theta)$

$r_{(x)}$ [mΩ/m] Resistenza a una temperatura liberamente impostabile

α $\left[\frac{1}{\text{K}} \right]$ Coefficiente di temperatura (per rame = $0,004 \frac{1}{\text{K}}$)

$\Delta\theta$ [K] Differenza di temperatura riferita al valore di resistenza a 65°C

ρ $\left[\frac{\text{m}\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$ Resistenza specifica

Schemi di foratura e fori di montaggio

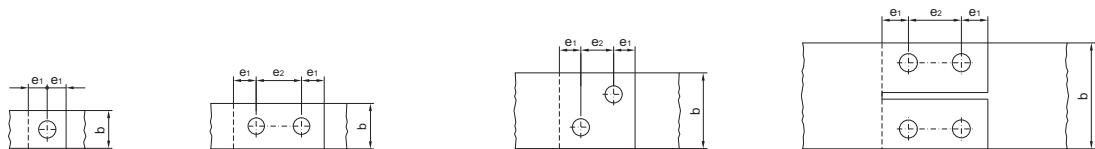
Larghezza sbarre mm		da 12 fino a 50		da 25 fino a 60			60			da 80 fino a 100		
Forma costruttiva ¹⁾		1		2			3			4		
Fori alle estremità delle sbarre (schema di foratura)												
Dimensioni foro	Larghezza nominale b	d	e ₁	d	e ₁	e ₂	e ₁	e ₂	e ₃	e ₁	e ₂	e ₃
	12	5,5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	6,6	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	9,0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	11	12,5	11	12,5	30	-	-	-	-	-	-
	30	11	15	11	15	30	-	-	-	-	-	-
	40	13,5	20	13,5	20	40	-	-	-	-	-	-
	50	13,5	25	13,5	20	40	-	-	-	-	-	-
	60	-	-	13,5	20	40	17	26	26	-	-	-
80	-	-	-	-	-	-	-	-	20	40	40	
100	-	-	-	-	-	-	-	-	20	40	50	

Tolleranza ammessa per interasse foro $\pm 0,3$ mm

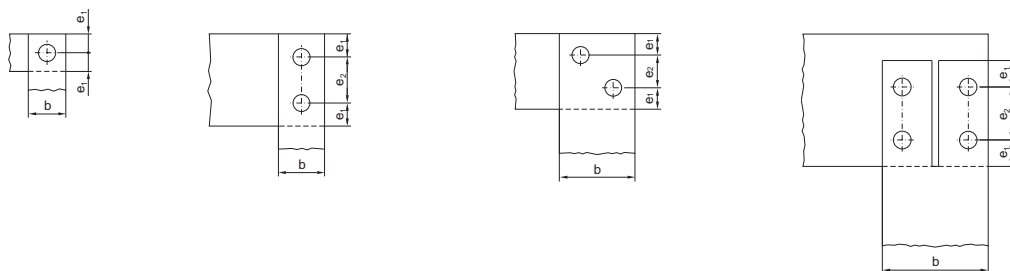
¹⁾ La definizione di forma 1 – 4 corrisponde a DIN 46 206 Parte 2 – connessione piatta

Esempi di giunzioni a vite per sbarre

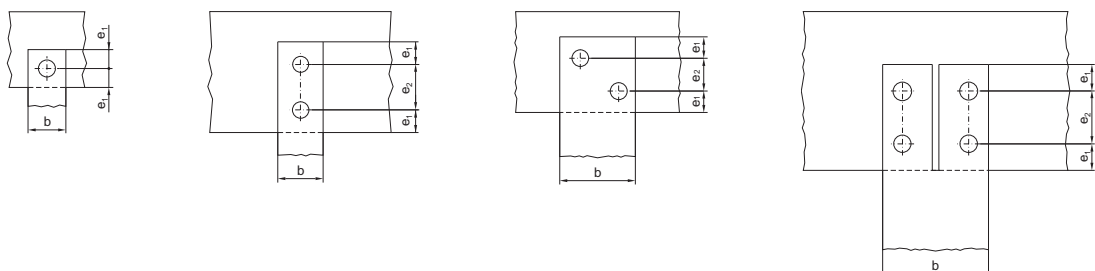
Giunzioni longitudinali



Giunzioni ad angolo



Giunzioni a T



Nota:

- I valori per le misure b, d, e₁ ed e₂ consultare la Tabella «Schemi di foratura e fori di montaggio»
- Le asolature sono consentite alle estremità di una sbarra o all'estremità di una batteria di sbarre