

Rozvod proudu

Jmenovité proudy přípojníc E-Cu (DIN 43 671)

V DIN 43 671 jsou stanoveny trvalé proudy protékající přípojnícemi při teplotě okolního prostředí 35 °C a průměrné teplotě přípojnice 65 °C. Pomocí korekčního činitele (k_2) lze trvalé proudy uvedené v následující tabulce upravit pro odlišné provozní teploty.

Pro bezpečný a spolehlivý provoz s tepelnou rezervou je nutno usilovat o to, aby byla teplota přípojnice omezena maximálně na 85 °C. Rozhodující je však nejnižší povolená trvalá teplota součástí, které jsou se systémem přípojníc v přímém dotyku (posuvné držáky pojistek, vývody vodičů atd.). Teplota vzduchu v prostředí okolo přípojníc, resp. systému přípojníc, musí být maximálně 40 °C; v průměru se doporučuje hodnota maximálně 35 °C.

Pro trvalé proudy uvedené v tabulce platí činitel vyzařování 0,4. To odpovídá měděné přípojnicí se zoxidovaným povrchem. U moderních systémů přípojníc – namontovaných v rozváděčových skříních se stupněm krytí IP 54 a vyšším - lze předpokládat příznivější činitel vyzařování. Příznivější činitel vyzařování umožňuje další zvýšení trvalých proudů ve srovnání s hodnotami dle normy DIN 43 671, nezávisle na stanovených teplotách vzduchu a přípojnice. Hodnoty ze zkušenosti ukazují zvýšení trvalých proudů o 6 – 10 % oproti hodnotám v tabulce, platným pro holé měděné přípojníc s povrchem zoxidovaným ze 60 %.

Příklad:

Pro holou měděnou přípojnicí 30 x 10 mm (E-Cu F30) stanoví DIN 43 671 hodnotu trvalého proudu na $I_{N65} = 573$ A. Graf korekčního činitele pro obdélníkové průřezy při teplotě vzduchu 35 °C a teplotě přípojnice 85 °C zobrazuje korekční činitel $k_2 = 1,29$. Na základě příznivějšího činitele vyzařování se trvalý proud zvyšuje o dalších 6 – 10 %. V tomto příkladu se používá průměrná hodnota 8 %. Na rozdíl od tabulkové hodnoty dle normy DIN 43 671 platí hodnota jmenovitého proudu udávaná firmou Rittal pro měděnou přípojnicí 30 x 10 mm:

$$I_{N85} = I_{N65} \cdot k_2 + 8 \% \\ = 573 \text{ A} \cdot 1,29 + 1,08 \\ I_{N85} = 800 \text{ A}$$

Trvalé proudy pro přípojníc

Z E-Cu s obdélníkovým průřezem ve vnitřních zařízeních, při teplotě vzduchu 35 °C a teplotě přípojnice 65 °C, ve svislé nebo vodorovné poloze strany se širším rozměrem přípojnice.

Šířka x tloušťka mm	Průřez mm ²	Hmotnost ¹⁾	Materiál ²⁾	Trvalý proud v A			
				Střídavý proud do 60 Hz		Stejnoseměrný proud + střídavý proud 16 Hz	
				holá přípojnice	natřená přípojnice	holá přípojnice	natřená přípojnice
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⁾ Počítáno s hustotou 8,9 kg/dm³

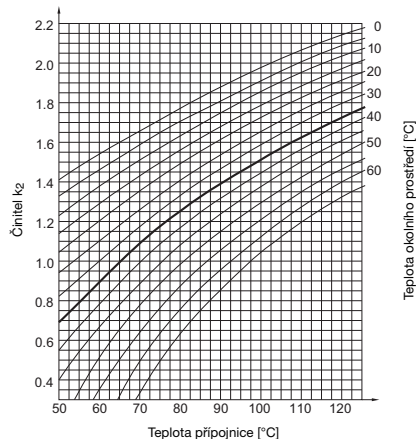
²⁾ Referenční základ pro hodnoty trvalých proudů (hodnoty převzaty z DIN 43 671)

Proudová zatížitelnost Rittal PLS

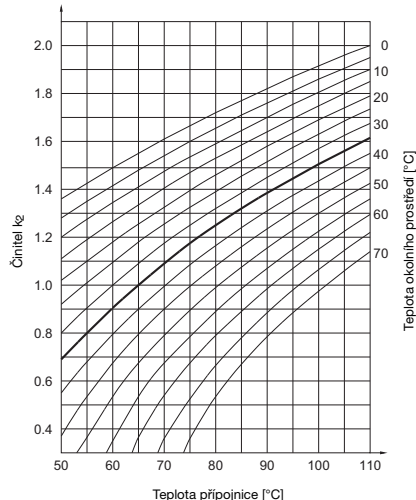
Ve smyslu DIN 43 671 se pomocí korekčního činitele k_2 (graf korekčního činitele) upravuje základní jmenovitý proud ve vztahu k existujícím poměrům teploty okolního prostředí a teploty přípojnice. V souladu s DIN 43 671 byly hodnoty zatížení speciálních přípojníc Rittal PLS po pokusných měřeních určeny takto:

Speciální přípojnice PLS	Jmenovitý proud stř. 50/60 Hz	
	pro 35/75 °C	pro 35/65 °C (základní hodnota)
PLS 800	800 A	684 A
PLS 1600	1600 A	1368 A

Graf korekčního činitele dle normy DIN 43 671



Graf korekčního činitele pro PLS



Pro doplnění jmenovitých proudů pro měděné přípojnice dle DIN 43 671 jsou v následující tabulce uvedeny doplňující hodnoty pro jmenovité proudy systémů přípojníc Flat-PLS s holými měděnými přípojnícemi pro střídavý proud do 60 Hz.

Tyto hodnoty byly zjišťovány u systémů přípojníc Flat-PLS, které byly namontovány do rozváděčových skříní s různými stupni krytí, s nuceným větráním a bez něj. Pro každý systém přípojníc a každý stupeň krytí jsou uvedeny dvě hodnoty, které představují jmenovitý proud při zvýšení teploty o 30 K a 70 K. Na rozdíl od jmenovitých proudů dle DIN 43 671 se jako okolní teplota měří teplota mimo rozváděčovou skříň.

Výhodou tohoto posouzení je, že se ve jmenovitých datech systému přípojníc zohlední rozváděčová skříň, která může mít na systém přípojníc velký vliv. Dimenzování systému přípojníc dle DIN 43 671 bez zohlednění rozváděčové skříně může vést u vyšších proudů k tepelným problémům uvnitř rozváděčové skříně.

IEC 61 439-1/DIN EN 61 439-1 sice dovoluje také vyšší mezní nárůst teploty než 70 K, avšak při teplotě okolního prostředí 35 °C a mezním nárůstu teploty 70 K je absolutní teplota přípojníc 105 °C. Těchto 105 °C představuje vysokou teplotu, která se však nachází výrazně pod bodem změknutí měděného materiálu vlivem tepla a je tudíž akceptovatelná.

Příklad:

Použije-li se jmenovitý proud při teplotě zvýšené o 30 K, znamená to, že teplota přípojníc je 30 K nad teplotou okolního prostředí rozváděčové skříně. Vyjádřeno v absolutních hodnotách to tudíž znamená, že při teplotě okolního prostředí 35 °C okolo rozváděčové skříně vyplývá absolutní teplota přípojníc max. 65 °C.

Jmenovité střídavé proudy systému přípojníc Flat-PLS do 60 Hz pro holé měděné přípojnice (E-Cu F30) v A

Provedení přípojnícového systému Flat-PLS	Stupeň krytí rozváděčové skříně												
	Ri4Power DIN 43 671			IP 2X s nuceným větráním ¹⁾		IP 2X		IP 43		IP 54 s nuceným větráním ²⁾		IP 54	
	ΔT = 30 K	ΔT = 30 K	ΔT = 70 K	ΔT = 30 K	ΔT = 70 K	ΔT = 30 K	ΔT = 70 K	ΔT = 30 K	ΔT = 70 K	ΔT = 30 K	ΔT = 70 K	ΔT = 30 K	ΔT = 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⁾ Při $I_N < 2000$ A s použitím ventilátoru s filtrem SK 3243.100, při $I_N > 2000$ A s použitím ventilátoru s filtrem SK 3244.100
²⁾ Při $I_N < 2000$ A s použitím ventilátoru s filtrem SK 3243.100 a výstupní mřížky SK 3243.200, při $I_N > 2000$ A s použitím ventilátoru s filtrem SK 3244.100 a výstupní mřížky SK 3243.200

Pro stanovení jmenovitých proudů při teplotách ležících mezi mezními nárůsty teploty systémů přípojníc Flat-PLS lze použít graf korekčního činitele. Jsou-li k dispozici údaje o maximální teplotě okolního prostředí a maximální povolené teplotě přípojníc, lze pomocí grafu korekčního činitele stanovit korekční činitel k_2 . S pomocí korekčního činitele k_2 a údaje jmenovitého proudu při mezním nárůstu teploty 30 K se se vypočítá nový jmenovitý proud.

Příklad:

Systém přípojníc Flat-PLS 100 s 4 x 100 x 10 mm

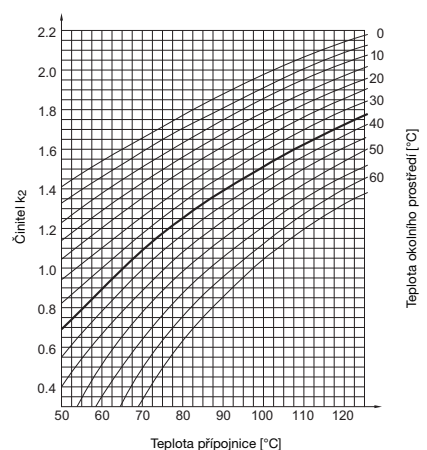
I_{N30} při IP 2X = 2320 A
 Teplota okolního prostředí = 35 °C
 Teplota přípojníc = 85 °C

Z grafu vyplývá činitel $k_2 = 1,29$

Nový jmenovitý proud za těchto podmínek se vypočítá následovně:

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

Graf korekčního činitele



Rozvod proudu

Výpočet ztrátového výkonu přípojníc

Při znalosti odporu střídavého proudu se dá ztrátový výkon přípojníc vypočítat při použití následujícího vztahu:

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

P_v [W] ztrátový výkon

I_B [A] provozní proud

r [mΩ/m] střídavý odpor nebo stejnosměrný odpor přípojnice

l [m] délka přípojnice, kterou protéká I_B

K výpočtu ztrátového výkonu dle výše uvedeného vzorce lze v jednotlivém případě předpokládat, že jmenovitý proud určitého proudového obvodu, popř. provozní proudy úseků přípojníc i příslušné délky systému vodičů v zařízení nebo rozvodu, jsou známy. Naproti tomu odpor systémů vodičů – obzvláště odpor pro střídavý proud v uspořádáních přípojníc – nelze jen tak převzít z dokumentace nebo jinak zjistit.

Z tohoto důvodu a za účelem získání srovnatelných výsledků při určování ztrátových výkonů jsou v tabulce shrnuty hodnoty odporu v mΩ/m pro nejpoužívanější průřezy přípojníc z mědi.

Odpor střídavého proudu přípojníc z E-Cu 57

Rozměry ¹⁾ mm	Odpor na 1 m systému přípojníc v mΩ/m ²⁾							
	I 1 hlavní vodič		III 3 hlavní vodiče		II II II 3 x 2 hlavní vodiče		III III III 3 x 3 hlavní vodiče	
	$r_{GS}^{(1)}$ (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} stejnosměrný odpor systému přípojníc v mΩ/m

²⁾ r_{WS} střídavý odpor systému přípojníc v mΩ/m

Hodnoty odporu v tabulce se opírají o předpokládanou střední teplotu přípojníc 65 °C (teplota okolního prostředí + vlastní zahřátí), a tím o měrný odpor

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

Příklad: r_{GS} pro 1 hlavní vodič 12 x 2 mm

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

Pro teploty přípojníc odlišné od 65 °C lze stanovit odpory následovně:

Kladná teplotní odchylka

$$r_{(x)} = r_{(65 \text{ °C})} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$$

Záporná teplotní odchylka

$$r_{(x)} = r_{(65 \text{ °C})} \cdot (1 - \alpha \cdot \Delta\theta)$$

$r_{(x)}$ [mΩ/m] odpor při libovolné volitelné teplotě

α $\left[\frac{1}{\text{K}} \right]$ teplotní součinitel (pro Cu = 0,004 $\frac{1}{\text{K}}$)

$\Delta\theta$ [K] teplotní rozdíl vztahovaný k hodnotě odporu při 65 °C

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

Vzorové šablony vrtaných otvorů a otvory

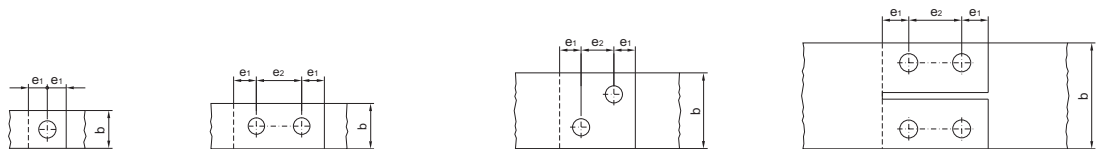
Šířky přípojníc mm		12 až 50		25 až 60			60			80 až 100		
Forma ¹⁾		1		2			3			4		
Otvory na koncích přípojníc (vzorová šablona vrtání)												
Rozměry otvorů	Jmenovitá šířka b	d	e ₁	d	e ₁	e ₂	e ₁	e ₂	e ₃	e ₁	e ₂	e ₃
	12	5,5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	6,6	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	9,0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	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	

Povolené odchylky pro rozteče otvorů $\pm 0,3$ mm

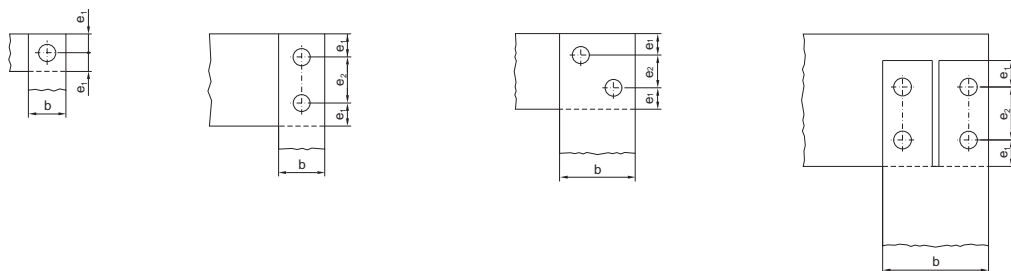
¹⁾ Označení forem 1 – 4 odpovídá normě DIN 46 206 část 2 – ploché připojení

Příklady šroubovaných spojů přípojníc

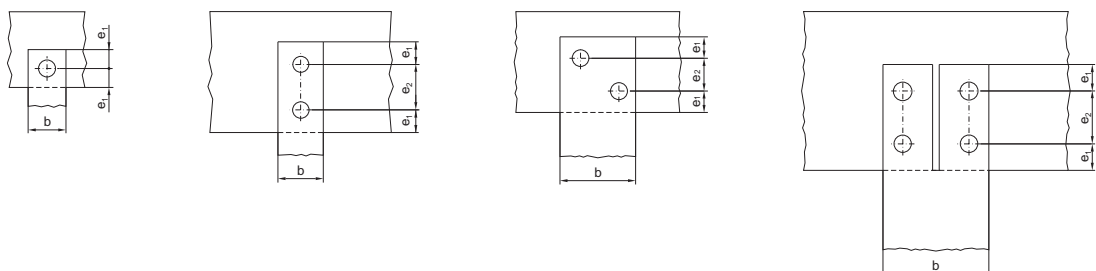
Podélné spoje



Úhlové spoje



Spoje T



Upozornění:

- Číselné hodnoty rozměrů b, d, e₁ a e₂ viz tabulka „Vzorové šablony vrtaných otvorů a otvory“
- Na konci přípojnice nebo na konci svazku přípojníc jsou povolené podlouhlé otvory