

Rozdział mocy

Prądy znamionowe szyn zbiorczych E-Cu (DIN 43 671)

W normie DIN 43 671 ustalone zostały prądy stałe dla szyn zbiorczych przy temperaturze otoczenia 35°C i średniej temperaturze szyn zbiorczych 65°C. Za pomocą współczynnika korekcyjnego (k_2) prądy stałe podane w poniższej tabeli mogą być korygowane pod kątem odchyień temperatury roboczej.

W celu zapewnienia bezpiecznej pracy z odpowiednim zapasem temperaturowym, temperatura szyn zbiorczych nie powinna przekraczać 85°C. Należy jednak przy tym pamiętać o minimalnej dopuszczalnej temperaturze komponentów, posiadających bezpośredni kontakt z systemem szyn zbiorczych (elementy sterujące, odchodzące przewody itp.). Temperatura otoczenia szyn zbiorczych lub systemu szyn zbiorczych nie może przekraczać 40°C; w środku zaleca się jej wartość maksymalną 35°C.

Dla podanych w tabeli prądów stałych obowiązuje stopień emisji 0,4. Odpowiada to utlenionej szynie miedzianej. W nowoczesnych systemach szyn zbiorczych – zabudowanych w szafach sterowniczych o klasie ochrony IP 54 i wyższej – można przyjąć korzystniejszy stopień emisji. Korzystniejszy stopień emisji umożliwia dodatkowy wzrost prądów stałych w stosunku do wartości dla norm DIN 43 671, niezależnie od ustalonej temperatury powietrza i szyny. Wartości ustalone na drodze doświadczeń wskazują na wzrost prądu stałego o 6 – 10 % w stosunku do danych z tabeli dla odkrytych szyn, do 60 % dla utlenionych szyn miedzianych.

Przykład:

Dla odkrytej szyny miedzianej 30 x 10 mm (E-Cu F30) według normy DIN 43 671 ustalony jest prąd stały $I_{N65} = 573$ A. Wykres współczynnika korekcyjnego dla przekrojów prostokątnych pokazuje przy temperaturze powietrza 35°C i temperaturze szyn 85°C współczynnik korekcyjny $k_2 = 1,29$. Z uwagi na korzystny stopień emisji prąd stały wzrasta o kolejne 6 – 10 %. W przedstawionym przykładzie użyto wartości średnią 8 %. W przeciwieństwie do wartości z tabeli normy DIN 43 671 uzyskiwane są dane prądu znamionowego zgodne z normami Rittal dla szyn miedzianych 30 x 10 mm:

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

Prądy stałe dla szyn prądowych

Z E-Cu o przekroju prostokątnym w instalacjach wewnątrz szafy przy temperaturze powietrza 35°C i temperaturze szyn 65°C położone pionowo lub poziomo szerokości szyny.

Szerokość x grubość mm	Przekrój poprzeczny mm ²	Masa ¹⁾	Materiał ²⁾	Prąd stały w A			
				Prąd zmienny do 60 Hz		Prąd stały + prąd zmienny 16 Hz	
				szyna bez pokrycia	szyna pokryta	szyna bez pokrycia	szyna pokryta
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⁾ Obliczenie dla gęstości 8,9 kg/dm³

²⁾ Podstawa dla wartości prądu stałego (wartości normy DIN 43 671)

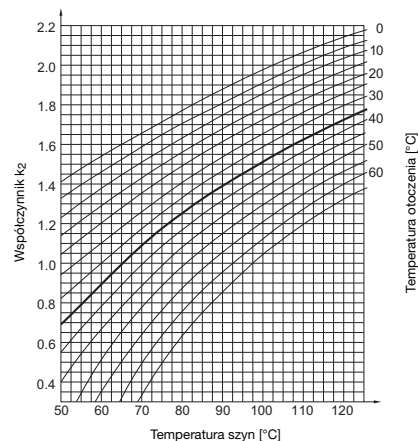
Obciążenie prądowe Rittal PLS

Zgodnie z normą DIN 43 671 za pomocą współczynnika korekcyjnego k_2 (wykres współczynnika korekcyjnego) znamionowy prąd bazowy jest korygowany do istniejących stosunków temperaturowych otoczenia i szyny zbiorczej.

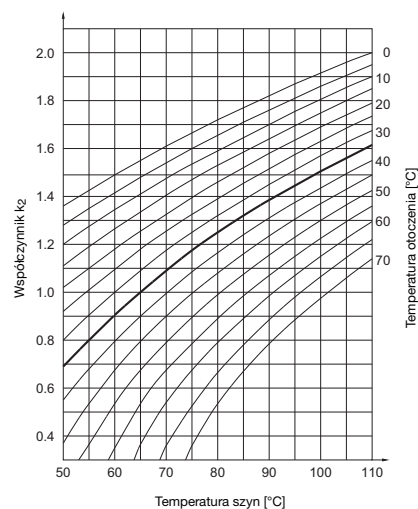
Odpowiednio do normy DIN 43 671 wartości obciążeniowe szyn specjalnych PLS Rittal zostały ustalone po przeprowadzeniu prób pomiarowych w następujący sposób:

Specjalne szyny profilowe PLS	Prąd znamionowy WS 50/60 Hz	
	dla 35/75°C	dla 35/65°C (wartość podstawowa)
PLS 800	800 A	684 A
PLS 1600	1600 A	1368 A

Wykres współczynnika korekcyjnego zgodnie z normą DIN 43 671



Wykres współczynnika korekcyjnego dla PLS



Prądy znamionowe szyn zbiorczych E-Cu (DIN 43 671)

Uzupełniająco do prądów znamionowych dla szyn miedzianych wg DIN 43 671 w poniższej tabeli wymieniono dodatkowe wartości prądów znamionowych systemów szyn zbiorczych Flat-PLS z odsłoniętymi szynami miedzianym dla prądu zmiennego do 60 Hz.

Wartości te zostały określone w systemach szyn zbiorczych Flat-PLS, które były montowane w szafach sterowniczych o różnych klasach ochrony oraz z lub bez wentylacji wymuszonej. Dla każdego systemu szyn i dla każdej klasy ochrony podane są dwie wartości, które prezentują prąd znamionowy przy 30 K i 70 K przegrzania. W odróżnieniu do prądów znamionowych według DIN 43 671 temperatura otoczenia to temperatura zmierzona poza szafą sterowniczą.

Zaletą takiego podejścia jest fakt, iż obudowa szafy sterowniczej może mieć duży wpływ na system szyn zbiorczych, co jest uwzględniane w danych pomiarowych systemu szyn zbiorczych. Rozplanowanie systemu szyn zbiorczych wg DIN 43 671 bez uwzględnienia obudowy szafy może, w przypadku dużych prądów, prowadzić do problemów termicznych we wnętrzu szafy.

IEC 61 439-1/EN 61 439-1 pozwala wprowadzić na wyższe temperatury graniczne niż 70 K. Jednak bezwzględna temperatura szyny zbiorczej przy temperaturze otoczenia 35°C i 70 K jest równa temperaturze granicznej 105°C. Te 105°C to wysoka wartość, jednak wyraźnie mniej od zaniku umocnienia miedzi i tym samym akceptowalna.

Przykład:

Jeżeli stosowany jest prąd znamionowy przy przegrzaniu 30 K, oznacza to, że temperatura szyn zbiorczych leży 30 K powyżej temperatury otoczenia obudowy szafy. Wyrażając w wartościach bezwzględnych w temperaturze otoczenia 35°C wokół szafy temperatura bezwzględna szyny zbiorczej wynosi maks. 65°C.

Znamionowe prądy zmienne systemu szyn zbiorczych Flat-PLS do 60 Hz dla odkrytych szyn miedzianych (E-Cu F30) w A

Wersja systemu szyn zbiorczych Flat-PLS	Stopień ochrony obudowy szafy										
	Ri4Power DIN 43 671 z wentylacją wymuszoną ¹⁾			IP 2X		IP 43		IP 54 z wentylacją wymuszoną 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
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⁾ przy $I_N \leq 2000$ A przy zastosowaniu wentylatorów filtrujących SK 3243.100,

przy $I_N > 2000$ A przy zastosowaniu wentylatorów filtrujących SK 3244.100

²⁾ przy $I_N \leq 2000$ A przy zastosowaniu wentylatorów filtrujących SK 3243.100 i filtrów wylotowych SK 3243.200,

przy $I_N > 2000$ A przy zastosowaniu wentylatorów filtrujących SK 3244.100 i filtrów wylotowych SK 3243.200

Do określenia prądów znamionowych w temperaturach leżących pomiędzy temperaturami granicznymi systemów szyn zbiorczych, można użyć wykresu współczynnika korekcyjnego. Jeżeli dane leżą ponad maksymalną dopuszczalną temperaturą szyny, dzięki wykresowi współczynnika korekcyjnego można określić ten współczynnik k_2 . Dzięki współczynnikowi korekcji k_2 i danym prądowi znamionowemu w temperaturze granicznej 30°K obliczany jest prąd znamionowy.

Przykład:

System szyn zbiorczych Flat-PLS 100 z 4 x 100 x 10 mm

I_{N30} przy IP 2X = 2320 A

Temperatura otoczenia = 35°C

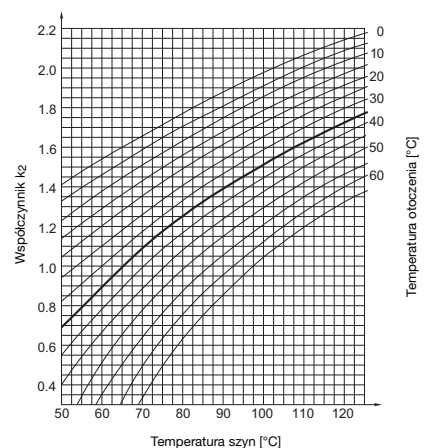
Temperatura szyn = 85°C

Z wykresu wynika współczynnik $k_2 = 1,29$

Nowy prąd znamionowy oblicza się wtedy w tych warunkach:

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

Wykres współczynnika korekcji



Rozdział mocy

Obliczanie straty mocy szyn zbiorczych

Stratę mocy szyn zbiorczych można obliczyć znając impedancję z użyciem następującej zależności:

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

P_v [W] moc tracona

I_B [A] prąd znamionowy

r [mΩ/m] impedancja lub rezystancja szyny zbiorczej

l [m] długość szyny zbiorczej, przez którą przepływa I_B

W celu obliczenia straty mocy według wyżej wymienionego wzoru można w szczególnym przypadku przyjąć jako wiadome: prąd znamionowy obwodu prądowego bądź „prądy robocze” odcinków szyny zbiorczej oraz odpowiednią długość systemu przewodników w instalacji lub w urządzeniu rozdzielczym. Natomiast rezystancji systemów przewodników – w szczególności impedancji konfiguracji szyn zbiorczych – nie można po prostu zaczerpnąć z dokumentacji lub ustalić samemu.

Z tego powodu oraz aby otrzymać porównywalne wyniki przy ustalaniu strat mocy, zestawione zostały w tabeli wartości rezystancji w mΩ/m dla najczęściej używanych przekrojów poprzecznych szyn zbiorczych z miedzi.

Impedancje szyn zbiorczych z E-Cu 57

Wymiary ¹⁾ mm	Rezystancja na każdy 1 m systemu szyny prądowej w mΩ/m ²⁾							
	I 1 przewód główny		III 3 przewody główne		II II II 3 x 2 przewody główne		III III III 3 x 3 przewody główne	
	$r_{GS}^{(1)}$ (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} Rezystancja systemu szyn zbiorczych w mΩ/m

²⁾ r_{WS} Impedancja systemu szyn zbiorczych w mΩ/m

Wartości rezystancji w tabeli bazują na przyjętej średniej temperaturze szyn zbiorczych wynoszącej 65°C (temperatura otoczenia + ogrzewanie od strat własnych) i rezystancji właściwej

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

Przykład: r_{GS} dla 1 przewodu głównego 12 x 2 mm

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

Rezystancje dla temperatur szyn zbiorczych innych niż 65°C można obliczyć w następujący sposób:

Dodatnia odchyłka temperatury

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

Ujemna odchyłka temperatury

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

$r_{(x)}$ [mΩ/m] Rezystancja przy dowolnie wybranej temperaturze

α $\left[\frac{1}{\text{K}} \right]$ Współczynnik temperatury (dla Cu = 0,004 $\frac{1}{\text{K}}$)

$\Delta\theta$ [K] Różnica temperatur w odniesieniu do wartości rezystancji przy 65°C

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

Wzorzec otworów i otwory

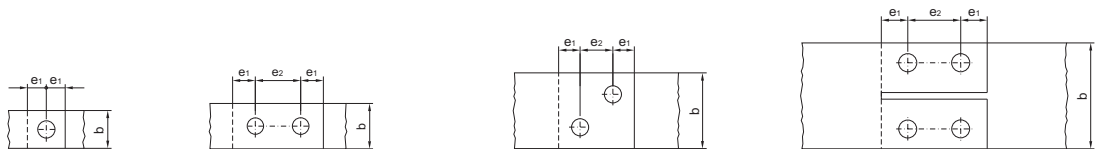
Szerokości szyn mm		12 do 50		25 do 60			60			80 do 100		
Typ ¹⁾		1		2			3			4		
Otwory zakończeń szyn (układ otworów)												
Wymiar otworu	Szerokość nominalna b	d	e ₁	d	e ₁	e ₂	e ₁	e ₂	e ₃	e ₁	e ₂	e ₃
	12	5,5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	6,6	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	9,0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	11	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	

Dopuszczalne odchylenia dla odstępów pomiędzy środkami otworów $\pm 0,3$ mm

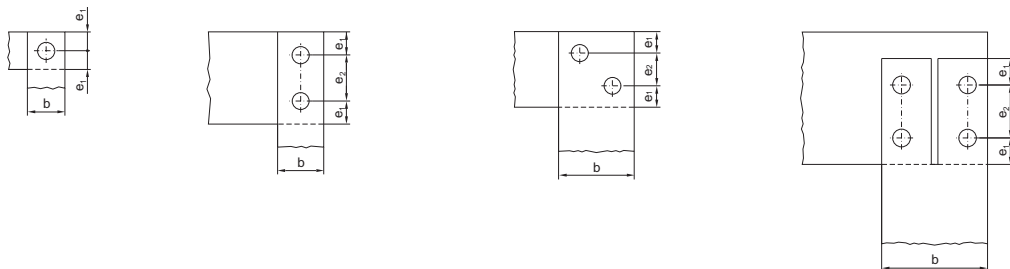
¹⁾ Oznaczenie typu 1 – 4 odpowiada normie DIN 46 206 część 2 – Podłączenie płaskie

Przykłady połączeń śrubowych szyn zbiorczych

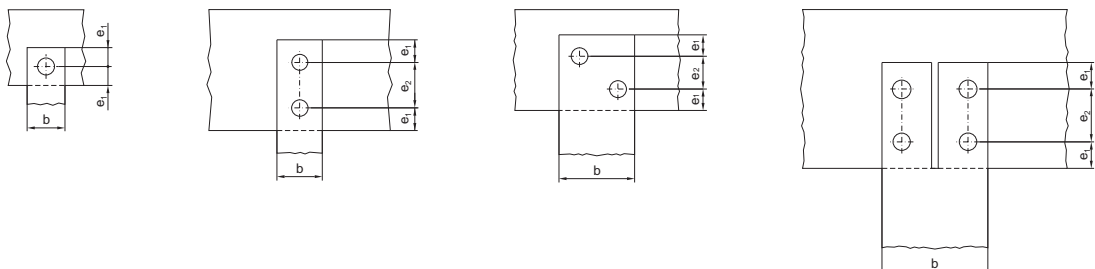
Połączenia wzdlużne



Połączenia kątowe



Połączenia T



Wskazówka:

- Wartości liczbowe dla wymiarów b, d, e₁ i e₂ jak w tabeli „Wzorzec otworów i otwory”
- Na końcu szyny lub pakietu szyn dopuszczalne są otwory podłużne