

Электрораспределение

Номинальные токи шин E-Cu (DIN 43 671)

В стандарте DIN 43 671 определены параметры установившегося тока на шинных системах при температуре окружающего среды 35°C и средней температуре шин 65°C. С помощью корректировочного коэффициента (k_2) указанные в таблице ниже параметры установившегося тока могут быть пересчитаны под иные температурные условия.

Для обеспечения надежной эксплуатации с термическим резервом не рекомендуется допускать превышения температуры шин 85°C. Однако решающее значение имеет допустимая минимальная установившаяся температура компонентов, имеющих непосредственный контакт с шинной системой (предохранительные элементы, отходящие линии и проч.). Температура окружающей среды вокруг шин или шинной системы не должна превышать макс. 40°C; рекомендуемое среднее значение макс. 35°C.

Для приведенных в таблице параметров установившегося тока действует коэффициент излучения 0,4. Это соответствует окисленной медной шине. В современных шинных системах, установленных в распределительных шкафах со степенью защиты IP 54 и выше, может быть принят более благоприятный коэффициент излучения. Более благоприятный коэффициент излучения дает возможность дополнительно увеличить установившиеся токи, по сравнению с требованиями стандарта DIN 43 671, независимо от установленных температуры воздуха и шин. Опытные данные показывают увеличение установившегося тока на 6 – 10 % по сравнению с параметрами в таблице для неизолированных медных шин с процентом окисления поверхности до 60 %.

Пример:

Для неизолированной медной шины 30 x 10 мм (E-Cu F30) стандарт DIN 43 671 устанавливает значение длительного тока $I_{N65} = 573$ А.

По диаграмме корректировочного коэффициента для прямоугольных сечений шин при температуре воздуха 35°C и температуре шины 85°C получаем корректировочный коэффициент $k_2 = 1,29$. Вследствие более благоприятного коэффициента излучения установившийся ток может быть увеличен еще на 6 – 10 %. В данном примере используем среднее значение в размере 8%. Согласно табличным значениям стандарта DIN 43 671 параметр номинального тока для медной шины Rittal сечением 30 x 10 мм:

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

Установившиеся токи для шин

Материал E-Cu, прямоугольное сечение для установок в закрытых помещениях при температуре воздуха 35°C и температуре шины 65°C, вертикальное или горизонтальное положение шины.

Ширина x Толщина мм	Сечение мм ²	Вес ¹⁾	Материал ²⁾	Установившийся ток в А			
				Переменный ток до 60 Гц		Постоянный ток + Переменный ток 16 Гц	
				неизолированная шина	изолированная шина	неизолированная шина	изолированная шина
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⁾ Рассчитан для плотности 8,9 кг/дм³

²⁾ Расчетная база для параметров установившегося тока (значения по стандарту DIN 43 671)

Токвая нагрузка Rittal PLS

В соответствии со стандартом DIN 43 671 с помощью корректировочного коэффициента k_2 (диаграмма корректировочного коэффициента) корректируются значения базового номинального тока по имеющимся значениям температур окружающего воздуха и самих шин.

В соответствии со стандартом DIN 43 671, параметры нагрузки для шин специальной формы Rittal PLS после измерительных испытаний рассчитаны следующим образом:

Шины шин сечением	Номинальный ток WS 50/60 Гц	
	для 35/75°C	для 35/65°C (базовое значение)
PLS 800	800 А	684 А
PLS 1600	1600 А	1368 А

Диаграмма корректировочного коэффициента согл. DIN 43 671

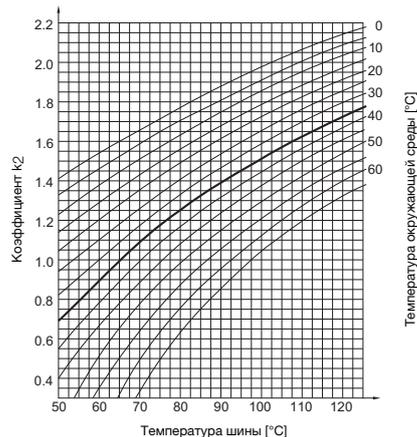
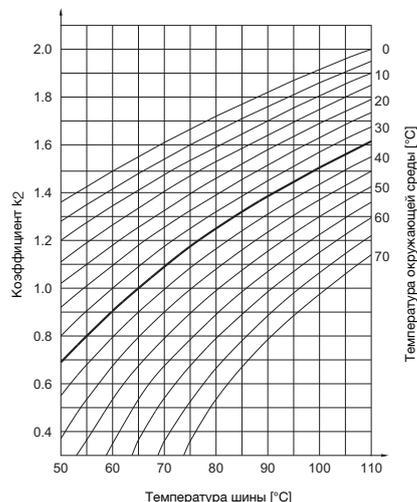


Диаграмма корректировочного коэффициента для PLS



В дополнение к номинальным токам медных шин согласно DIN 43 671, в последующих таблицах указаны дополнительные значения номинальных токов для шин Flat-PLS, состоящих из гладких медных шин, при переменном токе до 60 Гц.

Эти значения были определены при использовании шин системы Flat-PLS, установленных в распределительных шкафах с различными степенями защиты, а также с или без принудительной вентиляции. Для каждой системы шин и каждой степени защиты указываются два значения, отображающих номинальный ток при превышении температуры на 30 К и 70 К. В отличие от номинальных токов по стандарту DIN 43 671, в качестве температуры окружающей среды используется температура за пределами распределительного шкафа.

Преимуществом данного рассмотрения является то, что корпус распределительного шкафа, который способен оказывать значительное воздействие на шинную сборку, учитывается в номинальных параметрах шинной сборки. Проектирование шинной системы в соответствии со стандартом DIN 43 671, без учета корпуса распределительного шкафа, в частности при высоких токах может привести к термическим проблемам внутри распределительного шкафа.

Стандарт МЭК 61 439-1 допускает и более высокое предельное превышение температуры, чем 70 К. Но абсолютная температура шины при окружающей температуре в 35°C и предельном превышении температуры в 70 К составляет 105°C. Данные 105°C являются высоким значением, но при этом оно значительно ниже термической потери прочности меди и поэтому является приемлемым.

Пример:

Если используется номинальная сила тока при превышении температуры в 30 К, это означает, что температура шины на 30 К превышает температуру вокруг корпуса распределительного шкафа. Выражаясь в абсолютных значениях, при температуре окружающей среды вокруг корпуса распределительного шкафа в 35°C абсолютная температура шины будет составлять макс. 65°C.

Номинальный переменный ток шин Flat-PLS до 60 Гц для гладких медных шин (E-Cu F30) в А

Исполнение шинная система Flat-PLS	Степень защиты корпуса распределительного шкафа										
	Ri4Power DIN 43 671	IP 2X с принудительной вентиляцией ¹⁾		IP 2X		IP 43		IP 54 с принудительной вентиляцией ²⁾		IP 54	
		ΔT = 30 К	ΔT = 30 К	ΔT = 70 К	ΔT = 30 К	ΔT = 70 К	ΔT = 30 К	ΔT = 70 К	ΔT = 30 К	ΔT = 70 К	ΔT = 30 К
2 x 40 x 10 мм	1290	1780	2640	1180	1900	1080	1720	1680	2440	1040	1640
3 x 40 x 10 мм	1770	2240	3320	1420	2320	1280	2040	1980	2960	1200	1920
4 x 40 x 10 мм	2280	2300	3340	1460	2380	1320	2100	2080	3020	1260	2000
2 x 50 x 10 мм	1510	2200	3260	1340	2140	1200	1920	1980	2920	1140	1800
3 x 50 x 10 мм	2040	2660	3900	1580	2540	1400	2240	2320	3440	1320	2100
4 x 50 x 10 мм	2600	2700	4040	1640	2660	1440	2340	2360	3500	1380	2220
2 x 60 x 10 мм	1720	2220	3340	1440	2300	1280	2060	2020	2940	1200	1920
3 x 60 x 10 мм	2300	2700	4120	1720	2780	1540	2440	2400	3520	1440	2260
4 x 60 x 10 мм	2900	2740	4220	1740	2840	1580	2540	2420	3580	1460	2360
2 x 80 x 10 мм	2110	2760	4160	1740	2840	1600	2560	2540	3720	1480	2360
3 x 80 x 10 мм	2790	3300	5060	2000	3260	1840	2960	3060	4520	1680	2700
4 x 80 x 10 мм	3450	3680	5300	2060	3440	1900	3060	3220	4880	1780	2820
2 x 100 x 10 мм	2480	3240	4840	1920	3200	1800	2880	2900	4340	1660	2660
3 x 100 x 10 мм	3260	3580	5400	2200	3720	1980	3240	3320	4880	1920	2980
4 x 100 x 10 мм	3980	3820	5500	2320	3820	2000	3400	3380	4900	1960	3120

¹⁾ При I_N = 2000 А с использованием фильтрующего вентилятора SK 3243.100

при I_N 2000 А с использованием фильтрующего вентилятора SK 3244.100.

²⁾ При I_N = 2000 А с использованием фильтрующего вентилятора SK 3243.100 и выходного фильтра SK 3243.200,

при I_N 2000 А с использованием фильтрующего вентилятора SK 3244.100 и выходного фильтра SK 3243.200.

Для определения номинального тока при температурах, находящихся в пределах температур предельного перегрева шинной сборки Flat-PLS, может быть использована диаграмма определения поправочного коэффициента. При наличии и данных о максимальной температуре окружающей среды и максимально допустимой температуре шины, при помощи диаграммы для определения поправочного коэффициента может быть определен коэффициент поправки k₂. При помощи коэффициента поправки k₂ и данных о номинальном токе при превышении температуры на 30 К рассчитывается новое значение номинальной силы тока.

Пример:

Шинная система Flat-PLS 100 с 4 x 100 x 10 мм

I_{N30} при IP 2X = 2320 А

Температура окружающей среды = 35°C

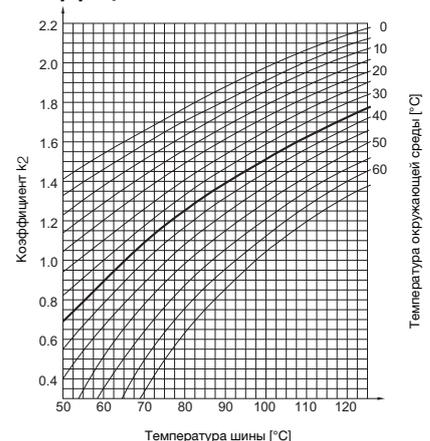
Температура шины = 85°C

По диаграмме определяется коэффициент k₂ = 1,29

На основании полученных данных рассчитывается новое значение номинальной силы тока:

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

Диаграмма корректировочного коэффициента



Электрораспределение

Расчет тепловыделения токовых шин

Тепловыделение токовых шин можно рассчитать по следующим формулам при условии знания значения сопротивления переменного тока:

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

P_v [Вт] Тепловыделение

I_B [А] Рабочий ток

r [мОм/м] Сопротивление постоянного или переменного тока токовой шины

l [м] длина шины, по которой протекает ток I_B

Для расчета тепловыделения по указанной формуле в отдельных случаях необходимо знать номинальный ток цепи либо «рабочий ток» отрезка шины, а также соответствующую длину системы проводников в установке или системе распределения. Сопротивление системы проводников, в особенности сопротивление при переменном токе шинной системы, невозможно заимствовать из документации, а необходимо определить самостоятельно.

По этой причине и для получения сопоставимых результатов при определении тепловыделения, в таблице указаны значения сопротивлений в мОм/м для основных сечений медных токовых шин.

Сопротивление переменного тока шин из E-Cu 57

Размеры ¹⁾	Сопротивление на 1 м шинной системы в мОм/м ²⁾							
	I 1 главный проводник		III 3 главных проводника		II II II 3 x 2 главных проводника		III III III 3 x 3 главных проводника	
мм	$r_{\text{пост}}^{1)}$ (65°C)	$r_{\text{пер}}^{2)}$ (65°C)	$r_{\text{пост}}^{1)}$ (65°C)	$r_{\text{пер}}^{2)}$ (65°C)	$r_{\text{пост}}^{1)}$ (65°C)	$r_{\text{пер}}^{2)}$ (65°C)	$r_{\text{пост}}^{1)}$ (65°C)	$r_{\text{пер}}^{2)}$ (65°C)
1	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⁾ $r_{\text{пост}}$ сопротивление шинной системы для постоянного тока в мОм/м

²⁾ $r_{\text{пер}}$ сопротивление шинной системы для переменного тока в мОм/м

Значения сопротивления в таблице базируются на усредненной температуре шин 65°C (температура окружающей среды + собственный нагрев) и на значении удельного сопротивления, равного:

$$\rho (65^\circ\text{C}) = 20,9 \left[\frac{\text{мОм} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \right]$$

Пример: $r_{\text{пост}}$ для 1 главного проводника 12 x 2 мм

$$r_{\text{пост}} = \frac{\rho (65^\circ\text{C}) \cdot l}{A} = \frac{20,9 \left[\frac{\text{мОм} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \right] \cdot 1 \text{ м}}{24 \text{ мм}^2} = 0,871 \text{ мОм}$$

Для температуры шин, отличных от 65°C, сопротивления могут быть рассчитаны следующим образом:

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

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

$r_{(x)}$ [мОм/м] сопротивление при произвольно выбираемой температуре

α $\left[\frac{1}{\text{K}} \right]$ температурный коэффициент (для Cu = 0,004 $\frac{1}{\text{K}}$)

$\Delta\theta$ [K] разность температур по отношению к 65°C

ρ $\left[\frac{\text{мОм} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \right]$ Удельное сопротивление

Образец для сверления и отверстия

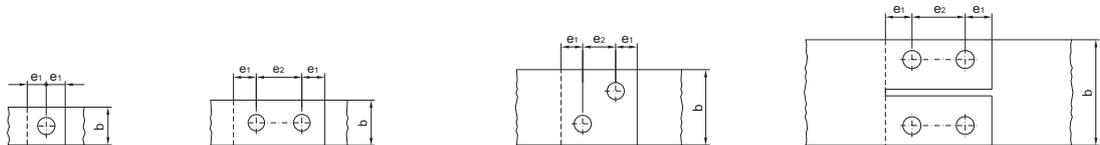
Ширина шин мм		от 12 до 50		от 25 до 60			60			от 80 до 100		
Форма ¹⁾		1		2			3			4		
Отверстия концов шин (расположение отверстий)												
Размер отверстий	Номинальная ширина b	d	e1	d	e1	e2	e1	e2	e3	e1	e2	e3
	12	5,5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	6,6	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	9,0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	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	

Допустимы отклонения центров отверстий $\pm 0,3$ мм

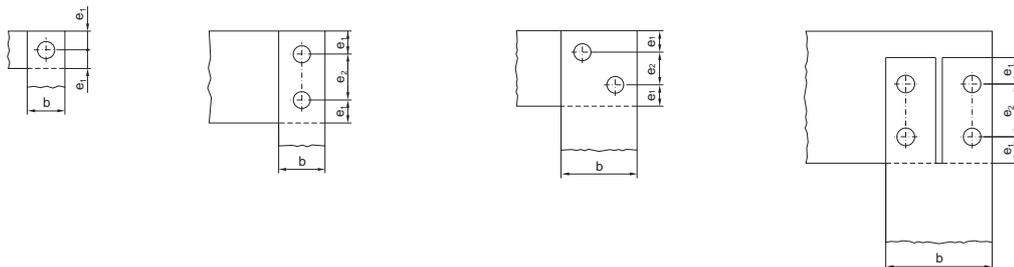
¹⁾ Обозначение формы 1 – 4 соответствует DIN 46 206 часть 2 – подключение плоских проводников

Примеры соединения шин

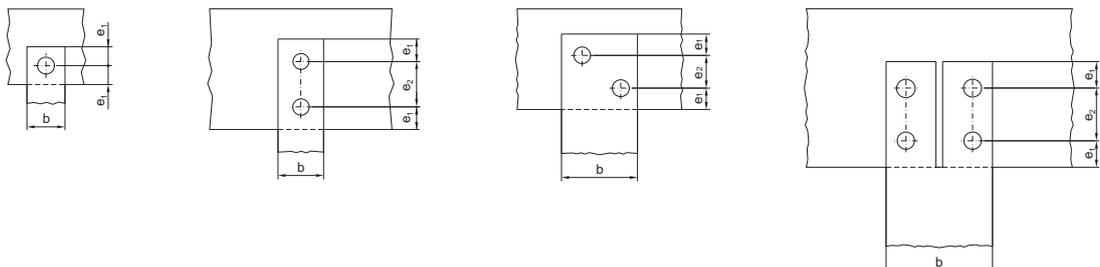
Продольные соединения



Угловые соединения



T-образные соединения



Указание:

- Числовые данные для размеров b, d, e1 и e2 см. таблицу «Образец для сверления и отверстия»
- С торца шины или с конца шинной системы продольные отверстия недопустимы