

ВЫБОР СЕЧЕНИЯ ШИНОПРОВОДОВ

При прохождении тока по проводнику последний нагревается. Количество энергии, выделенное неизменным током, определяется из выражения:

$$\Delta \mathcal{E} = I^2 R t, \quad (10-21)$$

где $\Delta \mathcal{E}$ — количество выделенного тепла, Вт·с; I — ток в проводнике, А; R — сопротивление проводника, Ом; t — время прохождения тока, с. Часть выделяемого тепла идет на повышение температуры проводника, а часть отдается в окружающую среду.

Находящиеся в воздухе шины охлаждаются главным образом путем конвекции, обусловленной движением воздуха вблизи поверхности проводника. Отвод тепла путем лучеиспускания невелик вследствие сравнительно малых температур нагрева проводника. Отвод тепла за счет теплопроводности ничтожен из-за малой теплопроводности воздуха.

Температура токопровода при прохождении тока повышается до наступления теплового равновесия, когда тепло, выделяемое в проводнике, оказывается равным теплу, отводимому с его поверхности в окружающую среду. Превышение температуры проводника над температурой окружающей среды пропорционально количеству выделяемого тепла, а следовательно, квадрату длительно проходящего по проводнику тока и зависит от условий прокладки шин.

Задача расчета шин на нагревание обычно сводится к определению тока, при котором температура проводника не превышает допустимого значения. При этом должны быть известны допустимая температура нагрева проводника, условия его охлаждения и температура окружающей среды. Предельно допустимая температура нагрева шин при длительной работе равна 70°C. Такая температура в основном принята для обеспечения удовлетворительной работы болтовых контактов, как правило, имеющих в ошиновках. При кратковременном нагреве, например, токами к. з. допустимы предельные температуры для медных шин 300°C, для алюминиевых 200°C. Длительная работа шин при температуре, превышающей 110°C, приводит к значительному снижению их механической прочности вследствие отжига. Расчетная температура окружающей среды для голых проводников по действующим ПУЭ принята 25°C.

Нагрузочная способность проводника характеризуется длительно допустимым током нагрузки, определенным из условий нагрева его при заданных разностях температур проводника θ и окружающей среды θ_{oc} .

Рассмотрим определение нагрузочной способности однородных неизолированных проводников. При тепловом равновесии количество тепла, выделяемое за единицу времени током I в проводе сопротивлением R , равно количеству тепла, отводимому в окружающую среду за то же время:

$$\Delta \mathcal{E} = I^2 R_{\sim} = \kappa_{\theta} F (\theta - \theta_{oc}), \quad (10-22)$$

где κ_{θ} — коэффициент теплоотдачи путем конвекции и лучеиспускания (теплопроводность воздуха мала), равный количеству тепла, отводимому в окружающую среду с 1 см^2 поверхности проводника при разности температур между проводником и окружающей средой 1°C , $\text{Вт}/(\text{см}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$; F — поверхность охлаждения проводника, см^2 ; θ , θ_{oc} — температуры проводника и окружающей среды, °C.

Если температуру нагрева проводника приравнять длительно допустимой $\theta_{дон}$ и принять расчетную температуру окружающей среды θ_{oc} , то из условия (10-22) можно определить длительно допустимый ток:

$$I_{дон} = \sqrt{\frac{\kappa_{\theta} F (\theta_{дон} - \theta_{oc})}{R_{\sim}}}. \quad (10-23)$$

Таким образом, при заданных температурных условиях нагрузочная способность проводника возрастает с увеличением его поверхности охлаждения F ,

коэффициента теплоотдачи K_{θ} и уменьшением его электрического сопротивления R_{Σ} .

Вычисление длительно допустимых токов по указанным формулам достаточно сложно, поэтому в практических расчетах электросетей используют готовые таблицы длительно допустимых токов нагрузки на шины из разных материалов и при разных условиях прокладки, определенных при длительно допустимой температуре окружающей среды. В связи с этим проверка шинопроводов на нагревание сводится к проверке выполнения условия

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р.м.}} \quad (10-24)$$

где $I_{\text{р.м}}$ — максимальный рабочий ток цепи, в которую включен проводник; $I_{\text{доп}}$ — длительно допустимый из условий нагрева тока нагрузки шинопровода.

Наличие явления поверхностного эффекта приводит к тому, что при переменном токе активное сопротивление всегда несколько больше, чем при постоянном.

Поэтому согласно формуле (10-23) при прочих равных условиях допустимый ток нагрузки проводника при переменном токе несколько меньше, чем при постоянном.

Наиболее существенно это явление сказывается при сплошном сечении шинопровода, например шинопровода прямоугольного сечения.

Иногда применяют шинопроводы трубчатого сечения. В неразрезанных трубах используется металл, расположенный только по поверхности сечения, в результате чего повышение сопротивления от поверхностного эффекта невелико и допустимые нагрузки при постоянном и переменном токах примерно одинаковы.

В установках всех напряжений жесткие шины окрашивают цветными эмалевыми красками. Помимо того, что это облегчает ориентировку и предотвращает коррозию шин, окраска также влияет на нагрузочную способность шин. Постоянное лучеиспускание окрашенных шин значительно больше, чем неокрашенных, поэтому охлаждение шин путем лучеиспускания улучшается, а это в свою очередь приводит к увеличению нагрузочной способности шин. При неизменных температурных условиях допустимый ток нагрузки окрашенных шин на 12—15% больше, чем неокрашенных.

Наибольшая алюминиевая шина прямоугольного сечения 120x10 мм кв. имеет длительно допустимый ток при переменном токе, равный 2070 А. При большем токе нагрузки применяют на фазу несколько полос, собранных в общий пакет и укрепленных совместно на опорных изоляторах. Расстояние между полосами в пакете нормально составляет толщину одной полосы, что необходимо для охлаждения шины в пакете. С увеличением числа полос на фазу допустимая нагрузка возрастает непропорционально числу полос в пакете. При переменном токе, кроме того, еще сказывается эффект близости. Все это приводит к тому, что нагрузочная способность пакета из нескольких шин меньше, чем суммарная нагрузочная способность того же количества одинаковых шин таких же размера.

Для того чтобы в условиях эксплуатации не имело места превышение допустимых потерь напряжения, шинопроводы рассчитываются по потерям напряжения.

ДОПУСТИМЫЕ ДЛИТЕЛЬНЫЕ ТОКИ ДЛЯ НЕИЗОЛИРОВАННЫХ ШИН

Допустимые длительные токи для окрашенных шин приведены в таблицах ниже. Они приняты из расчета допустимой температуры их нагрева + 70 °С при температуре воздуха +25 °С.

При расположении шин прямоугольного сечения плашмя токи, приведенные в таблице для шин прямоугольного сечения, должны быть уменьшены на 5 % для шин с шириной полос до 60 мм и на 8 % для шин с шириной полос более 60 мм.

При выборе шин больших сечений необходимо выбирать наиболее экономичные по условиям пропускной способности конструктивные решения, обеспечивающие наименьшие добавочные потери от поверхностного эффекта и эффекта близости и наилучшие условия охлаждения (уменьшение количества полос в пакете, рациональная конструкция пакета, применение профильных шин и т.п.).

Допустимый длительный ток для шин круглого и трубчатого сечений

Диаметр, мм	Круглые шины		Медные трубы		Алюминиевые трубы		Стальные трубы				
	Ток*, А		Внутренний и наружный диаметры, мм	Ток, А	Внутренний и наружный диаметры, мм	Ток, А	Условный проход, мм	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр, мм	Переменный ток, А	
	медные	алюминиевые								без разреза	с продольным разрезом
6	155/155	120/120	12/15	340	13/16	295	8	2,8	13,5	75	-
7	195/195	150/150	14/18	460	17/20	345	10	2,8	17,0	90	-
8	235/235	180/180	16/20	505	18/22	425	15	3,2	21,3	118	-
10	320/320	245/245	18/22	555	27/30	500	20	3,2	26,8	145	-
12	415/415	320/320	20/24	600	26/30	575	25	4,0	33,5	180	-
14	505/505	390/390	22/26	650	25/30	640	32	4,0	42,3	220	-
15	565/565	435/435	25/30	830	36/40	765	40	4,0	48,0	255	-
16	610/615	475/475	29/34	925	35/40	850	50	4,5	60,0	320	-
18	720/725	560/560	35/40	1100	40/45	935	65	4,5	75,5	390	-
19	780/785	605/610	40/45	1200	45/50	1040	80	4,5	88,5	455	-
20	835/840	650/655	45/50	1330	50/55	1150	100	5,0	114	670	770
21	900/905	695/700	49/55	1580	54/60	1340	125	5,5	140	800	890
22	955/965	740/745	53/60	1860	64/70	1545	150	5,5	165	900	1000
25	1140/1165	885/900	62/70	2295	74/80	1770	-	-	-	-	-
27	1270/1290	980/1000	72/80	2610	72/80	2035	-	-	-	-	-
28	1325/1360	1025/1050	75/85	3070	75/85	2400	-	-	-	-	-
30	1450/1490	1120/1155	90/95	2460	90/95	1925	-	-	-	-	-
35	1770/1865	1370/1450	95/100	3060	90/100	2840	-	-	-	-	-
38	1960/2100	1510/1620	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	2080/2260	1610/1750	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	2200/2430	1700/1870	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	2380/2670	1850/2060	-	-	-	-	-	-	-	-	-

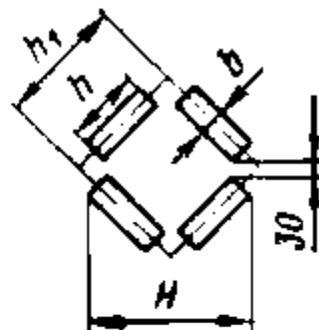
* В числителе приведены нагрузки при переменном токе, в знаменателе - при постоянном.

Допустимый длительный ток для шин прямоугольного сечения

Размеры, мм	Медные шины				Алюминиевые шины				Стальные шины	
	Ток*, А, при количестве полос на полосу или фазу								Размеры, мм	Ток*, А
	1	2	3	4	1	2	3	4		
15x3	210	-	-	-	165	-	-	-	16x2,5	55/70
20x3	275	-	-	-	215	-	-	-	20x2,5	60/90
25x3	340	-	-	-	265	-	-	-	25x2,5	75/110
30x4	475	-	-	-	365/370	-	-	-	20x3	65/100
40x4	625	-/1090	-	-	480	-/855	-	-	25x3	80/120
40x5	700/705	-/1250	-	-	540/545	-/965	-	-	30x3	95/140
50x5	860/870	-/1525	-/1895	-	665/670	-/1180	-/1470	-	40x3	125/190
50x6	955/960	-/1700	-/2145	-	740/745	-/1315	-/1655	-	50x3	155/230
60x6	1125/1145	1740/1990	2240/2495	-	870/880	1350/1555	1720/1940	-	60x3	185/280
80x6	1480/1510	2110/2630	2720/3220	-	1150/1170	1630/2055	2100/2460	-	70x3	215/320
100x6	1810/1875	2470/3245	3170/3940	-	1425/1455	1935/2515	2500/3040	-	75x3	230/345
60x8	1320/1345	2160/2485	2790/3020	-	1025/1040	1680/1840	2180/2330	-	80x3	245/365
80x8	1690/1755	2620/3095	3370/3850	-	1320/1355	2040/2400	2620/2975	-	90x3	275/410
100x8	2080/2180	3060/3810	3930/4690	-	1625/1690	2390/2945	3050/3620	-	100x3	305/460
120x8	2400/2600	3400/4400	4340/5600	-	1900/2040	2650/3350	3380/4250	-	20x4	70/115
60x10	1475/1525	2560/2725	3300/3530	-	1155/1180	2010/2110	2650/2720	-	22x4	75/125
80x10	1900/1990	3100/3510	3990/4450	-	1480/1540	2410/2735	3100/3440	-	25x4	85/140
100x10	2310/2470	3610/4325	4650/5385	5300/6060	1820/1910	2860/3350	3650/4160	4150/4400	30x4	100/165
120x10	2650/2950	4100/5000	5200/6250	5900/6800	2070/2300	3200/3900	4100/4860	4650/5200	40x4	130/220
									50x4	165/270
									60x4	195/325
									70x4	225/375
									80x4	260/430
									90x4	290/480
									100x4	325/535

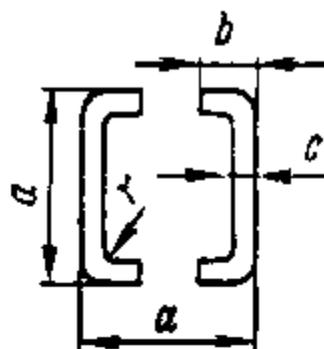
* В числителе приведены значения переменного тока, в знаменателе - постоянного.

Допустимый длительный ток для четырехполосных шин с расположением полос по сторонам квадрата ("полюй пакет")



Размеры, мм				Поперечное сечение четыреполосной шины, мм ²	Ток, А, на пакет шин	
h	b	h1	H		медных	алюминие- вых
80	8	140	157	2560	5750	4550
80	10	144	160	3200	6400	5100
100	8	160	185	3200	7000	5550
100	10	164	188	4000	7700	6200
120	10	184	216	4800	9050	7300

Допустимый длительный ток для шин коробчатого сечения



Размеры, мм				Поперечное сечение одной шины, мм ²	Ток, А на две шины	
a	b	c	г		медные	алюминие- вые
75	35	4	6	520	2730	-
75	35	5,5	6	695	3250	2670
100	45	4,5	8	775	3620	2820
100	45	6	8	1010	4300	3500
125	55	6,5	10	1370	5500	4640
150	65	7	10	1785	7000	5650
175	80	8	12	2440	8550	6430
200	90	10	14	3435	9900	7550
200	90	12	16	4040	10500	8830
225	105	12,5	16	4880	12500	10300
250	115	12,5	16	5450	-	10800