

VACON® NX
ПРИВОДЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

**ТОРМОЗНЫЕ РЕЗИСТОРЫ
РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

VACON®

СОДЕРЖАНИЕ

Код документа: DPD02084C

Дата последней редакции: 13.06.2018

1.	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	2
1.1	Требования к торможению.....	2
1.2	Компоненты тормозов.....	2
1.3	Классификация использования.....	2
2.	ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	3
2.1	Стандартные резисторы для частичного использования	3
2.1.1	Напряжение 380–500 В	4
2.1.2	Напряжение 208–240 В	5
2.1.3	Напряжение 525–690 В	6
2.2	Другие резисторы	8
2.3	Номинальная мощность стандартных резисторов	11
2.4	Характеристики окружающей среды	12
2.5	Защита от перегрева резисторов для легкого режима	13
2.5.1	Тепловая защита	14
3.	ВЫБОР ТОРМОЗНОГО РЕЗИСТОРА	15
3.1	Общие сведения	15
3.2	Принципы подбора	15
3.2.1	Расчет времени торможения	16
3.2.2	Расчет момента инерции	16
3.2.3	Внутренние резисторы	20
4.	ПОДКЛЮЧЕНИЯ	21
4.1	Общие сведения	21

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Требования к торможению

Запитываемый от преобразователя частоты асинхронный двигатель при замедлении превращается в генератор, который подает энергию обратно на преобразователь частоты. Эта энергия увеличивает напряжение в цепи постоянного тока. Преобразователь частоты компенсирует это увеличение посредством увеличения выходной частоты, уменьшения моментального скольжения и увеличения нагрузки двигателя.

Скорость замедления в этом случае зависит от скорости потери мощности в инверторе и в двигателе. Такие потери достаточны для большинства насосов, вентиляторов, конвейеров и т. д., где кинетическая энергия в нагрузке мала или время торможения не критично.

Если требуется тормозить двигатель быстрее, чем позволяют потери, совместно внутренним, установленным на заводе тормозным прерывателем необходимо использовать внешний тормозной резистор для рассеивания энергии. В тормозном резисторе дополнительная энергия от нагрузки превращается в тепловую энергию.

Динамическое торможение обычно требуется в системах с центрифугами, кранами, некоторыми конвейерами и преобразователями частоты, требующими быстрого переключения в режим реверса.

1.2 Компоненты тормозов

В преобразователях частоты NX на заводе-изготовителе устанавливается **тормозной прерыватель**, представляющий собой дополнительный IGBT. В преобразователях частоты меньших типоразмеров (от FR4 до FR6 и MF4 до MF6) тормозной прерыватель входит в стандартную комплектацию. Если напряжение в цепи постоянного тока становится слишком большим, тормозной IGBT включается и разряжает конденсаторы через тормозной резистор. В преобразователях частоты семейства NX тормозной прерыватель рассчитан на длительную работу при номинальной мощности преобразователя частоты.

Тормозной резистор представляет собой внешний резистор с низким импедансом. Для рассеяния мощности в конкретной системе можно подключить несколько резисторов последовательно или параллельно при условии соблюдения пределов, описанных в Табл. 7.

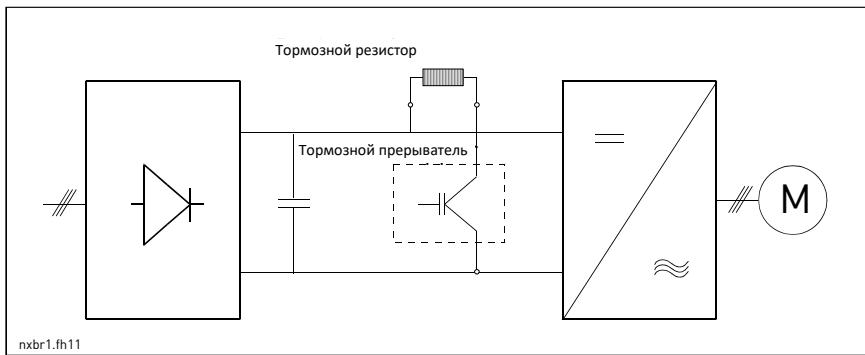


Рис. 1. Компоненты тормозов и стандартная схема подключения

1.3 Классификация использования

a) Частичное использование (наиболее типичное)

Технологический процесс требует регулярных или нерегулярных быстрых замедлений, остановок или переходов в режим реверса.

б) Непрерывное использование

Двигатель в течение продолжительных периодов времени тормозит с постоянным крутящим моментом.

в) Комбинированное использование

Двигатель в течение продолжительных периодов времени тормозит с переменным крутящим моментом.

г) Сглаживание напряжения в цепи постоянного тока

Тормозной резистор сглаживает пики перенапряжения от источника питания.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Стандартные резисторы для частичного использования

В следующих таблицах можно выбрать тормозные резисторы для частичного использования в преобразователях частоты семейства NX с напряжением питания 208–240 В, 380–500 В и 525–690 В. Для преобразователей частоты NX_5 имеется два комплекта тормозных резисторов, один для тяжелого режима работы и один для легкого режима. Резистор для тяжелого режима работы рассчитан на торможение с полной мощностью в течение 3 секунд с последующим уменьшением мощности до нуля в течение 7 секунд. Резистор для легкого режима работы рассчитан уменьшение мощности от полной до нулевой в течение 5 секунд. См. Рис. 2.

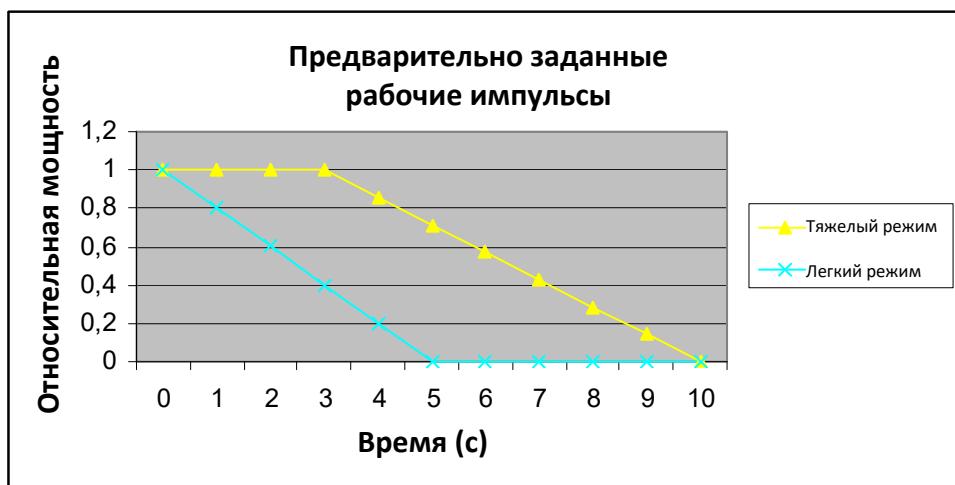


Рис. 2. Параметры торможения в тяжелом и легком режимах

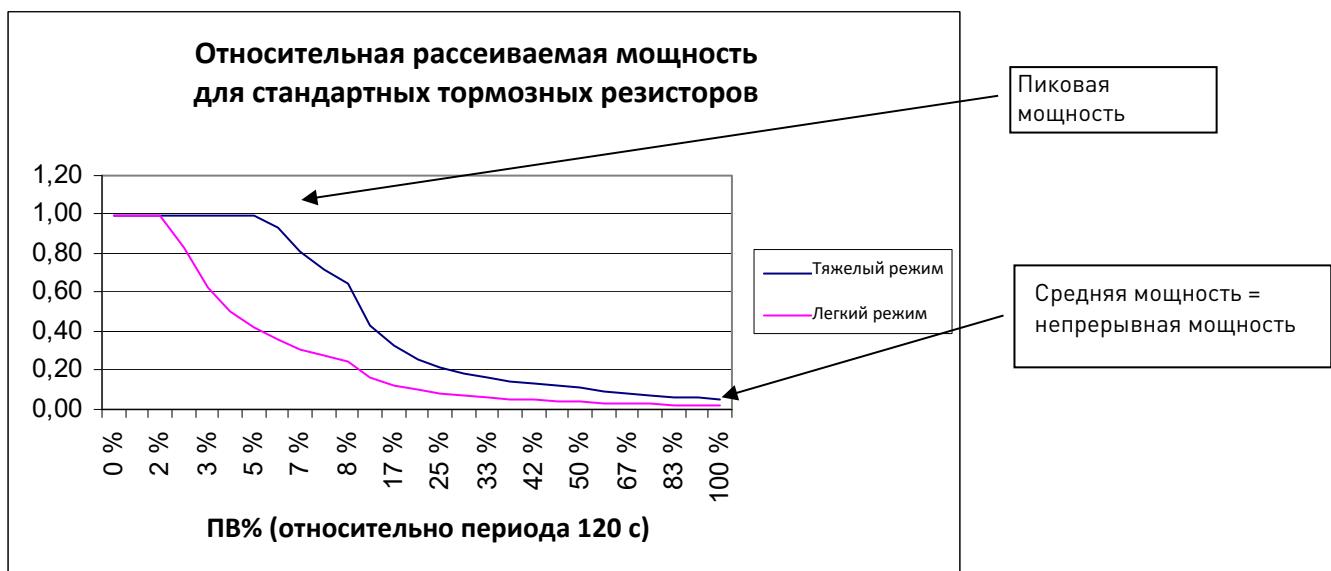


Рис. 3. Определения пиковой и средней мощности

2.1.1 Напряжение 380–500 В

Легкий режим		Энергия [кДж]	Средняя мощность [кВт]
Код типа	Сопротивление	<i>Торможение при полном крутящем моменте в течение 5 с</i>	
BRR 0022 LD 5	63	28	0,24
BRR 0031 LD 5	42	42	0,35
BRR 0045 LD 5	21	84	0,71
BRR 0061 LD 5	14	127	1,06
BRR 0105 LD 5	6,5	273	2,28
BRR 0300 LD 5	3,3	547	4,56
BRR 0520 LD 5	1,4	1270	10,6
BRR 0730 LD 5	0,9	1975	16,5
Тяжелый режим		Энергия [кДж]	Средняя мощность [кВт]
Код типа	Сопротивление	<i>Торможение при полном крутящем моменте в течение 3 секунд с уменьшением до нуля в течение 7 секунд</i>	1 импульс/2 мин
BRR 0022 HD 5	63	73	0,61
BRR 0031 HD 5	42	110	0,91
BRR 0045 HD 5	21	220	1,83
BRR 0061 HD 5	14	330	2,74
BRR 0105 HD 5	6,5	710	5,9
BRR 0300 HD 5	3,3	1421	11,8
BRR 0520 HD 5	1,4	3300	27,4
BRR 0730 HD 5	0,9	5132	43

Табл. 1. Тормозные резисторы для диапазона напряжений 380–500 В

Подобрать резистор для всех типов преобразователей частоты (NXL, NXS и NXP) можно с помощью следующей таблицы:

Устройство	Размер корпуса	Резистор для легкого режима	Резистор для тяжелого режима
NX_0003 5 NX_0004 5 NX_0005 5 NX_0007 5 NX_0009 5 NX_0012 5 NX_0016 5 NX_0022 5	FR4	BRR 0022 LD 5	BRR 0022 HD 5
NX_0031 5	FR5	BRR 0031 LD 5	BRR 0031 HD 5
NX_0038 5 NX_0045 5	FR6	BRR 0045 LD 5	BRR 0045 HD 5
NX_0061 5	FR6	BRR 0061 LD 5	BRR 0061 HD 5

NX_0072 5 NX_0087 5	FR7	BRR 0105 LD 5	BRR 0105 HD 5
NX_0105 5	FR7	BRR 0105 LD 5	BRR 0105 HD 5
NX_0140 5 NX_0168 5	FR8	BRR 0300 LD 5	BRR 0300 HD 5
NX_0205 5	FR8	BRR 0300 LD 5	BRR 0300 HD 5
NX_0261 5 NX_0300 5	FR9	BRR 0300 LD 5	BRR 0300 HD 5
NX_0385 5 NX_0460 5 NX_0520 5	FR10	BRR 0520 LD 5	BRR 0520 HD 5
NX_0590 5 NX_0650 5 NX_0730 5	FR11	BRR 0730 LD 5	BRR 0730 HD 5
NX_0820 5 NX_0920 5 NX_1030 5	FR12	2 x BRR 0520 LD 5	2 x BRR 0520 HD 5

Табл. 2. Тормозные резисторы, используемые с преобразователями частоты

Резистор для легкого режима: IP50 с прямым проводным подключением, BRR0022 LD5 оснащен тепловой защитой в качестве опции.

Резистор для тяжелого режима: IP20/21, соединительная коробка, тепловая защита в стандартной комплектации.

2.1.2 Напряжение 208–240 В

Легкий режим		Энергия [кДж]	Средняя мощность [кВт]
Код типа	Сопротивление	Торможение при полном крутящем моменте в течение 5 с	1 импульс/2 мин
BRR 0025 LD2	30	12,55	0,10
BRR 0031 LD2	20	18,8	0,16
BRR 0061 LD2	10	38	0,31
BRR 0114 LD2	3,3	114	0,95
BRR 0205 LD2	1,4	269	2,24
Тяжелый режим		Энергия [кДж]	Средняя мощность [кВт]
Код типа	Сопротивление	Торможение при полном крутящем моменте в течение 3 секунд с уменьшением до нуля в течение 7 секунд	1 импульс/2 мин
BRR 0034 LD6	30	32,6	0,27
BRR 0031 HD2	20	49	0,41
BRR 0061 HD2	10	98	0,81
BRR 0114 HD2	3,3	297	2,47
BRR 0205 HD2	1,4	699	5,81

Табл. 3. Тормозные резисторы для диапазона напряжений 208–240 В

Подобрать резистор для преобразователей частоты (напряжения 208–240 В) можно с помощью следующей таблицы:

Устройство	Размер корпуса	Резистор для легкого режима	Резистор для тяжелого режима
NX_0003 2			
NX_0004 2			
NX_0007 2			
NX_0008 2			
NX_0011 2			
NX_0012 2			
NX_0017 2	FR4	BRR 0025 LD 2	BRR 0034 LD6 *
NX_0025 2			
NX_0031 2	FR5	BRR 0031 LD 2	BRR 0031 HD 2
NX_0048 2			
NX_0061 2	FR6	BRR 0061 LD 2	BRR 0061 HD 2
NX_0075 2			
NX_0088 2			
NX_0114 2	FR7	BRR 0114 LD 2	BRR 0114 HD 2
NX_0140 2			
NX_0170 2	FR8	BRR 0205 LD2	BRR 0205 HD2
NX_0205 2			
NX_0261 2			
NX_0300 2	FR9	BRR 0205 LD2	BRR 0205 HD2

Табл. 4. Тормозные резисторы, используемые с преобразователями частоты

* = термовыключатель (OT1) в качестве опции.

Резистор для легкого режима: IP50 с прямым проводным подключением.

Резистор для тяжелого режима: IP20/21, соединительная коробка, тепловая защита в стандартной комплектации.

2.1.3 Напряжение 525–690 В

Легкий режим		Энергия [кДж]	Средняя мощность [кВт]
Код типа	Сопротивление	Торможение при полном крутящем моменте в течение 5 с	1 импульс/2 мин
BRR 0013 LD 6	100	34	0,28
BRR 0034 LD 6	30	113	0,94
BRR 0052 LD 6	18	188	1,6
BRR 0100 LD 6	9	376	3,1
BRR 0208 LD 6	7	484	4,0
BRR 0416 LD 6	2,5	1355	11
BRR 0590 LD 6	1,7	1993	17

Тяжелый режим		Энергия [кДж]	Средняя мощность [кВт]
Код типа	Сопротивление	<i>Торможение при полном крутящем моменте в течение 3 секунд с уменьшением до нуля в течение 7 секунд</i>	
BRR 0013 HD 6	100	88	0,73
BRR 0034 HD 6	30	294	2,4
BRR 0052 HD 6	18	489	4,1
BRR 0100 HD 6	9	978	8,1
BRR 0208 HD 6	7	1258	10
BRR 0416 HD 6	2,5	3523	29
BRR 0590 HD 6	1,7	5181	43

Табл. 5. Тормозные резисторы для диапазона напряжений 525–690 В

Подобрать резистор для преобразователей частоты (напряжения 208–240 В) можно с помощью следующей таблицы:

Устройство	Размер корпуса	Резистор для легкого режима	Резистор для тяжелого режима
NX_0003 6 NX_0004 6 NX_0005 6 NX_0007 6 NX_0010 6 NX_0013 6	FR6	BRR 0013 LD 6	BRR 0013 HD 6
NX_0018 6 NX_0022 6 NX_0027 6 NX_0034 6	FR6	BRR 0034 LD 6	BRR 0034 HD 6
NX_0041 6 NX_0052 6	FR7	BRR 0052 LD 6	BRR 0052 HD 6
NX_0062 6 NX_0080 6 NX_0100 6	FR8	BRR 0100 LD 6	BRR 0100 HD 6
NX_0144 6 NX_0170 6 NX_0208 6	FR9	BRR 0208 LD 6	BRR 0208 HD 6
NX_0261 6 NX_0325 6 NX_0385 6 NX_0416 6	FR10	BRR 0416 LD 6	BRR 0416 HD 6
NX_0460 6 NX_0502 6 NX_0590 6	FR11	BRR 0590 LD 6	BRR 0590 HD 6
NX_0650 6 NX_0750 6 NX_0820 6	FR12	BRR 0416 LD 6	BRR 0416 HD 6

Табл. 6. Тормозные резисторы, используемые с преобразователями частоты

Резистор для легкого режима: IP50 с прямым проводным подключением.

Резистор для тяжелого режима: IP20/21, соединительная коробка, тепловая защита в стандартной комплектации.

2.2 Другие резисторы

При использовании резисторов других типов убедитесь, что сопротивление у них выше, чем указанное минимальное сопротивление. Предельно допустимая мощность должна соответствовать области применения.

Напряжение электросети 208–240 В, 50/60 Гц, 3 фазы			
Размер корпуса	Тип преобразователя частоты	Минимальное сопротивление торможения [Ом]	Мощность торможения* при 405 В пост. тока [кВт]
FR4	0003	30	0,55
	0004	30	0,75
	0007	30	1,1
	0008	30	1,5
	0011	30	2,2
	0012	30	3,0
FR5	0017	30	4,0
	0025	30	5,5
	0031	20	7,5
FR6	0048	10	11,0
	0061	10	15,0
FR7	0075	3,3	22,0
	0088	3,3	22,0
	0114	3,3	30,0
FR8	0140	1,4	37,0
	0170	1,4	45,0
	0205	1,4	55,0
FR9	0261	1,4	75,0
	0300	1,4	90,0

Табл. 7. Характеристики других типов резисторов

* При использовании рекомендуемых типов тормозных резисторов.

Напряжение электросети: 380–500 В, 50/60 Гц, 3 фазы			
Размер корпуса	Тип преобразователя частоты	Минимальное сопротивление торможения [Ом]	Мощность торможения* при 845 В пост. тока [кВт]
FR4	0003	63	1,5
	0004	63	2,2
	0005	63	3,0
	0007	63	4,0
	0009	63	5,5
	0012	63	7,5
FR5	0016	63	11,0
	0022	63	11,3
	0031	42	17,0
FR6	0038	19	22,0
	0045	19	30,0
	0061	14	37,0
FR7	0072	6,5	45,0
	0087	6,5	55,0
	0105	6,5	75,0
FR8	0140	3,3	90,0
	0168	3,3	110,0
	0205	3,3	132,0
FR9	0261	2,5	160,0
	0300	2,5	200,0
FR10	0385	1,4	250,0
	0460	1,4	315,0
	0520	1,4	355,0
FR11	0590	0,9	400,0
	0650	0,9	450,0
	0730	0,9	500,0
FR12	0820	2 x 1,4	560,0
	0920	2 x 1,4	630,0
	1030	2 x 1,4	710,0

Табл. 8. Характеристики тормозных резисторов для напряжений 380–500 В

* При использовании рекомендуемых типов тормозных резисторов.

Напряжение сети 525–690 В, 50–60 Гц, 3 фазы			
Размер корпуса	Тип преобразователя частоты	Минимальное сопротивление торможения [Ом]	Мощность торможения* при 1166 В пост. тока [кВт]
FR6	0004	100	3,0
	0005	100	4,0
	0007	100	5,5
	0010	100	7,5
	0013	100	11,0
	0018	30	15,0
	0022	30	18,5
	0027	30	22,0
	0034	30	30,0
FR7	0041	18	37,5
	0052	18	45,0
FR8	0062	9	55,0
	0080	9	75,0
	0100	9	90,0
FR9	0125	6,7	110,0
	0144	6,7	132,0
	0170	6,7	160,0
	0208	6,7	194,2
FR10	0261	2,5	250,0
	0325	2,5	315,0
	0385	2,5	355,0
	0416	2,5	400,0
FR11	0460	1,7	450,0
	0502	1,7	500,0
	0590	1,7	560,0
FR12	0650	2 x 2,5	630,0
	0750	2 x 2,5	710,0
	0820	2 x 2,5	800,0

Табл. 9. Характеристики тормозных резисторов для напряжений 525–690 В

* При использовании рекомендуемых типов тормозных резисторов.

2.3 Номинальная мощность стандартных резисторов

Зависимость рассеиваемой мощности стандартных резисторов от рабочего цикла показана на Рис. 4. Здесь показана относительная рассеиваемая мощность при различных рабочих циклах относительно непрерывного торможения в течение 120 с.

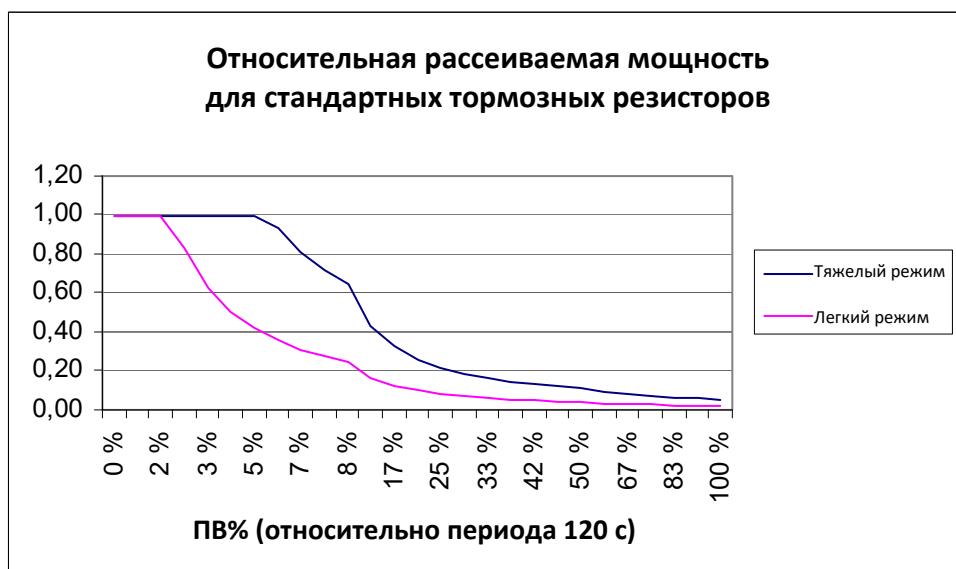


Рис. 4. Относительная номинальная мощность стандартных резисторов

	Мощность при различных рабочих циклах относительно 120-секундного цикла					
	ПВ 100 %	ПВ 60 %	ПВ 40 %	ПВ 25 %	ПВ 10 %	ПВ 5 %
	кВт					
BRR 0025 LD 2	0,10	0,17	0,26	0,42	1,0	2,1
BRR 0031 LD 2	0,16	0,26	0,39	0,63	1,6	3,1
BRR 0061 LD 2	0,31	0,52	0,78	1,3	3,1	6,3
BRR 0114 LD 2	0,95	1,6	2,4	3,8	9,5	19,0
BRR 0205 LD 2	2,2	3,7	5,6	9,0	22	45
BRR 0022 LD 5	0,24	0,39	0,59	0,94	2,4	4,7
BRR 0031 LD 5	0,35	0,59	0,88	1,41	3,5	7,1
BRR 0045 LD 5	0,71	1,2	1,8	2,8	7,1	14,1
BRR 0061 LD 5	1,1	1,8	2,6	4,2	10,6	21
BRR 0105 LD 5	2,3	3,8	5,7	9,1	23	46
BRR 0300 LD 5	4,6	7,6	11,4	18,2	46	91
BRR 0520 LD 5	11	17,6	26	42	106	212
BRR 0730 LD 5	16	27	41	66	165	329
BRR 0013 LD 6	0,28	0,47	0,71	1,13	2,8	5,6
BRR 0034 LD 6	0,94	1,6	2,4	3,8	9,4	18,8
BRR 0052 LD 6	1,6	2,6	3,9	6,3	15,7	31
BRR 0100 LD 6	3,1	5,2	7,8	12,5	31	63
BRR 0208 LD 6	4,0	6,7	10,1	16,1	40	81
BRR 0416 LD 6	11	19	28	45	113	226
BRR 0590 LD 6	17	28	42	66	166	332

BRR 0031 HD 2	0,41	0,68	1,0	1,6	4,1	8,1
BRR 0061 HD 2	0,81	1,4	2,0	3,3	8,1	16,3
BRR 0114 HD 2	2,5	4,1	6,2	9,9	25	49
BRR 0205 HD 2	5,8	9,7	14,5	23	58	116
BRR 0022 HD 5	0,61	1,02	1,52	2,44	6,1	12,2
BRR 0031 HD 5	0,91	1,5	2,3	3,7	9,1	18,3
BRR 0045 HD 5	1,8	3,0	4,6	7,3	18,3	37
BRR 0061 HD 5	2,7	4,6	6,9	11,0	27	55
BRR 0105 HD 5	5,9	9,8	14,8	24	59	118
BRR 0300 HD 5	11,8	19,7	30	47	118	236
BRR 0520 HD 5	27	46	69	110	274	549
BRR 0730 HD 5	43	71	107	171	427	854
BRR 0013 HD 6	0,73	1,2	1,8	2,9	7,3	14,6
BRR 0034 HD 6	2,4	4,1	6,1	9,8	24	49
BRR 0052 HD 6	4,1	6,8	10,2	16,3	41	81
BRR 0100 HD 6	8,1	13,6	20	33	81	163
BRR 0208 HD 6	10	17,4	26	42	105	209
BRR 0416 HD 6	29	49	73	117	293	586
BRR 0590 HD 6	43	72	108	172	431	862

Табл. 10

2.4 Характеристики окружающей среды

Температура на поверхности коробки резистора	< 80 °C
Максимальная температура окружающего воздуха	30 °C
Класс защиты	IP20, IP21, IP50

ВНИМАНИЕ! При установке блока резистора учитывайте высокую температуру поверхности (до 200 °C). Монтажная поверхность должна быть негорючей, а вокруг резистора должно быть достаточно свободного пространства (100 мм).

Резисторы рассчитаны на естественное конвекционное охлаждение в свободном пространстве. Обеспечьте достаточную вентиляцию этой области.

2.5 Защита от перегрева резисторов для легкого режима

Существуют два разных датчика перегрева: один для резисторов с гладкой поверхностью, а другой для резисторов с охлаждающими ребрами. Большие стальные пластинчатые резисторы имеют встроенный термодатчик в стандартной комплектации.

OT1 — для тормозных резисторов с охлаждающими ребрами



Рис. 5. Термодатчик OT1

При вертикальной установке резистора устанавливается на нижний (соединительный) конец. Привинчивается к ребрам.

BRR 0114 LD 2	BRR 0031 LD 5	BRR 0034 LD 6
BRR 0205 LD 2	BRR 0045 LD 5	BRR 0052 LD 6
	BRR 0061 LD 5	BRR 0100 LD 6
	BRR 0105 LD 5	BRR 0206 LD 6
BRR 0031 HD 2	BRR 0300 LD 5	
BRR 0061 HD 2		BRR 0013 HD 6
BRR 0114 HD 2	BRR 0022 HD 5	BRR 0034 HD 6
BRR 0205 HD 2	BRR 0031 HD 5	
	BRR 0045 HD 5	
	BRR 0061 HD 5	

Табл. 11. Типы резисторов

Датчик OT2

Этот термодатчик предназначен для резисторов с гладкой поверхностью. Термистор расположен под зажимом и крепится к поверхности резистора.

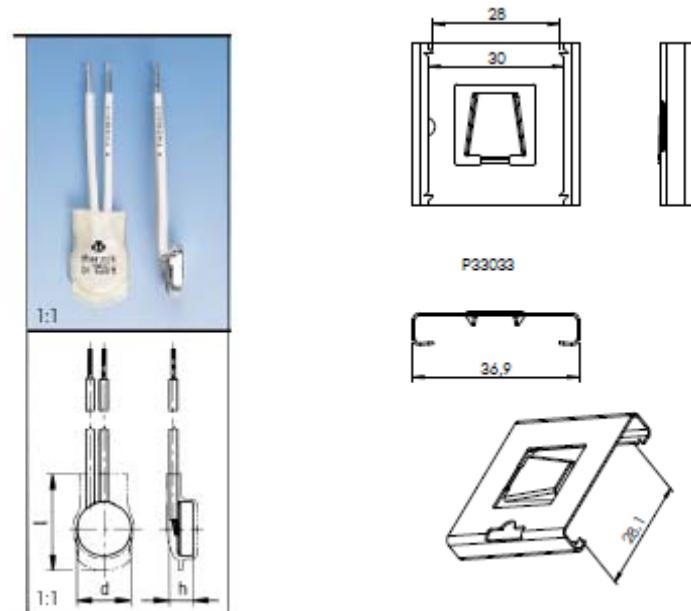


Рис. 6. Датчик тепловой защиты и держатель для него

2.5.1 Тепловая защита

Датчик тепловой защиты в резисторах должен быть подключен к входу внешнего сигнала отказа на преобразователе частоты.

3. ВЫБОР ТОРМОЗНОГО РЕЗИСТОРА

3.1 Общие сведения

При выборе тормозного резистора для конкретного преобразователя частоты следует начать с требований, предъявляемых процессом/преобразователем частоты.

На выбор тормозного резистора влияют:

- a) *средняя сила торможения в течение одного цикла* (определяет рассеиваемую мощность, которую должен обеспечить тормозной резистор);
- b) *максимальная рассеиваемая мощность* (определяет мгновенную рассеиваемую мощность тормозного резистора) и
- c) *максимальный ток тормозного IGBT* (определяет минимальное сопротивление тормозного резистора).

По всем вопросам, касающимся торможения, обращайтесь в техническую поддержку VACON.

3.2 Принципы подбора

Все вращающиеся части обладают кинетической энергией. При торможении нагрузки разность между энергиями более высокой скорости и более низкой скорости должна где-то рассеиваться. Некоторое количество энергии используется в потерях двигателя и преобразователя частоты, но большая ее часть должна рассеиваться в тормозном резисторе.

Энергия нагрузки при скорости n определяется по формуле:

$$E = \frac{1}{2} J \omega^2$$

где

J — момент инерции нагрузки (в кгм^2),

ω — скорость вращения нагрузки (в радианах/с).

В инженерных единицах:

$$E = \frac{1}{182,3} J n^2$$

где n — скорость вращения (в 1/мин)

Таким образом, разность между энергиями двух скоростей составляет

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{1}{182,3} J (n_1^2 - n_2^2) = \frac{1}{2} J (\omega_1^2 - \omega_2^2)$$

Требуемая средняя мощность равна

$$P = \frac{\Delta E}{t}$$

где t — время торможения.

Если нагрузка имеет цикл с общим временем цикла t_c , средняя мощность цикла равна

$$P = \frac{\Delta E}{t_c}$$

Выбранный резистор должен иметь возможность рассеивать эту мощность. Если время торможения превышает 1 минуту, резистор должен быть рассчитан на непрерывную мощность торможения.

3.2.1 Расчет времени торможения

Время, необходимое для ускорения или торможения нагрузки, можно рассчитать следующим образом:

Основное уравнение:

$$T = J \frac{d\omega}{dt}$$

где T — требуемый крутящий момент.

Время, необходимое для изменения скорости нагрузки, равно

$$\Delta t = J \frac{\omega_1 - \omega_2}{T}$$

или крутящий момент, необходимый для изменения скорости за время t , равен

$$T = J \frac{\omega_1 - \omega_2}{t}$$

Доступный крутящий момент состоит из крутящего момента, создаваемого двигателем $T_{двиг.}$, и тормозного момента, создаваемого нагрузкой и трением в ней $T_{нагр..}$.

$$T_{общ} = T_{двиг.} + T_{нагр.}$$

Во многих случаях фрикционный крутящий момент достаточен для торможения нагрузки; он может быть даже слишком высоким, и двигателю приходится приводить в движение нагрузку, даже когда скорость снижается.

Этот крутящий момент, требуемый от двигателя, нужно сравнить с номинальным крутящим моментом двигателя:

$$T = 9550 \frac{P}{n}$$

Если номинальный крутящий момент больше, двигатель может выполнять требуемое ускорение/замедление.

3.2.2 Расчет момента инерции

Момент инерции на двигателе состоит из суммы инерции двигателя и инерции нагрузки, изменяемой посредством передаточного отношения следующим образом:

$$J_{общ} = J_{двиг.} + g^2 J_{нагр.}$$

где g — передаточное отношение, $J_{\text{двиг.}}$ — инерция двигателя, а $J_{\text{нагр.}}$ — инерция нагрузки. Передаточное отношение $g > 1$, если скорость нагрузки выше, чем частота вращения двигателя, и < 1 , если скорость нагрузки ниже, чем частота вращения двигателя.

Во многих случаях момент инерции двигателя очень мал по сравнению с моментом инерции нагрузки. Инерция двигателя значительна только в тех случаях, когда нагрузка вращается очень медленно (передаточное отношение низкое).

Момент инерции типичных форм показан на Рис. 7.

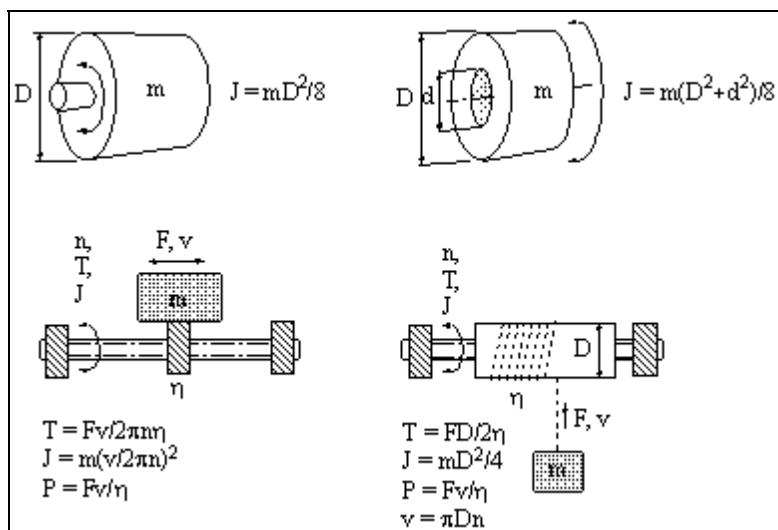


Рис. 7

Момент инерции конкретной машины часто указывается на паспортной табличке. Если такая информация отсутствует на паспортной табличке, производитель несет ответственность за предоставление этой информации.

Процедура подбора:

1. Максимальная скорость	n_1		об/мин
2. Минимальная скорость	n_2		об/мин
3. Момент инерции = $J_{\text{общ.}} = J_{\text{двиг.}} + g^2 J_{\text{нагр.}}$ g = передаточное отношение	J		кГм^2
4. Энергия, которую нужно рассеять	$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{1}{182,3} J(n_1^2 - n_2^2)$		кДж
5. Время торможения	t		с
6. Мощность торможения	$P = \frac{\Delta E}{t}$		кВт

7. Определите рабочий цикл торможения t_1 = продолжительность цикла (предполагается 120 с).	$f = \frac{t}{t_1}$		
8. Определите среднюю мощность для резистора	$P_{ave} = fP$		кВт
9. Вычислите требуемую относительную мощность $P_{res.}$ = пиковая мощность выбранного резистора	$P_{rel} = \frac{P_{ave}}{P_{res}}$		%
10. Убедитесь, что пара значений в шагах 7 и 9 находится в соответствующих пределах для выбранного резистора, см. Рис. 7.			
7. Рассчитайте требуемый тормозной момент	$T = J \times 0,105 \times \frac{n_1 - n_2}{t}$		Н·м
8. Убедитесь, что номинальный крутящий момент двигателя > требуемого крутящего момента P_M в кВт n_M в об/мин	$T_M = 9550 \times \frac{P_M}{n_M}$		Н·м

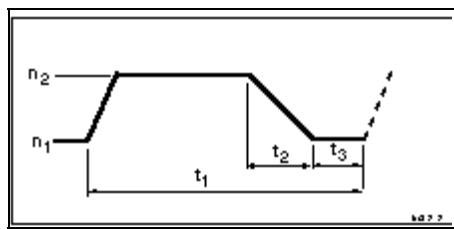


Рис. 8. Профиль скорости одного цикла

 t_1 = длительность цикла t_2 = время замедления t_3 = время останова n_1 = минимальная скорость двигателя n_2 = максимальная скорость двигателя

Относительная рассеиваемая мощность для стандартных резисторов показана на рисунке ниже:

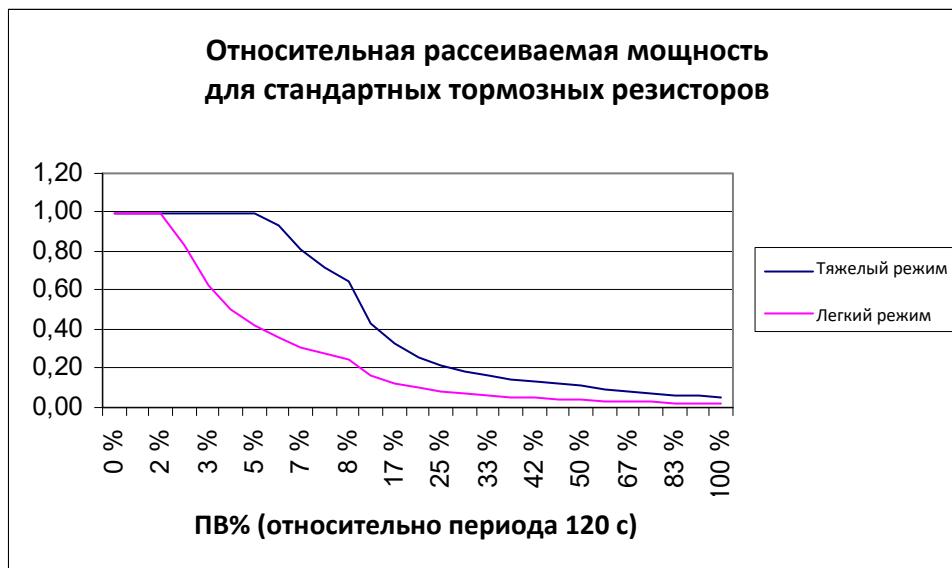


Рис. 9

Проверьте следующее:

- Выбранный тип тормозного резистора может рассеивать требуемую мощность. (Обратите внимание, что поскольку ток тормозного IGBT ограничивается устройством, использовать резистор с импедансом меньшим, чем указано для преобразователя частоты, нельзя.)
- Если это не так, необходимо подобрать резистор специально под конкретное применение. Во многих случаях решением может стать подходящее сочетание последовательного и параллельного соединения стандартных резисторов, в других случаях должен быть определен и изготовлен специальный резистор.

3.2.3 Внутренние резисторы

Размеры корпусов FR4, FR5 и FR6 (380–500 В) могут оснащаться внутренним тормозным резистором в качестве заводской опции. Тормозные резисторы рассчитаны на торможение при полном крутящем моменте в течение 2 секунд от номинальной скорости двигателя до нуля или торможение при полной мощности в течение 1 секунды каждую минуту.

Код типа	Сопротивление [Ом]	Энергия Торможение при полном крутящем моменте в течение 2 с [кДж]	Средняя мощность 1 импульс/мин [Вт]
NX_5 FR4	120	4	45
NX_5 FR5	55	8,9	100
NX_5 FR6	30	16	175

Табл. 12

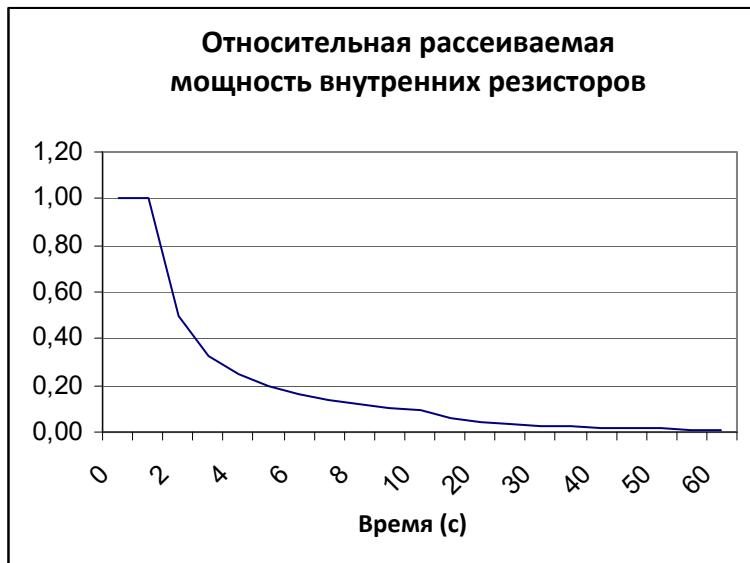


Рис. 10

4. ПОДКЛЮЧЕНИЯ

4.1 Общие сведения

Убедитесь, что ваш преобразователь частоты оснащен тормозным прерывателем. Это опция, устанавливаемая на заводе-изготовителе!

Тормозной резистор подключается к разъемам DC+ и R- на преобразователе частоты. Минимальные размеры кабелей указаны в Табл. 1 и Табл. 2. При определении размеров кабелей обратите внимание, что входные предохранители преобразователя частоты защищают также этот кабель. Избегайте прокладки кабеля тормозного резистора рядом с другими кабелями. Например, рекомендуемое минимальное расстояние до кабелей управления составляет 0,5 м.

ВНИМАНИЕ! Прежде чем подключать тормозной резистор, отсоедините преобразователь частоты от сети питания. После отсоединения подождите 5 минут, прежде чем открывать крышку преобразователя частоты. Воспользуйтесь подходящим измерительным прибором, чтобы убедиться в отсутствии напряжения на разъемах DC и R-.

Прочтите главу «Техника безопасности» в руководстве по эксплуатации вашего изделия VACON® NX.

Резистор	Кабель и клемма	Резистор	Кабель и клемма
BRR 0025 LD 2	Интегрированные, AWG16		
BRR 0031 LD 2	Интегрированные, AWG16	BRR 0031 HD 2	6
BRR 0061 LD 2	Интегрированные, AWG16	BRR 0061 HD 2	6
BRR 0114 LD 2	Интегрированные, AWG10	BRR 0114 HD 2	16
BRR 0205 LD 2	16–50	BRR 0205 HD 2	16–50
BRR 0022 LD 5	Интегрированные, AWG16	BRR 0022 HD 5	6
BRR 0031 LD 5	Интегрированные, AWG16	BRR 0031 HD 5	6
BRR 0045 LD 5	Интегрированные, AWG16	BRR 0045 HD 5	6
BRR 0061 LD 5	Интегрированные, AWG14	BRR 0061 HD 5	16
BRR 0105 LD 5	16	BRR 0105 HD 5	M8/3x16+16
BRR 0300 LD 5	16–50	BRR 0300 HD 5	M8/3x70+35
BRR 0520 LD 5	M8/3x95+50	BRR 0520 HD 5	M8/3x95+50
BRR 0730 LD 5	M8/3x95+50	BRR 0730 HD 5	M8/3x95+50
BRR 0013 LD 6	Интегрированные, AWG16	BRR 0013 HD 6	6
BRR 0034 LD 6	Интегрированные, AWG16	BRR 0034 HD 6	6
BRR 0052 LD 6	Интегрированные, AWG14	BRR 0052 HD 6	6
BRR 0100 LD 6	16–50	BRR 0100 HD 6	M8/3x16+16
BRR 0208 LD 6	16–50	BRR 0208 HD 6	M8/3x50+25
BRR 0416 LD 6	M8/3x70+35	BRR 0416 HD 6	M8/3x70+35
BRR 0590 LD 6	M8/3x70+35	BRR 0590 HD 6	M8/3x70+35

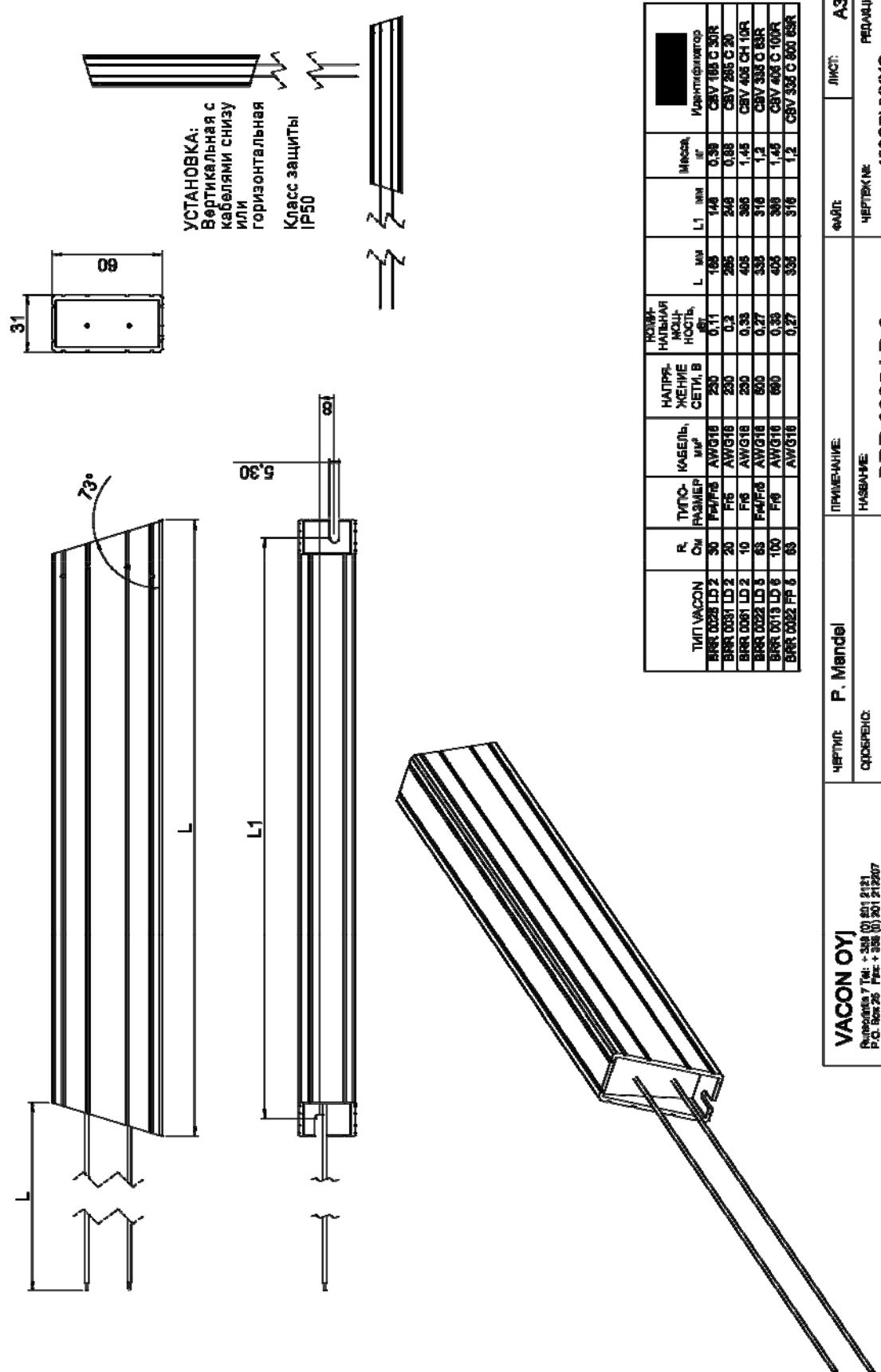
Табл. 13. Размеры кабелей

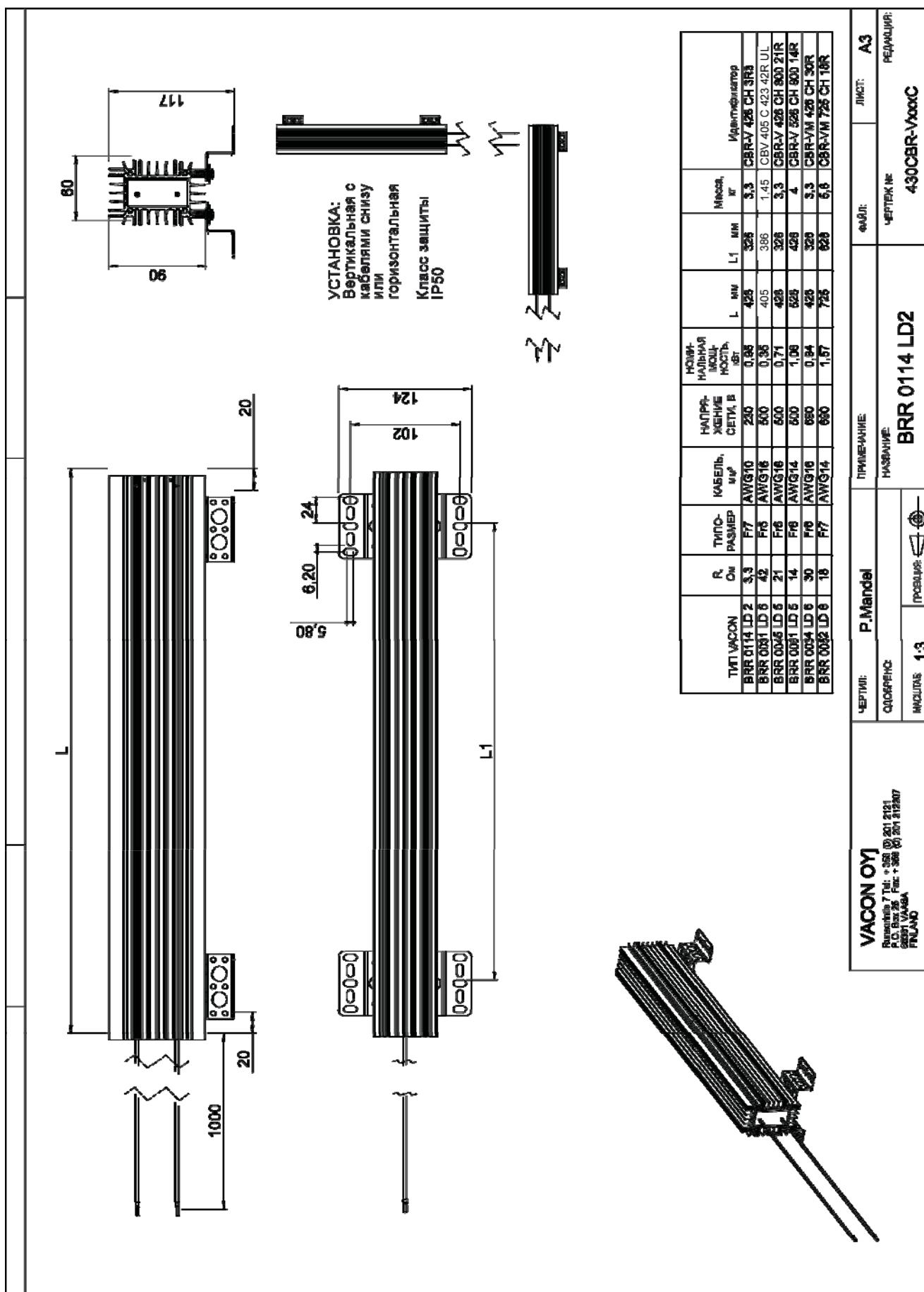
M8 = болт M8 на резисторе

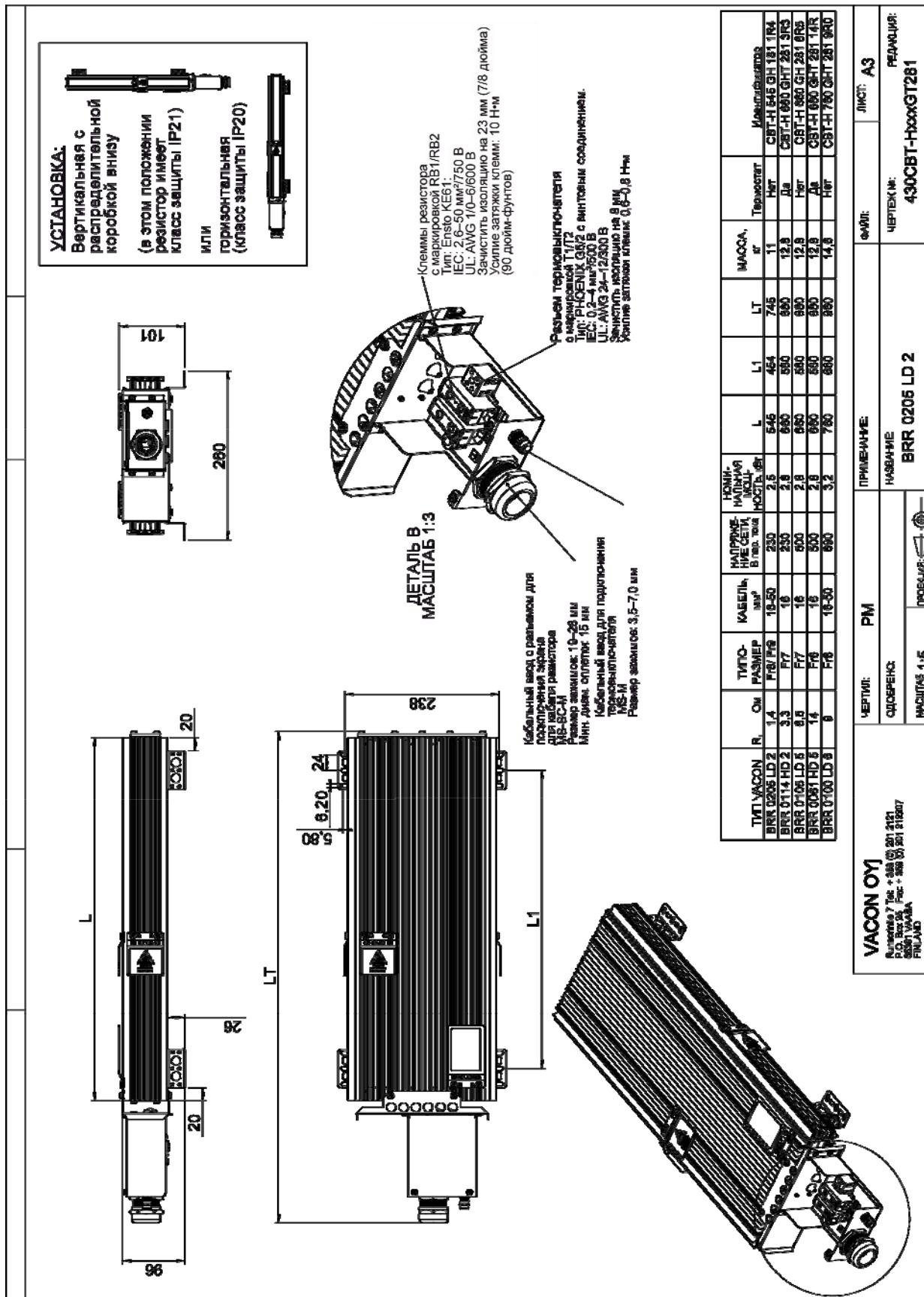
Требуются только два проводника обычного трехфазного кабеля. Экран кабеля должен быть подсоединен на каждом конце. Третий, неиспользуемый разъем должен быть заземлен путем подключения к земле на одном конце.

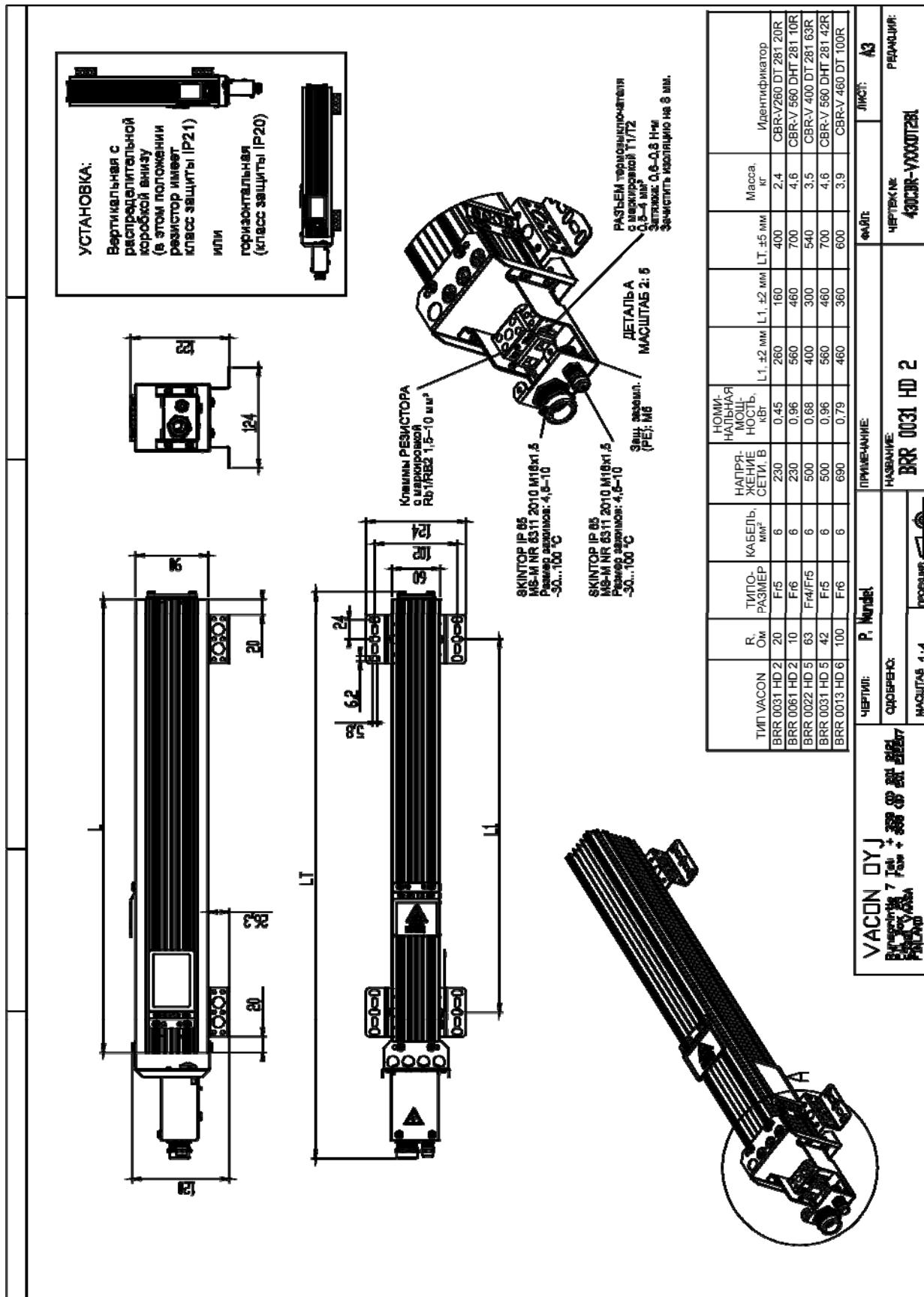
Калибр провода (AWG)	Ø [дюйм]	Ø [мм]	Ø [мм ²]
6/0 = 000000	0,580	14,73	170,30
5/0 = 00000	0,517	13,12	135,10
4/0 = 0000	0,460	11,7	107
3/0 = 000	0,410	10,4	85,0
2/0 = 00	0,365	9,26	67,4
1/0 = 0	0,325	8,25	53,5
2	0,258	6,54	33,6
4	0,204	5,19	21,1
6	0,162	4,11	13,3
8	0,128	3,26	8,36
10	0,102	2,59	5,26
12	0,0808	2,05	3,31
14	0,0641	1,63	2,08
16	0,0508	1,29	1,31
18	0,0403	1,02	0,823
20	0,0320	0,812	0,518

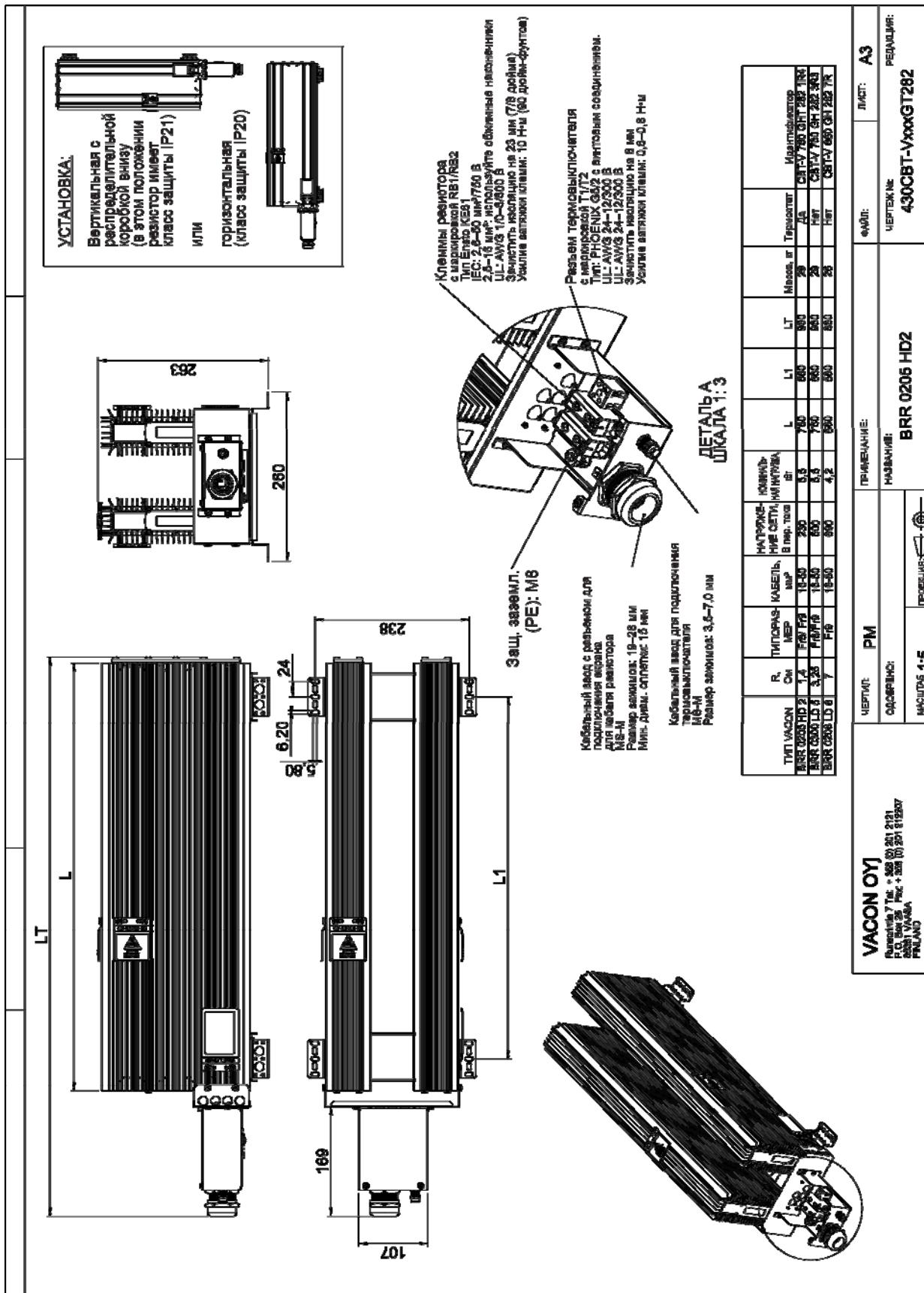
Табл. 14. Размеры кабелей

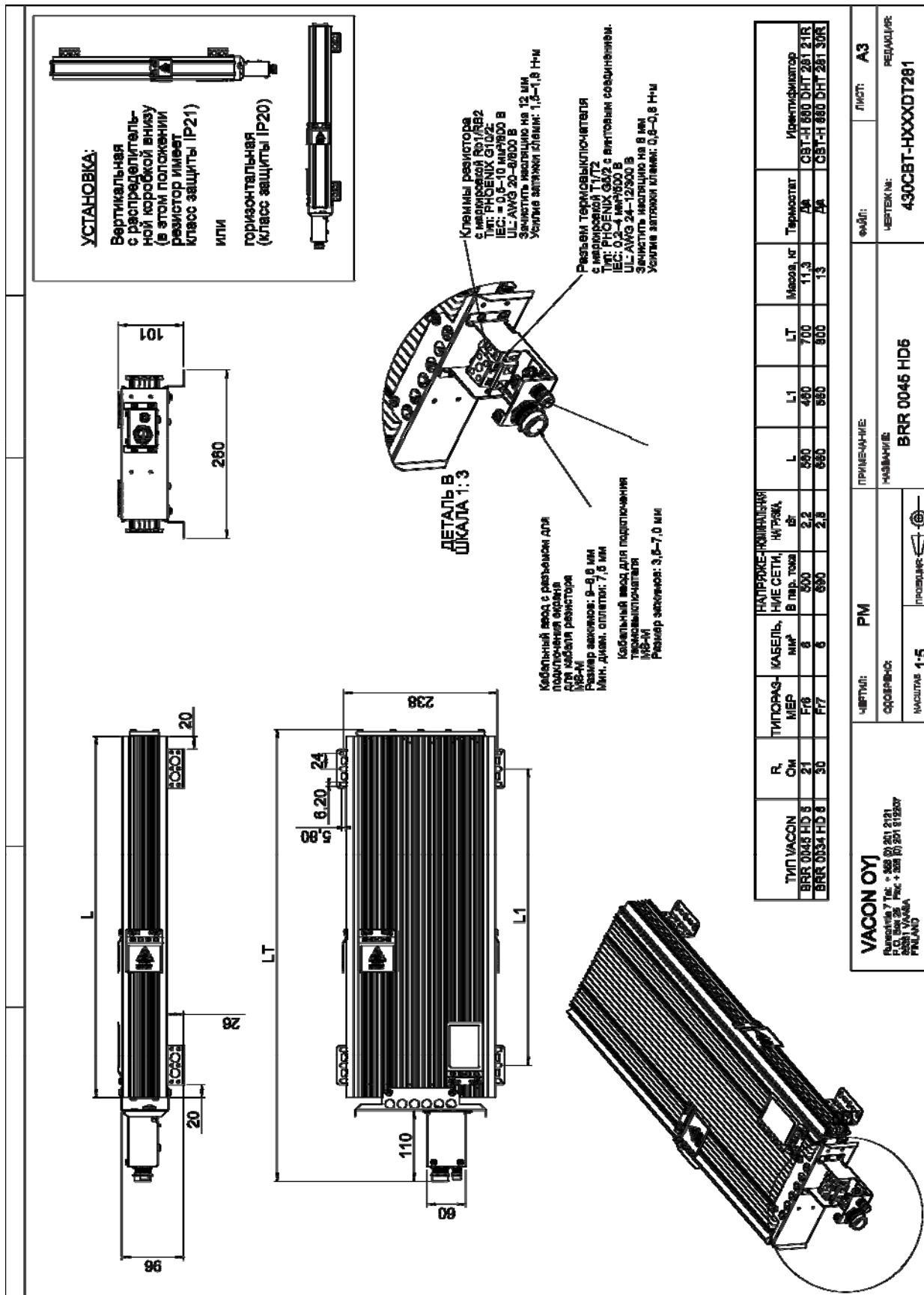












Код VACON	Ом	Размер корпуса	Подключение	Кабель [мм]	В пер. тока	Pn [кВт]	Масса [кг]
BRR 0052 HD6	18	FR7/16 мм ²	M8/3x10+10	20	690 В	4,0	15

Подключение:

A	Клеммы под кабель, болт M8, крутящий момент 4,5 Н·м	
B	Клеммы под кабель, болт M8, крутящий момент 4,5 Н·м	
C	Кабельный ввод SH21, размер зажима 18–23,5 мм	
D	Разъем заземления (PE)	

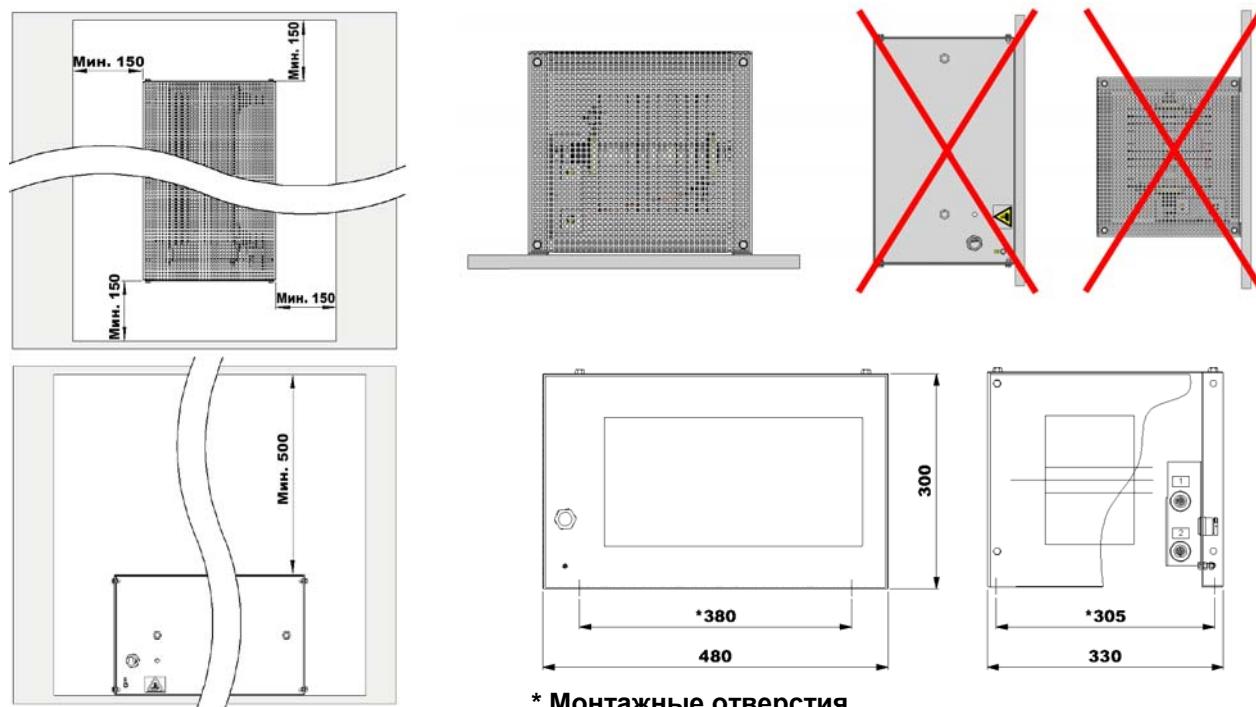
1	Кабель	
2	Экранирующая оплетка	
3	Кабельный ввод	
4	Токопроводящая жила	

Соединительный кабель к тормозному резистору должен быть экранированным/бронированным.

Всегда подключайте экран/броню на обоих концах.

Установка:

ВНИМАНИЕ! Для правильной работы листы резисторов должны быть установлены вертикально.



Код VACON	Ом	Размер корпуса	Подключение	Кабель [мм]	В пер. тока	Pn [кВт]	Масса [кг]
BRR 0105 HD 5	6,5	FR7/16 мм ²	M8/3x10+10	20	500 В	6,92	17
BRR 0100 HD 6	9,0	FR10/16 мм ²	M8/3x16+16	23	690 В	9,4	20

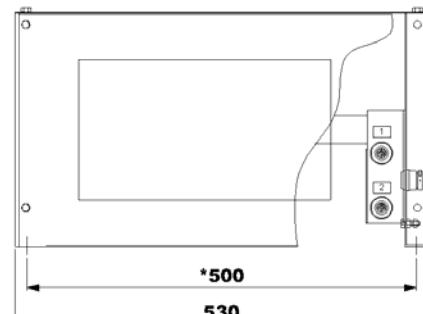
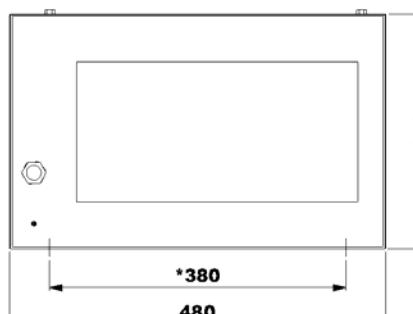
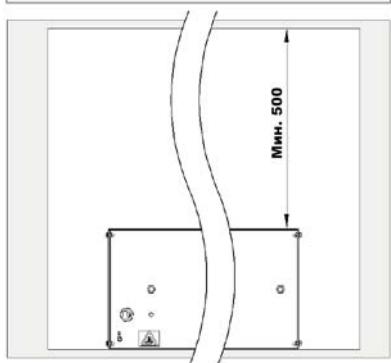
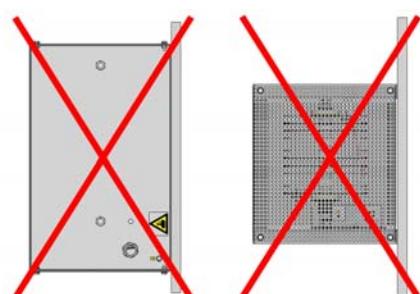
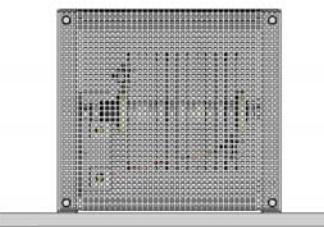
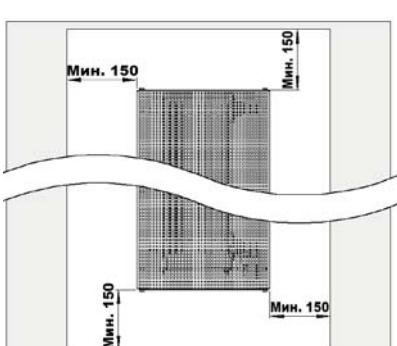
Подключение:

A	Клеммы под кабель, болт M8, крутящий момент 4,5 Н·м	
B	Клеммы под кабель, болт M8, крутящий момент 4,5 Н·м	
C	Кабельный ввод M25, размер зажима 18–23,5 мм	
D	Разъем заземления (PE)	

1	Кабель	
2	Экранирующая оплетка	
3	Кабельный ввод	
4	Токопроводящая жила	

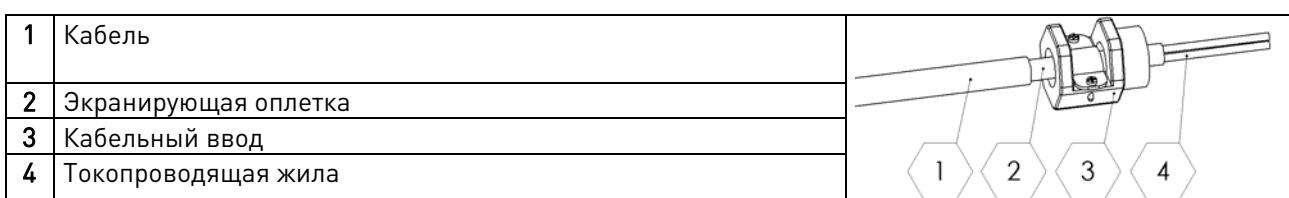
Соединительный кабель к тормозному резистору должен быть экранированным/бронированным.
Всегда подключайте экран/броню на обоих концах.

ВНИМАНИЕ! Для правильной работы листы резисторов должны быть установлены вертикально.

Установка:

* Монтажные отверстия Ø9

Код VACON	Ом	Код Danotherm	Размер корпуса	Подключение	Кабель [мм]	В пер. тока	Pn [кВт]	Масса (кг)
BRR 0300 HD5	3,25	BRC 17 AT20 3R25 E726		FR8/FR9	M8/3x70+35	32	500 В	12,84
BRR 0520 LD5	1,4	BRC 17 AT20 1R4 E725		FR10	M8/3x95+50	37	500 В	12,3
BRR 0208 HD6	7	BRC 17 AT20 7R E724		FR11	M8/3x50+25	28	690 В	12
BRR 0416 LD6	2,5	BRC 17 AT20 2R5 E726		FR10	M8/3x70+35	32	690 В	13

Подключение:

Соединительный кабель к тормозному резистору должен быть экранированным/бронированным.

Всегда подключайте экран/броню на обоих концах.

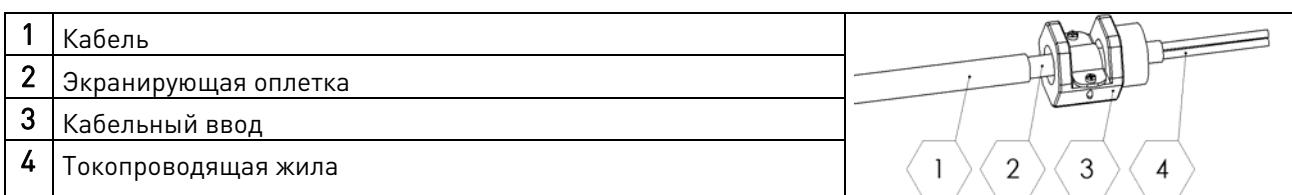
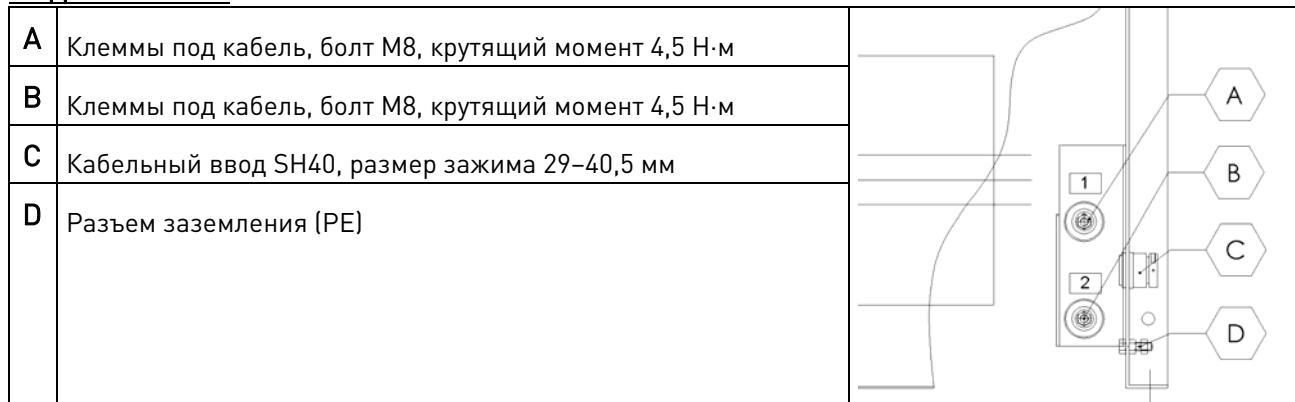
Установка:

ВНИМАНИЕ! Для правильной работы листы резисторов должны быть установлены вертикально.



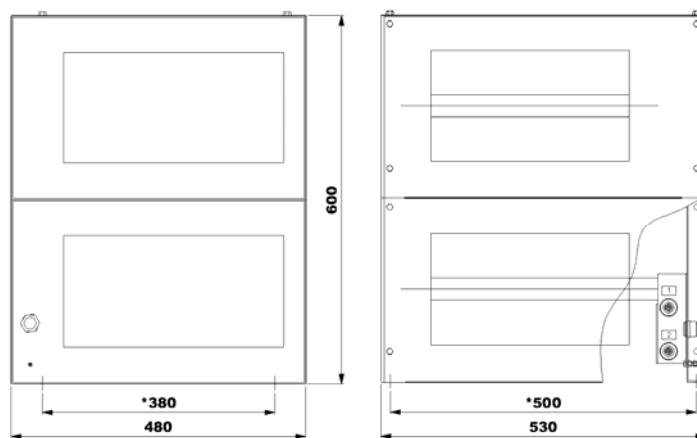
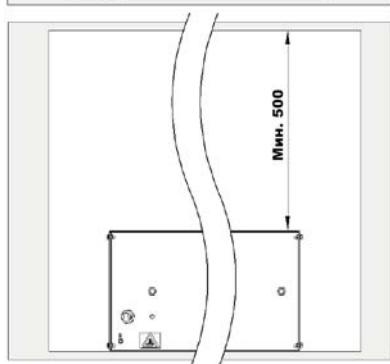
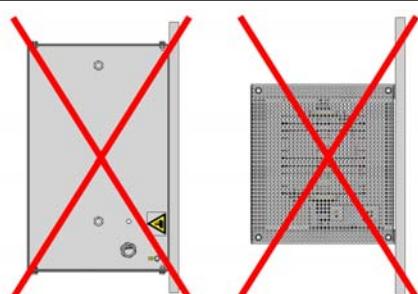
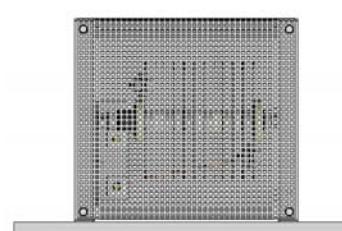
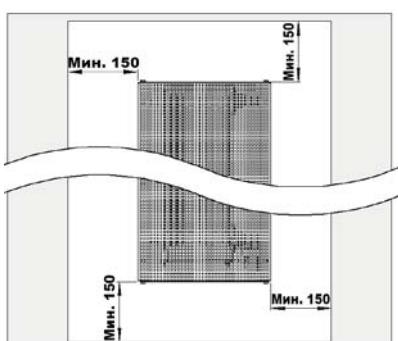
* Монтажные отверстия Ø9

Код VACON	Ом	Размер корпуса	Подключени е	Кабель [мм]	В пер. тока	Pn [кВт]	Масса [кг]
BRR 0730 LD 5	0,9	FR11	M8/3x95+50	37	500 В	19,2	35
BRR 0590 LD 6	1,7	FR11/50 мм ²	M8/3x70+35	32	690 В	19,0	35

Подключение:

Соединительный кабель к тормозному резистору должен быть экранированным/бронированным.
Всегда подключайте экран/броню на обоих концах.

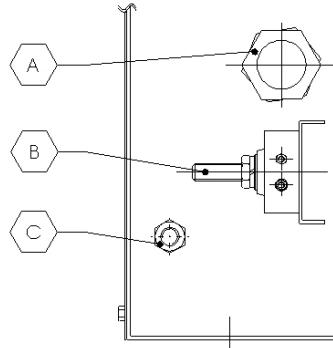
ВНИМАНИЕ! Для правильной работы листы резисторов должны быть установлены вертикально.

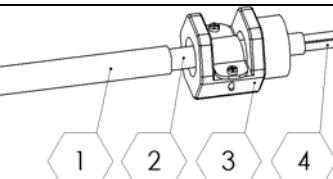
Установка:

* Монтажные отверстия Ø9

Код VACON	Ом	Размер корпуса	Подключение	Кабель [мм]	В пер. тока	Pn [кВт]	Масса [кг]
BRR 0520 HD 5	1,4	FR10	M8/3x95+50	37	500 В	32	90
BRR 0416 HD 6	2,5	FR10	M8/3x70+35	32	690 В	33,8	90

Подключение:

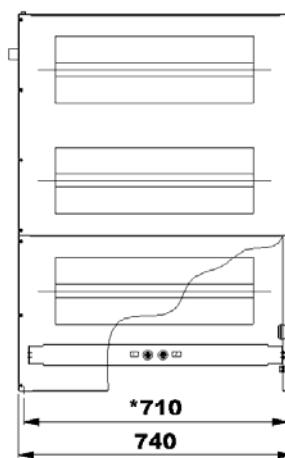
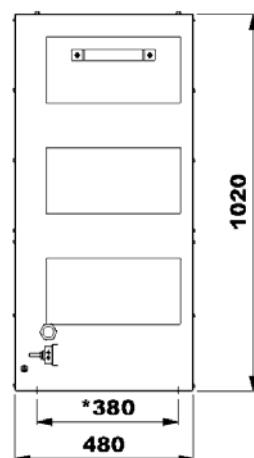
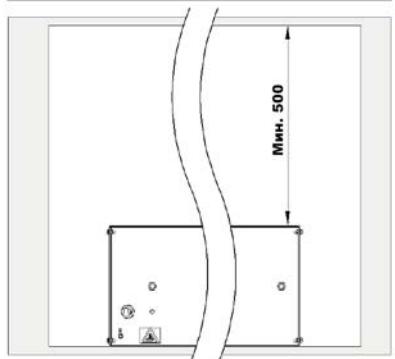
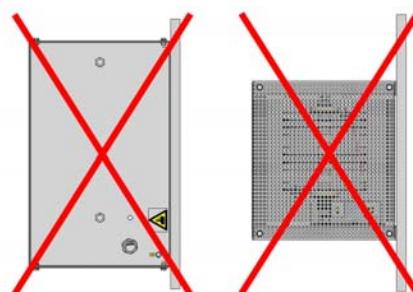
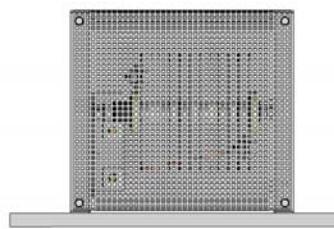
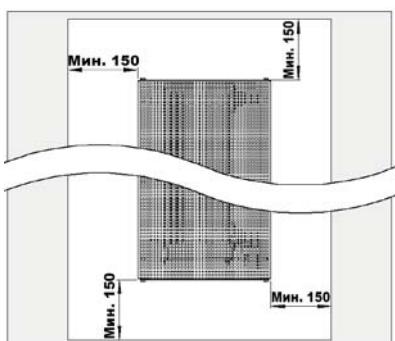
A	Кабельный ввод SH40, размер зажима 29–40,5 мм	
B	Клеммы под кабель, болт M8, крутящий момент 4,5 Н·м	
C	Разъем заземления (PE)	

1	Кабель	
2	Экранирующая оплетка	
3	Кабельный ввод	
4	Токопроводящая жила	

Соединительный кабель к тормозному резистору должен быть экранированным/бронированным.

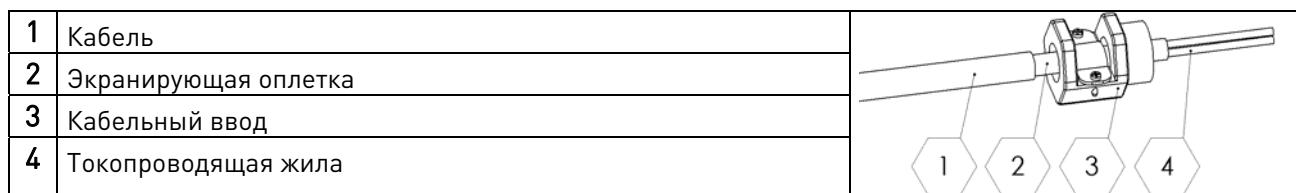
Всегда подключайте экран/броню на обоих концах.

ВНИМАНИЕ! Для правильной работы листы резисторов должны быть установлены вертикально.

Установка:

* Монтажные отверстия Ø9

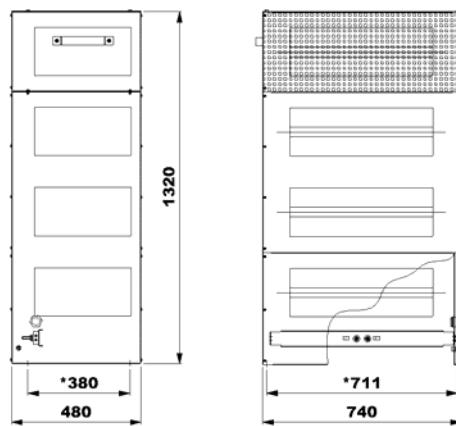
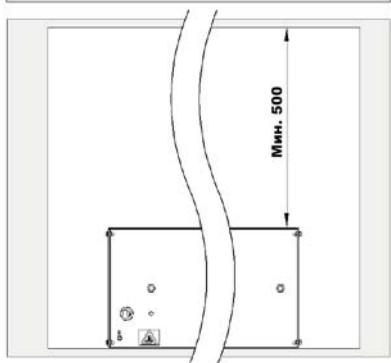
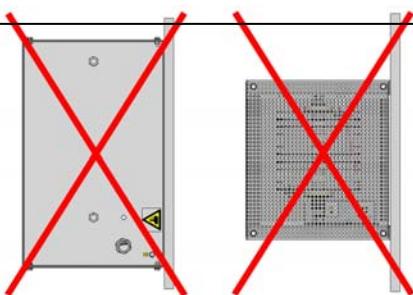
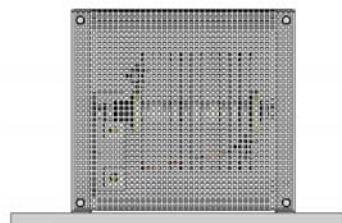
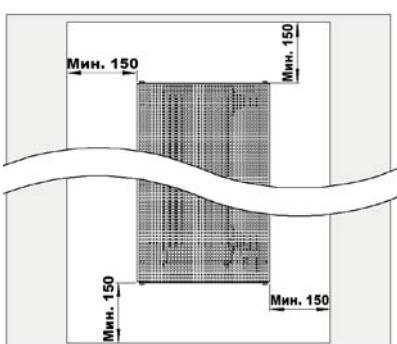
Код VACON	Ом	Размер корпуса	Подключение	Кабель [мм]	В пер. тока	Pn [кВт]	Масса [кг]
BRR 0730 HD 5	0,9	FR11	M8/3x95+50	37	500 В	49,9	120
BRR 0590 HD 6	1,7	FR12	M8/3x70+35	32	690 В	49,7	120

Подключение:

**Соединительный кабель к тормозному резистору должен быть экранированным/бронированным.
Всегда подключайте экран/броню на обоих концах.**

Установка:

ВНИМАНИЕ! Для правильной работы листы резисторов должны быть установлены вертикально.



* Монтажные отверстия Ø9

VACON®

www.danfoss.com

Document ID:



DPD02084C

Rev. C

Vacon Ltd
Member of the Danfoss Group
Runkorintie 7
65380 Vaasa
Finland

Sales code: DOC-INSBRAKE+DLRU