

## БАРЬЕРЫ ИСКРОЗАЩИТЫ КОРУНД-М7ХХ НА TVS- ДИОДАХ

ООО “Стэнли” ([www.stenli.ru](http://www.stenli.ru)) производит барьеры искрозащиты с 1995 г. За это время было выпущено большое количество барьеров серии КОРУНД-М различных модификаций с целью максимально удовлетворить требования взрывобезопасной передачи измерительных сигналов для различных объектов повышенной взрывоопасности.

Совершенствование барьеров искрозащиты шло как в направлении миниатюризации приборов, так и в сторону повышения эксплуатационных характеристик, в том числе повышения надежности и снижения вносимых барьером погрешностей. Одним из основных параметров, характеризующим метрологические характеристики барьеров, является проходное сопротивление. Снижение проходное сопротивление расширяет возможности пользователей, так как удается использовать датчики различных физических параметров с более высокой нижней границей напряжения питания и, соответственно, увеличить значение сопротивления полезной нагрузки.

В свое время использование отечественных мощных резисторов P1-2P (и их зарубежных аналогов), а также мощных стабилитронов 1N5359, 1N5349 позволило снизить проходное сопротивление 24-вольтовых барьеров степени искрозащиты  $ib$  до величины 284 Ом.

В настоящее время резервы снижения проходного сопротивления барьеров на вышеупомянутых стабилитронах полностью исчерпаны в силу ограниченного величиной 170-180 мА максимального тока стабилитронов с учетом необходимого коэффициента запаса. Применение более мощных стабилитронов (например NTE5198) ведет к увеличению габаритов барьера и повышению его стоимости ( цена одного стабилитрона достигает 6.5 € ).

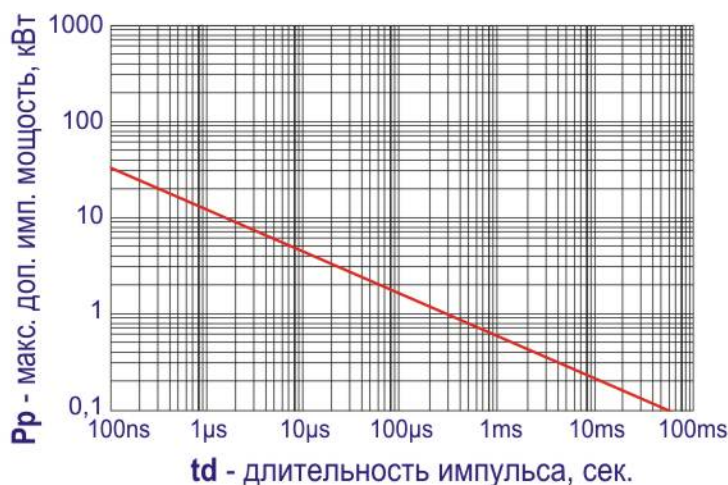
Выходом из создавшейся ситуации является использование в барьерах искрозащиты относительно недавно появившихся элементов защиты от перенапряжения, так называемых **transient voltage suppressor**, или **TVS-диодов**. Эти приборы отличаются весьма большой импульсной мощностью рассеивания и, соответственно, большим максимальным импульсным током при минимальных габаритах.

TVS- диоды - это полупроводниковые приборы с резко выраженной нелинейной вольт-амперной характеристикой, подавляющие импульсные электрические перенапряжения, амплитуда которых превышает напряжение лавинного пробоя диода [1].

В допробойной области ток утечки TVS-диодов, как и у стабилитронов, не превышает единиц микроампер.

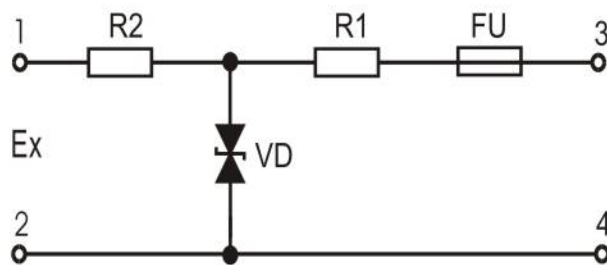
В отличие от стабилитронов, TVS-диоды разработаны и предназначены для защиты от мощных импульсов перенапряжения, тогда как кремниевые стабилитроны предназначены для регулирования напряжения и по причине низкого быстродействия не рассчитаны на работу при значительных импульсных нагрузках.

TVS-диоды обладают высоким быстродействием ( порядка  $10^{-12}$  сек), что практически исключает появление выбросов напряжения в защищаемой диодом нагрузке. Токи, которые способны пропустить TVS-диоды без опасности разрушения рп-перехода, на несколько порядков превосходят максимальные допустимые токи стабилитронов. Так, для 24-вольтового TVS-диода 1.5KE24C максимальный допустимый импульсный ток достигает 43 А при длительности импульса перенапряжения 1000 мкс. В зависимости от длительности приложенного к диоду импульса перенапряжения допустимая мощность может увеличиваться или снижаться в соответствии с номограммой, приведенной в [1]:



TVS - диоды выпускаются также и в симметричном исполнении, что позволяет существенно сократить общее число элементов в барьере, поскольку стабилитроны в барьерах включаются обычно встречно для защиты от переменного напряжения в аварийном режиме.

Таким образом, в связи с перечисленными выше достоинствами TVS-диодов, применение их в барьерах искрозащиты представляется весьма перспективным. Для подтверждения данного тезиса ниже приведен расчет барьера искрозащиты с использованием TVS-диода.



На рисунке приведена схема простейшего барьера искрозащиты. В этой схеме функцией резистора R1 является снижение тока через предохранитель FU до значений, ниже величины разрывного тока предохранителя. Поскольку для TVS- диода максимальная допустимая мощность рассеивания, а следовательно, и максимальный допустимый ток зависит от длительности импульса перенапряжения, следует оценить временные характеристики предохранителя и уровень тока, протекающий через предохранитель и диод при аварийной ситуации.

Для предохранителей TR5 фирмы Wickman, обладающих разрывным током 35 А при номинальном токе 40 мА ампер-секундная характеристика, т.е.  $I_{раз} t_{FU}$  по данным фирмы-изготовителя составляет  $2 \cdot 10^{-4} \text{ А}^2 \text{ сек}$ . Минимальное значение сопротивления резистора R1, обеспечивающее снижение тока через предохранитель FU при аварийной ситуации, когда ко входным клеммам 1,2 приложено напряжение 250 В, с учетом коэффициента запаса 1.5 составляет:

$$R1 = \frac{250 - 24}{35} * 1.5 = 9.7 \text{ Ом}$$

где 24 В падение напряжения на TVS-диоде;  
35 А разрывной ток предохранителя.

Время перегорания предохранителя при этом составит:

$$t_{FU} = 2 \cdot 10^{-4} / ((250-24)/9.7)^2 = 0.37 \text{ мкс.}$$

Полученный результат свидетельствует о том, что время перегорания предохранителя значительно меньше величины 1000 мкс, при которых нормируется максимальный ток TVS-диода, и опасность его разрушения практически исключена.

Мощность резистора R1 определяется по п.7.3.8. ГОСТ Р 51330.10-99 и составляет

$$P_1 = 1.7(0.04)^2 9.7 = 0.069 \text{ Вт}$$

где 0.04 номинальный ток срабатывания предохранителя, А.

Таким образом, в качестве резистора R1 можно использовать малогабаритные металлокерамические резисторы С2-23-0.125, или резисторы для поверхностного монтажа SMD-1206, что уменьшает габариты барьера.

При расчете резистора R2 следует руководствоваться приложением А ГОСТ Р 51330.10-99, а именно:

$$R2 = U_{ст} / I_0$$

где:  $U_{ст}$  напряжение стабилизации стабилитрона, в нашем случае напряжение ограничения TVS- диода;  
 $I_0$  - искробезопасный ток, определяется по данным таблицы А1 для подгрупп ПС, ПВ, ПА.

Ниже в таблице 1 приведены результаты расчета величин сопротивления и мощности резистора R2 для двух значений напряжения ограничения - 24 В и 12.8 В и трех подгрупп электрооборудования при коэффициенте запаса 1.5.

Табл.1

	ПС			ПВ			ПА		
	U <sub>о</sub> , В	I <sub>о</sub> , А	R <sub>2</sub> , Ом	P <sub>R2</sub> , Вт	I <sub>о</sub> , А	R <sub>2</sub> , Ом	P <sub>R2</sub> , Вт	I <sub>о</sub> , А	R <sub>2</sub> , Ом
12.8	2.25	5.68	28.75	2.25	5.68	28.75	2.25	5.68	28.75
24	0.174	138	4.17	0.43	55.8	10.32	0.597	40.2	14.32

Для подгрупп II В, II А при напряжении 12 В таблицей А1 искробезопасный ток не нормируется (его величина по рис.А1 выше 5 А), в связи с чем на эти подгруппы распространен результат расчета для подгруппы II С.

Полученное значение мощности резистора R2 для  $U_0 = 12.8$  В слишком велико, его желательно ограничить величиной 20 Вт, что позволит составить резистор R2 из 4-х 5-ваттных резисторов ACS5S, имеющих минимальные габариты. С этой целью сопротивление R2 следует увеличить до 10 Ом. Ток  $I_0$  при этом составит 1.28 А, суммарная мощность рассеивания 16.38 Вт.

Ниже в таблице 2 приведены параметры барьеров серии **КОРУНД-М7xx**, разработанных с применением TVS-диодов.

Табл.2

Наименование барьера	Уровень взрывозащиты	Под-группа	Макс. выходное напряжение, $U_0$ , В	Макс. выходной ток $I_0$ , А	Макс. внешняя емкость $C_0$ , мкф			Макс. внешняя индуктивность $L_0$ , мГн			Проходное сопротивление $R_{пр}$ , Ом
					ПС	ПВ	ПА	ПС	ПВ	ПА	
КОРУНД- М711	[Exib]	ПС/ПВПА	24,0	0,16	0,125	0,93	3,35	1,33	7,3	23,0	—
КОРУНД-М712	[Exib]	ПС/ПВПА	12,8	0,2	1,06	6,8	24,2	1,47	6,7	16,0	—
КОРУНД-М720	[Exib]	ПС/ПВПА	12,8	0,64	1,06	6,8	24,2	0,13	1,06	2,0	34
КОРУНД-М721	[Exib]	ПС	24,0	0,17	0,125			1,2			154
КОРУНД-М722	[Exib]	ПВ	24,0	0,4		0,93			0,87		74
КОРУНД-М723	[Exib]	ПА	24,0	0,6			3,35			0,53	54
КОРУНД-М730	[Exia]	ПС/ПВПА	12,8	0,427	1,06	6,8	24,2	0,32	2,2	3,45	58
КОРУНД-М731	[Exia]	ПС/ПВПА	6,8	0,68	17,9	380	1000	0,23	0,8	1,7	38
КОРУНД-М740	[Exia]	ПС	24,0	0,174	0,125			1,2			168
КОРУНД-М741	[Exia]	ПВ	24,0	0,4		0,93			0,87		88
КОРУНД-М742	[Exia]	ПА	24,0	0,6			3,35			0,53	68

Значения проходных сопротивлений барьеров скорректированы с учетом значений сопротивлений резисторов по нормальному ряду. Для барьеров **КОРУНД-М711** и **КОРУНД-М712** проходное сопротивление не указано, поскольку эти барьеры являются активными и имеют токовый выходной сигнал 4-20 или 0-5 мА.

Приведенные результаты показывают, что проходное сопротивление барьера степени искрозащиты  $ib$  для 12.8 В и подгруппы II С с учетом сопротивления предохранителя составит

$$R_{пр} = R1 + R2 + R_{FU} = 34 \text{ Ом},$$

а проходное сопротивление барьера степени искрозащиты  $ib$  для 24 В составит

$$R_{пр} = 10 + 138 + 4 = 152 \text{ Ом}.$$

Для сравнения приведем значения проходного сопротивления выпускаемых в настоящее время барьеров **КОРУНД-М2** (12.8 В) 170 Ом и **КОРУНД-М21** (24 В) 280 Ом. Выигрыш по величине проходного сопротивления для других подгрупп электрооборудования еще более ощутим.

Таким образом, при максимальном токе датчика с выходным сигналом 4-20 мА, подключенного к 24-х-вольтовому барьеру КОРУНД-М721 падение напряжения на барьере составит 3.16 В, в то время, как для барьера КОРУНД-М21 это падение составляет 5.6 В. Это позволяет использовать при эксплуатации датчики с высоким нижним пределом допустимого напряжения питания (до 20 В). Уменьшение проходного сопротивления также дает возможность увеличить длину линии связи, соединяющей датчик с барьером.

Итак, приведенные расчеты показывают, что применение TVS-диодов в барьерах искрозащиты может существенно повысить эксплуатационные параметры барьеров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.А.Кадуков. TVS-диоды полупроводниковые приборы для ограничения опасных перенапряжений в электронных цепях. - Компоненты и технологии, 2001, N1.