

Самовосстанавливающиеся предохранители Miltifuse производства фирмы Bourns

Разработчики электронных устройств наверняка знают, к каким фатальным для этих устройств последствиям может привести перегрузка по току. Существует несколько способов защиты от таких ситуаций. Самый распространенный из них — использование плавких предохранителей. Безусловно, они работают хорошо, но рассчитаны только на одно срабатывание. При выходе плавкого предохранителя из строя он требует замены. Это не всегда удобно, а во многих случаях требуется вмешательство квалифицированного специалиста. Преимущества самовосстанавливающихся предохранителей (далее — СП) фирмы Bourns заключаются в том, что они рассчитаны на многократное срабатывание, а их разрушение происходит при токе, во много раз превышающем ток срабатывания. Уже сегодня СП нашли себе широкое применение в различных областях, таких как персональные компьютеры, трансформаторы, электромоторы, звуковоспроизводящая техника, аккумуляторные батареи, медицинское и измерительное оборудование, автомобильная электроника и др.

Валентин Ткачев

valentin_tkachev@platan.ru

Устройство

Самовосстанавливающиеся предохранители изготавливаются из проводящего пластика, отформованного в тонкий лист с напылением электродов с обеих плоскостей. Проводящий пластик — это особое вещество, ноу-хау фирмы Bourns, состоящее из непроводящего электрический ток кристаллического полимера и распределенных в нем мельчайших частиц технического углерода, проводящих электрический ток. Электроды гарантируют равномерное распределение энергии по всей площади поверхности, к ним крепятся проволочные или лепестковые выводы. Особенностью, которая позволяет использовать этот материал в качестве СП, является то, что этот проводящий пластик проявляет высокий нелинейный положительный температурный коэффициент сопротивления (ТКС). Положительным ТКС обладает довольно большое количество материалов.

Особенность материала СП — это сильная крутизна графика зависимости сопротивления от температуры самого СП или окружающей среды и практически скачкообразное изменение сопротивления из проводящего в непроводящее (рис. 1). До определенной, так называемой «переходной» температуры, сопротивление СП практически не возрастает. При достижении «переходной» температуры сопротивление возрастает в логарифмической пропорции.

Принцип работы

При комнатной температуре материал СП имеет кристаллическую структуру. Проводящие частицы технического углерода расположены в нем по границам кристаллов достаточно плотно и близко друг к другу, образуя цепочки, по которым может идти электрический ток (рис. 2).

При возникновении аварийной ситуации (например, при коротком замыкании нагрузки в цепи, где стоит СП) через СП начинает течь ток, превышаю-

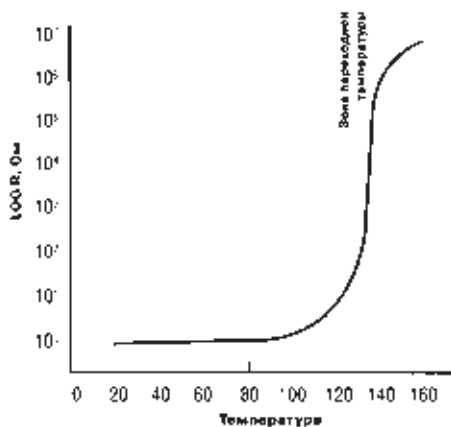


Рис. 1

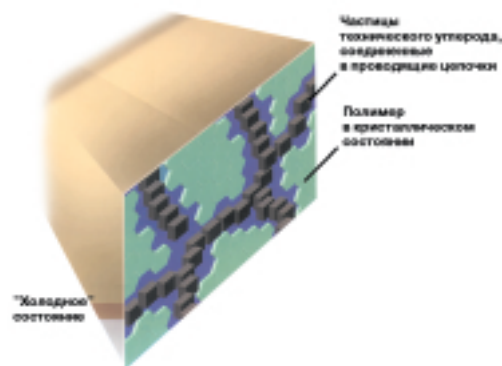


Рис. 2

Таблица 1. Электрические характеристики самовосстанавливающихся предохранителей Miltifuse фирмы Bougns

Модель	Максимальное рабочее напряжение	Максимально допустимый ток	Нормальный рабочий ток	Минимальный ток срабатывания	Первоначальное сопротивление		Макс. сопротивление через 1 час после срабатывания и снятия напряжения	Макс. время срабатывания		Мощность рассеяния в непроводящем состоянии
	V max.	I max.	I hold	I trip	R min.	R max.	R1 max.	T max.		Pd trip
	В	А	А	А	Мин. Ом	Макс. Ом	Ом	А	с	Вт
Серия MF-R с проволочными выводами для монтажа пайкой в отверстия										
MF-R010	60	40	0.10	0.20	2.50	4.50	7.50	0.5	4.0	0.38
MF-R017	60	40	0.17	0.34	2.00	3.20	8.00	0.85	3.0	0.48
MF-R020	60	40	0.20	0.40	1.50	2.84	4.40	1.0	2.2	0.40
MF-R025	60	40	0.25	0.50	1.00	1.95	3.00	1.25	2.5	0.45
MF-R030	60	40	0.30	0.60	0.76	1.36	2.10	1.5	3.0	0.50
MF-R040	60	40	0.40	0.80	0.52	0.86	1.29	2.0	3.8	0.55
MF-R050	60	40	0.50	1.00	0.41	0.77	1.17	2.5	4.0	0.75
MF-R065	60	40	0.65	1.30	0.27	0.48	0.72	3.25	5.3	0.90
MF-R075	60	40	0.75	1.50	0.18	0.40	0.60	3.75	6.3	0.90
MF-R090	60	40	0.90	1.80	0.14	0.31	0.47	4.5	7.2	1.00
MF-R090-0-9	30	40	0.90	1.80	0.07	0.12	0.22	4.5	5.9	0.60
MF-R110	30	40	1.10	2.20	0.10	0.18	0.27	5.5	6.6	0.70
MF-R135	30	40	1.35	2.70	0.065	0.115	0.17	6.75	7.3	0.80
MF-R160	30	40	1.60	3.20	0.055	0.105	0.15	8.0	8.0	0.90
MF-R185	30	40	1.85	3.70	0.040	0.07	0.11	9.25	8.7	1.00
MF-R250	30	40	2.50	5.00	0.025	0.048	0.07	12.5	10.3	1.20
MF-R250-0-10	30	40	2.50	5.00	0.025	0.048	0.07	12.5	10.3	1.20
MF-R300	30	40	3.00	6.00	0.020	0.05	0.08	15.0	10.8	2.00
MF-R400	30	40	4.00	8.00	0.010	0.03	0.05	20.0	12.7	2.50
MF-R500	30	40	5.00	10.00	0.010	0.03	0.05	25.0	14.5	3.00
MF-R600	30	40	6.00	12.00	0.005	0.02	0.04	30.0	16.0	3.50
MF-R700	30	40	7.00	14.00	0.005	0.02	0.03	35.0	17.5	3.80
MF-R800	30	40	8.00	16.00	0.005	0.02	0.03	40.0	18.8	4.00
MF-R900	30	40	9.00	18.00	0.005	0.01	0.02	40.0	20.0	4.20
Серия MF-S с плоскими ленточными выводами для монтажа точечной сваркой на контакты элементов аккумуляторных батарей										
MF-S120	15	100	1.20	2.70	0.085	0.160	0.22	6.00	5.0	1.20
MF-S150	15	100	1.50	3.00	0.050	0.090	0.11	8.00	5.0	1.30
MF-S175	15	100	1.75	3.80	0.050	0.090	0.12	9.00	4.0	1.50
MF-S200	30	100	2.00	4.40	0.030	0.060	0.08	10.00	4.0	1.90
MF-S350	30	100	3.50	6.30	0.017	0.031	0.04	20.00	3.0	2.50
MF-S420	30	100	4.20	7.60	0.012	0.024	0.04	20.00	6.0	2.90

Электрические параметры даны при температуре окружающей среды 23° С.

Диапазон рабочих температур: -40...+85° С.

Максимальная температура рабочей поверхности в высокоомном (непроводящем) состоянии: 125° С.

Таблица 2. Зависимость нормального рабочего тока и минимального тока срабатывания от температуры окружающей среды

Модель	Температура окружающей среды, ° С									
	-40	-20	0	23	40	50	60	70	85	
MF-R010	0,16/0,32	0,14/0,28	0,12/0,24	0,10/0,20	0,08/0,16	0,07/0,14	0,06/0,12	0,05/0,10	0,04/0,08	
MF-R017	0,26/0,52	0,23/0,46	0,20/0,40	0,17/0,34	0,14/0,28	0,12/0,24	0,11/0,22	0,09/0,18	0,07/0,14	
MF-R020	0,31/0,62	0,27/0,54	0,24/0,48	0,20/0,40	0,16/0,32	0,14/0,28	0,13/0,26	0,11/0,22	0,08/0,16	
MF-R025	0,39/0,78	0,34/0,68	0,30/0,60	0,25/0,50	0,20/0,40	0,18/0,36	0,16/0,32	0,14/0,28	0,10/0,20	
MF-R030	0,47/0,94	0,41/0,82	0,36/0,72	0,30/0,60	0,24/0,48	0,22/0,44	0,19/0,38	0,16/0,32	0,12/0,24	
MF-R040	0,62/1,24	0,54/1,08	0,48/0,96	0,40/0,80	0,32/0,64	0,29/0,58	0,25/0,50	0,22/0,44	0,16/0,32	
MF-R050	0,78/1,56	0,68/1,36	0,60/1,20	0,50/1,00	0,41/0,82	0,36/0,72	0,32/0,64	0,27/0,54	0,20/0,40	
MF-R065	1,01/2,02	0,88/1,76	0,77/1,54	0,65/1,30	0,53/1,06	0,47/0,94	0,41/0,82	0,35/0,70	0,26/0,52	
MF-R075	1,16/2,32	1,02/2,04	0,89/1,78	0,75/1,50	0,61/1,22	0,54/1,08	0,47/0,94	0,41/0,82	0,30/0,60	
MF-R090	1,40/2,80	1,22/2,44	1,07/2,14	0,90/1,80	0,73/1,46	0,65/1,30	0,57/1,14	0,49/0,98	0,36/0,72	
MF-R090-0-9	1,40/2,80	1,22/2,44	1,07/2,14	0,90/1,80	0,73/1,46	0,65/1,30	0,57/1,14	0,49/0,98	0,36/0,72	
MF-R110	1,60/3,20	1,43/2,86	1,27/2,54	1,10/2,20	0,91/1,82	0,85/1,70	0,75/1,50	0,67/1,34	0,57/1,14	
MF-R135	1,96/3,92	1,76/3,52	1,55/3,10	1,35/2,70	1,12/2,24	1,04/2,08	0,92/1,84	0,82/1,64	0,70/1,40	
MF-R160	2,32/4,64	2,08/4,16	1,84/3,68	1,60/3,20	1,33/2,66	1,23/2,46	1,09/2,18	0,98/1,96	0,83/1,66	
MF-R185	2,68/5,36	2,41/4,82	2,13/4,26	1,85/3,70	1,54/3,08	1,42/2,84	1,26/2,52	1,13/2,26	0,96/1,92	
MF-R250	3,63/7,26	3,25/6,50	2,88/5,76	2,50/5,00	2,08/4,16	1,93/3,86	1,70/3,40	1,53/3,06	1,30/2,60	
MF-R250-0-10	3,63/7,26	3,25/6,50	2,88/5,76	2,50/5,00	2,08/4,16	1,93/3,86	1,70/3,40	1,53/3,06	1,30/2,60	
MF-R300	4,35/8,70	3,90/7,80	3,45/6,90	3,00/6,00	2,49/4,98	2,31/4,62	2,04/4,08	1,83/3,66	1,56/3,12	
MF-R400	5,80/11,6	5,20/10,4	4,60/9,20	4,00/8,00	3,32/6,64	3,08/6,16	2,72/5,44	2,44/4,88	2,08/4,16	
MF-R500	7,25/14,5	6,50/13,0	5,75/11,5	5,00/10,0	4,15/8,30	3,85/7,70	3,40/6,80	3,05/6,10	2,60/5,20	
MF-R600	8,70/17,4	7,80/15,6	6,90/13,8	6,00/12,0	4,98/9,96	4,62/9,24	4,08/8,16	3,66/7,32	3,12/6,24	
MF-R700	10,1/20,3	9,10/18,2	8,05/16,1	7,00/14,0	5,81/11,6	5,39/10,7	4,76/9,52	4,27/8,54	3,64/7,28	
MF-R800	11,6/23,2	10,4/20,8	9,20/18,4	8,00/16,0	6,64/13,2	6,16/12,3	5,44/10,8	4,88/9,76	4,16/8,32	
MF-R900	13,0/26,1	11,7/23,4	10,3/20,7	9,00/18,0	7,47/14,9	6,93/12,7	6,12/12,2	5,49/10,9	4,68/9,36	
Серия MF-S с плоскими ленточными выводами для монтажа точечной сваркой на контакты элементов аккумуляторных батарей										
MF-S120	1,90/4,28	1,70/3,83	1,50/3,38	1,20/2,70	1,00/2,25	0,90/2,03	0,80/1,80	0,70/1,58	0,50/1,13	
MF-S120S	1,90/4,28	1,70/3,83	1,50/3,38	1,20/2,70	1,00/2,25	0,90/2,03	0,80/1,80	0,70/1,58	0,50/1,13	
MF-S150	2,20/4,40	2,00/4,00	1,80/3,60	1,50/3,00	1,30/2,60	1,10/2,20	1,00/2,00	0,90/1,80	0,70/1,40	
MF-S175	2,50/5,59	2,30/5,14	2,00/4,47	1,70/3,80	1,50/3,35	1,30/2,91	1,20/2,68	1,10/2,46	0,90/2,01	
MF-S175S	2,50/5,59	2,30/5,14	2,00/4,47	1,70/3,80	1,50/3,35	1,30/2,91	1,20/2,68	1,10/2,46	0,90/2,01	
MF-S200	3,20/7,04	2,80/6,16	2,50/5,50	2,00/4,40	1,70/3,74	1,60/3,52	1,40/3,08	1,20/2,64	0,90/1,98	
MF-S350	5,40/9,72	4,80/8,64	4,30/7,74	3,50/6,30	3,00/5,40	2,80/5,04	2,50/4,50	2,20/3,96	1,70/3,06	
MF-S420	6,40/11,5	5,70/10,3	5,10/9,23	4,20/7,60	3,60/6,51	3,30/5,97	3,00/5,43	2,60/4,70	2,10/3,80	

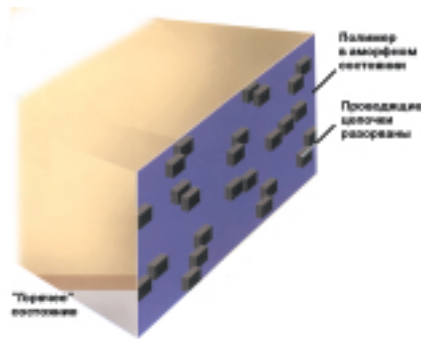


Рис. 3

ний номинальный, вследствие чего температура его материала начинает расти. Поскольку это самонагревание продолжается, температура СП продолжает расти, пока не достигнет так называемой температуры «фазовой трансформации», при которой происходит изменение фазового состояния полимера из кристаллического в аморфное, сопровождаемое небольшим расширением. Проводящие частицы технического углерода более не сжаты кристаллами полимера в плотные цепочки, движутся относительно друг друга и больше не могут проводить электрический ток. В результате сопротивление материала СП резко возрастает, и он выключается (рис. 3).

СП остается в «горячем» состоянии, обеспечивая постоянную защиту до тех пор, пока находится под напряжением или пока не будут устранены причины его срабатывания. Выключение — это реверсивный процесс. После

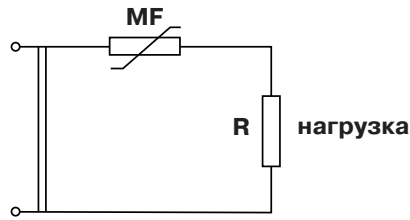


Рис. 4

устранения причин выключения СП охлаждается, полимер снова кристаллизуется, проводящие цепочки восстанавливаются, и сопротивление СП быстро возвращается к первоначальному уровню. СП снова готов к работе.

Схема включения

Схема включения СП такая же, как для обычных плавких предохранителей. СП включается в цепь питания последовательно с нагрузкой (см. рис. 4).

Технические характеристики

В таблице 1 даны электрические параметры СП.

Максимальное рабочее напряжение (V_{max}) — это максимально допустимое напряжение, которое может выдерживать СП без разрушения при номинальном токе.

Максимально допустимый ток (I_{max}) — это максимальный ток, который СП может выдержать без разрушения.

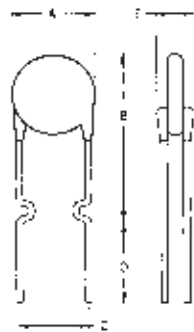


Рис. 5

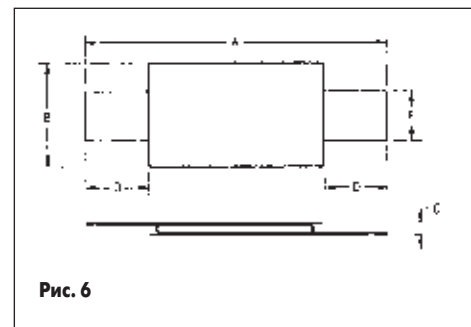


Рис. 6

Типы корпусов, габаритные и установочные размеры

Самовосстанавливающиеся предохранители Multifuse выпускаются в нескольких типах корпусов:

- Дисковые с радиальными проволочными выводами: серии MF-R, MF-RX (рис. 5).

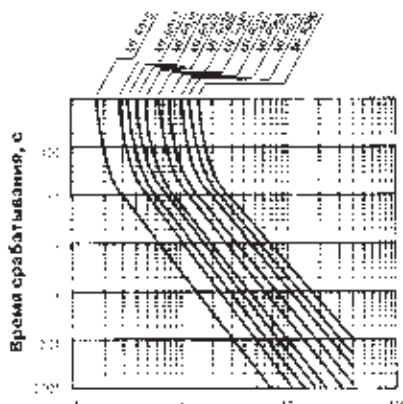
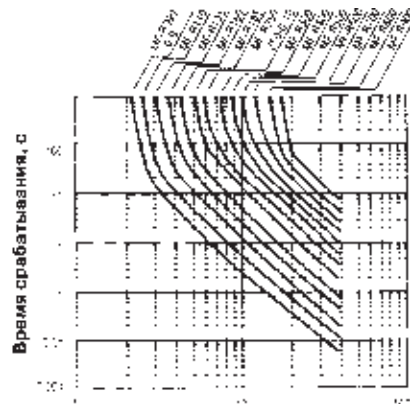
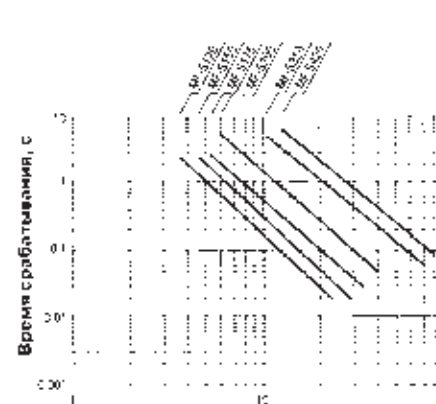


Рис. 7

Ток перегрузки, А



Ток перегрузки, А



Ток перегрузки, А

Таблица 3. Габаритные и установочные размеры, мм

Модель	А		В		С		D		E		F		Рисунок	Покрытие/ материал выводов
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.		
Серия MF-R с проволочными выводами для монтажа пайкой в отверстия														
MF-R010		7.4		12.7	5,1 +/-0,7		7.6			3.1			5а	Sn/NiCu
MF-R017		7.4		12.7	5,1 +/-0,7		7.6			3.1			5а	Sn/CuFe
MF-R020		7.4		12.7	5,1 +/-0,7		7.6			3.1			5а	Sn/CuFe
MF-R025		7.4		12.7	5,1 +/-0,7		7.6			3.1			5а	Sn/CuFe
MF-R030		7.4		13.4	5,1 +/-0,7		7.6			3.1			5а	Sn/CuFe
MF-R040		7.4		13.7	5,1 +/-0,7		7.6			3.1			5а	Sn/CuFe
MF-R050		7.9		13.7	5,1 +/-0,7		7.6			3.1			5а	Sn/Cu
MF-R065		9.7		15.2	5,1 +/-0,7		7.6			3.1			5а	Sn/Cu
MF-R075		10.4		16.0	5,1 +/-0,7		7.6			3.1			5а	Sn/Cu
MF-R090		11.7		16.7	5,1 +/-0,7		7.6			3.1			5а	Sn/Cu
MF-R090-0-9		7.4		12.2	5,1 +/-0,7		7.6			3.0			5б	Sn/CuFe
MF-R110		8.9		14.0	5,1 +/-0,7		7.6			3.0			5а	Sn/Cu
MF-R135		8.9		18.9	5,1 +/-0,7		7.6			3.0			5а	Sn/Cu
MF-R160		10.2		16.8	5,1 +/-0,7		7.6			3.0			5а	Sn/Cu
MF-R185		12.0		18.4	5,1 +/-0,7		7.6			3.0			5а	Sn/Cu
MF-R250		12.0		18.3	5,1 +/-0,7		7.6			3.0			5б	Sn/Cu
MF-R250-0-10		11.4		18.3	5,1 +/-0,7		7.6			3.0			5в	Sn/CuFe
MF-R300		12.0		18.3	5,1 +/-0,7		7.6			3.0			5б	Sn/Cu
MF-R400		14.4		24.8	5,1 +/-0,7		7.6			3.0			5б	Sn/Cu
MF-R500		17.4		24.9	10,2 +/-0,7		7.6			3.0			5б	Sn/Cu
MF-R600		19.3		31.9	10,2 +/-0,7		7.6			3.0			5б	Sn/Cu
MF-R700		22.1		29.8	10,2 +/-0,7		7.6			3.0			5б	Sn/Cu
MF-R800		24.2		32.9	10,2 +/-0,7		7.6			3.0			5б	Sn/Cu
MF-R900		24.2		32.9	10,2 +/-0,7		7.6			3.0			5б	Sn/Cu
Серия MF-S с плоскими ленточными выводами для монтажа точечной сваркой на контакты элементов аккумуляторных батарей.														
MF-S120	19.9	22.1	4.9	5.2	0.6	1.0	5.5	7.5			3.9	4.1	7	Ni
MF-S150	21.3	23.4	10.2	11.0	0.5	1.1	4.1	5.5			4.8	5.4	7	Ni
MF-S175	20.9	23.1	4.9	5.2	0.6	1.0	4.1	5.5			3.9	4.1	7	Ni
MF-S200	21.3	23.4	10.2	11.0	0.5	1.1	5.0	7.6			4.8	5.4	7	Ni
MF-S350	28.4	31.8	13.0	13.0	0.5	1.1	6.3	8.9			6.0	6.6	7	Ni
MF-S420	30.6	32.4	12.9	13.6	0.5	1.1	5.0	7.5			6.0	6.7	7	Ni

Диаметр выводов, мм : MF-R010 – MF-R185 0.51 (24AWG)
MF-R250 – MF-R900 0.81 (20AWG)

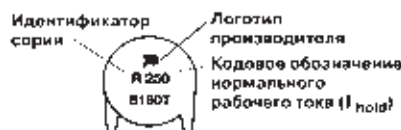
- Общего применения, для печатного монтажа в отверстия или для навесного монтажа.
- Для поверхностного монтажа: серии MF-SM, MF-MSM. Общего применения.
 - В плоских прямоугольных корпусах с ленточными выводами: серии MF-S, MF-LS (рис. 6). Применяются для защиты аккумуляторных батарей от короткого замыкания и перегрева в процессе зарядки.
 - В бескорпусном исполнении в виде дисков без выводов.

Габаритные и установочные размеры для серий MF-R и MF-S даны в табл. 3.

Маркируются логотипом производителя, идентификатором серии, кодовым обозначением нормального рабочего тока (I_{hold}) и кодовым обозначением даты производства.

На самовосстанавливающиеся предохранители в бескорпусном исполнении в виде дисков маркировка не наносится.

Пример маркировки



Система обозначений

MF-R250

Самовосстанавливающиеся предохранители Multifuse.

Тип корпуса:

R — дисковый с радиальными выводами,
S — плоский с ленточными выводами.

Кодовое обозначение нормального рабочего тока (I_{hold}). 01–900 = 0,1–9,0 А.

Пример: 250 = 2,5 А.

В заключение хочу обратить особое внимание на максимальное рабочее напряжение (см. табл. 1). Многие не обращают внимания на этот параметр и пытаются включить СП в сеть переменного напряжения 220 В. Это приводит к мгновенному разрушению СП. Хочу также сообщить, что СП на максимальное рабочее напряжение 250 В в настоящий момент готовятся к производству.