

Миниатюрные предохранители Siba:

«сгорел на работе» — спас оборудование

Продолжение. Начало в № 2 '2009

Михаэль Шроер
(Michael Schroer)

Перевод:
Александр Савельев

asavelyev@west-l.ru

Технические данные

Пользователя особенно интересует, как быстро (или медленно) ток перегрузки (экстраток) будет прерван с помощью предусмотренного защитного элемента — предохранителя. В любом случае уровень тока короткого замыкания (КЗ) необходимо учитывать при его разработке. Чтобы выбрать держатель предохранителя, важно знать, насколько будет нагреваться плавкая вставка или какова будет мощность рассеивания тепловой энергии во время работы устройства. Кроме того, могут понадобиться и другие параметры в случае, когда требуется подобрать предохранитель, например, для работы с полупроводниковыми приборами или когда предусмотрено несинусоидальное напряжение. В принципе, свойства миниатюрных предохранителей в режиме рабочего тока или экстратока могут быть описаны несколькими параметрами.

Номинальное напряжение

Номинальное напряжение предохранителя и держателя рассчитывается для режима среднеквадратичного значения переменного синусоидального напряжения на частоте 50 Гц. Все тестовые испытания проводятся именно на таком напряжении. Поскольку воздушный промежуток и скользящий разряд — это параметры, связанные между собой, держатель также рассчитывается с учетом номинального напряжения предохранителя. При этом напряжении предохранитель имеет возможность не только отключить экстраток, но и изолировать данную часть электрической цепи.

Номиналы рабочих напряжений предохранителей согласуются со стандартными напряжениями, при-

меняемыми на практике. Номинальное напряжение рассчитывается исходя из возможного превышения стандартных напряжений в процессе работы на 10%. Так, предохранитель с номинальным напряжением 250 В рассчитан для работы в цепи с напряжением: $230 \times 1,1 = 253$ В. В таблице 1 показаны типовые номинальные значения напряжения предохранителей и некоторые примеры их использования.

Номинальный ток

В указанных режимах плавкая вставка и держатель предохранителя могут работать продолжительное время при номинальном токе. На практике же режимы, оговоренные в стандартах, встречаются скорее редко, чем часто, однако это не говорит о том, что необходимо применять в таких случаях предохранитель с более высоким номинальным током.

Импульсные токи, циклические нагрузки, высокая температура окружающей среды, ограниченный конструктивный объем или ограничения, которые могут иметь место при применении других элементов защиты, часто приводят к увеличению номинального тока предохранителя.

Даже незначительное превышение постоянной нагрузки может дать результат преждевременного расплавления перемычки в течение работы в номинальном режиме. Термин «авария предохранителя» часто может быть приписан нежелательным эффектам работы оборудования.

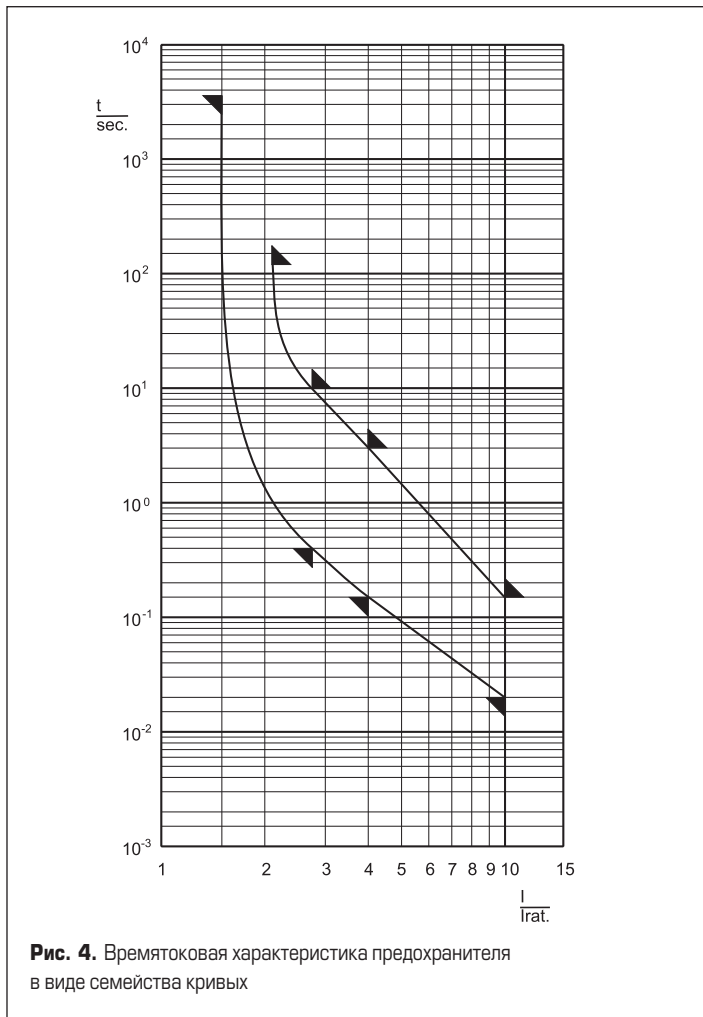
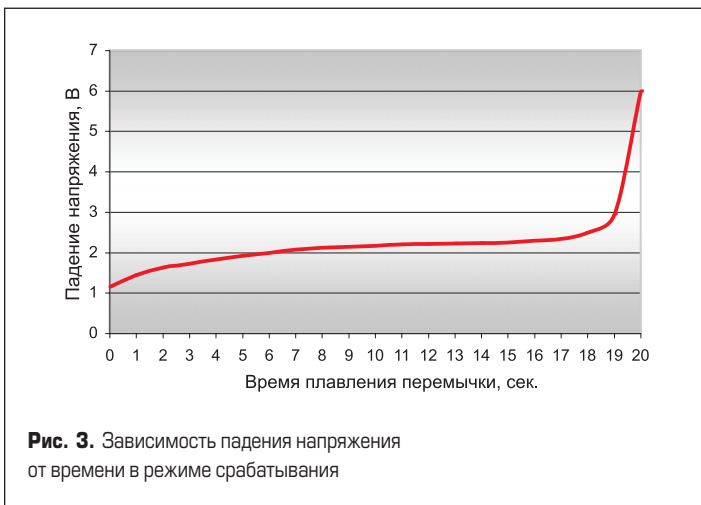
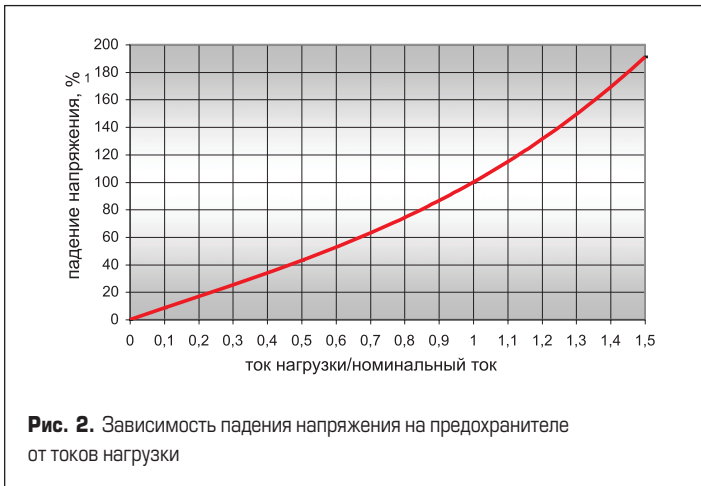
Предлагаемые стандартом величины номинальных токов предохранителей имеют достаточно мелкую градацию. Тем не менее иногда стандартных номиналов может оказаться недостаточно для эффективной защиты оборудования. В таких случаях предохранители с необходимыми значениями номиналов тока, не входящие в стандартный ряд, изготавливаются под заказ.

Таблица 1. Типовые номинальные напряжения предохранителей

Номинальное напряжение переменного тока, В	Применение
32/65	Защита батарейных цепей, защита электроники
125	Однофазные сети 110 В (стандарт США), защита электроники
250	Однофазные сети 220 В, вторичные цепи
440/450	Трехфазные сети 400/415 В
500	Промышленные сети 500 В, защита полупроводников
700	Трехфазные сети 600 В (стандарт США), защита инверторов



Рис. 1. Тестовый держатель предохранителя для измерения мощности рассеивания



Мощность рассеивания

Мощность рассеивания предохранителя есть мера тепловой энергии, которая рассеивается под воздействием протекающего номинального тока.

В соответствии с определением европейского стандарта (IEC) мощность рассеивания определяется за период времени работы предохранителя под нагрузкой в течение 1 часа и при токе нагрузки, в 1,5 раза большем, чем номинальный (условный, не расплавляющий перемычку) ток. Североамериканский стандарт определяет мощность рассеивания также за 1 час, но при номинальном токе. Таким образом, мощность рассеивания (Вт) определяется как произведение падения напряжения (В), измеренного непосредственно на предохранителе, на ток нагрузки (А): $P = \Delta U_{nf} \times I_{load}$. Если предохранитель используется совместно с держателем, то мощность рассеивания держателя должна соответствовать мощности рассеивания используемого предохранителя. Типовые величины мощности рассеивания для держателей — 1,6; 2,5; 3,2 и 4 Вт — рассчитаны для использования при максимальном токе. Чем больше номинальный ток плавкой вставки, тем с большей мощностью рассеивания необходимо выбирать держатель предохранителя.

Величина мощности рассеивания предохранителя приводится в каталоге как справочный параметр, определяемый эмпирическим (опытным) путем. Для этого используется тестовый держатель (рис. 1), выводы кото-

рого делаются такими, чтобы при проведении испытаний вся конструкция соответствовала бы климатическому стандарту по температуре (15...35 °С), влажности и т. д.

Падение напряжения

В отличие от мощности рассеивания, которая рассчитывается для тока, который в 1,5 раза больше номинального значения, падение напряжения на предохранителе нормируется для его номинального тока. Эта величина чаще используется для анализа напряжения компонентов цепи, чем для оценки степени нагрева предохранителя. Снижение тока нагрузки приводит к уменьшению падения напряжения. Однако это соотношение нелинейно, так как величина сопротивления зависит от температуры нагрева перемычки. На рис. 2 показана диаграмма зависимости падения напряжения на предохранителе от различных токов нагрузки.

Например: при токе нагрузки, равном 60% номинального тока, падение напряжения составит 55% от величины, приведенной в каталоге.

Специального рассмотрения требуют предохранители с очень низким номинальным током (ниже 100 мА), особенно при низком рабочем напряжении. Здесь падение напряжения может достигать 10 В. Порог рабочего напряжения устройства при использовании таких предохранителей должен быть тщательно просчитан. Это особенно важно для устройств, где предохранители работают в диапазоне малых рабочих

токов. В таких условиях возможно увеличение «номинального» падения напряжения. На рис. 3 показано увеличение падения напряжения на предохранителе в момент его срабатывания при использовании, например, плавкой вставки на 100 мА с задержкой (класс Т).

В некоторых случаях, чтобы иметь возможность рассчитать реактивное сопротивление цепи, необходимо знать не только падение напряжения и мощность рассеивания предохранителя, но и его сопротивление. В первом приближении, сопротивление может быть определено исходя из падения напряжения и номинального тока. Однако надо иметь в виду, что данный расчет определит сопротивление предохранителя в нагретом состоянии. Сопротивление предохранителя в холодном состоянии (при 20 °С) как справочный параметр можно получить по запросу.

Времятоковые характеристики

Наряду с рабочими характеристиками времятоковые параметры предохранителей имеют важнейшее значение. Пользователю зачастую очень важно знать, насколько быстро или медленно предохранитель сработает при определенном разрывном токе. В случае с миниатюрными предохранителями времятоковые характеристики иногда представляются как семейство кривых в диапазоне допустимых номинальных токов. По такой диаграмме, задавая кратность превышения разрывного тока над номинальным, можно определить минимальное и мак-

Таблица 2. Времятоковая характеристика предохранителя

Номинальный ток	$1,5 \times I_n$		$2,75 \times I_n$		$4 \times I_n$		$10 \times I_n$	
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
40 мА – 5 А	1 ч	2 мин	400 мс	10 с	150 мс	3 с	20 мс	150 мс

Таблица 3. Номинальные разрывные токи в соответствии со стандартом IEC 60127-2

Разрывная способность	Обозначение	Номинальный разрывной ток, А	Изолятор	Наполнитель (песок)
Низкая	L	35 или $10 \times I_n$	Стекло	нет
Средняя	E	150	Стекло	нет
Высокая	H	1500	Керамика	да

Таблица 4. Номинальные разрывные токи в соответствии со стандартом UL/CSA

Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Номинальный разрывной ток	Коэффициент мощности
125		10 кА на 125 В	0,7–0,8
250		10 кА на 125 В	0,7–0,8
250	≤ 1 А	35 А	0,7–0,8
250	$> 1-3,5$	100	0,7–0,8
250	$> 3,5-10$	200	0,7–0,8
250	$> 10-15$	750	0,7–0,8
250	$> 15-30$	1500	0,7–0,8

симальное время плавления перемычки. Такие данные оговариваются в стандартах и чаще всего представляются в виде таблицы. На рис. 4 в качестве примера показана времятоковая характеристика предохранителя в виде семейства кривых и в табличной форме (табл. 2).

На графике видно, что при 4-кратном превышении тока над номинальным время срабатывания предохранителя находится в пределах от 150 мс до 3 с.

В приложениях, где требуются более точные временные параметры, представляются

времятоковые характеристики в виде семейства кривых для каждого номинального значения тока. Такие индивидуальные графики, например, используются при разработке приложений для защиты полупроводниковых приборов. Если не оговорено иначе, времятоковые кривые имеют погрешность $\pm 10\%$ (рис. 5).

Предохранитель с номинальным током 1 А при токе перегрузки 8 А сработает примерно через 100 мс.

Времятоковые кривые познаются опытным путем в электротехнической лаборатории. Температура окружающей среды при этих испытаниях должна быть 23 °С, при этом, во избежание перегрева, предохранители устанавливаются в открытые держатели. Надо сказать, что изменение температуры окружающей среды во время работы существенно искажает времятоковые характеристики предохранителя. Так, повышение температуры может стать причиной более быстрого срабатывания, в то время как снижение температуры даст обратный результат. Установлено, что параллельный сдвиг времятоковой характеристики более чем на 5% может произойти уже при достижении температуры предохранителя 50 °С.

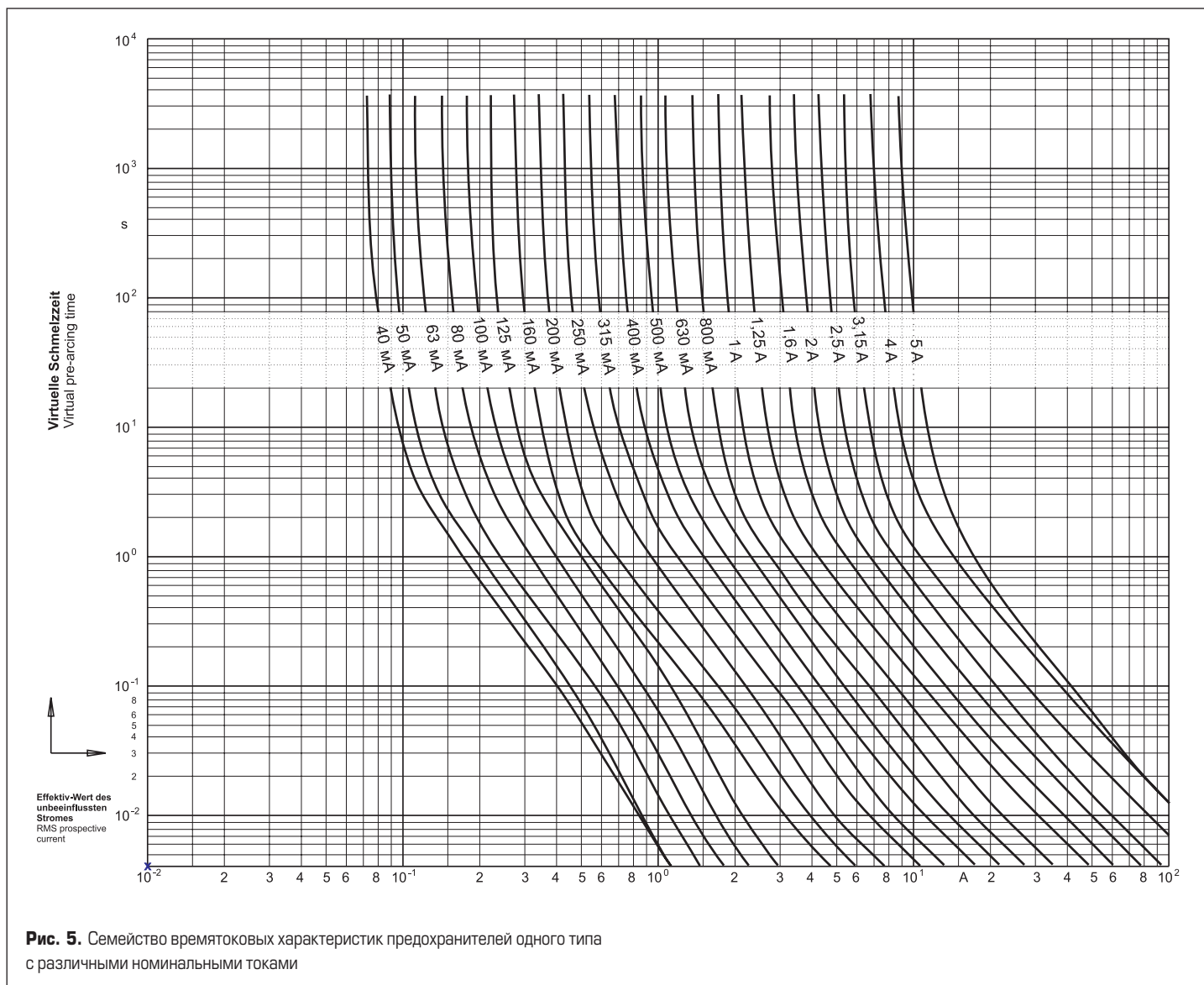


Рис. 5. Семейство времятоковых характеристик предохранителей одного типа с различными номинальными токами

Номинальная разрывная способность

В зависимости от применения, токи КЗ миниатюрных предохранителей могут быть различны. Естественно, что предохранители во входных цепях силового оборудования должны работать на более высоких разрывных токах, чем те, которые работают во вторичных цепях. Что касается величин таких токов, как КЗ, то они также должны быть оговорены в стандартах. В таблицах 3 и 4 даны величины разрывных токов для цилиндрических предохранителей.

Более того, для специальных приборов могут потребоваться предохранители и с более высоким разрывным током. Например, в приборах для горнодобывающей промышленности требуемый параметр разрывного тока может достигать 4000 А. В силовой электронике иногда необходимы предохранители с разрывной способностью до 300 000 А.

Интегральные величины

В области времятоковой кривой, где разрывные токи превышают номинальные в 10 раз, время плавления перемычки, предшествующее возникновению дуги, сильно зависит от таких параметров тока, как скорость его нарастания, частота, постоянная времени цепи, фазовый угол и угол коммутации экстратока. Поэтому в таких случаях более информативными параметрами являются интегральные характеристики.

Интегральная величина плавления I^2t_S , называемая защитным показателем плавления, определяется как величина энергии, которая затрачивается электрическим током для совершения работы по расплавлению перемычки. Значение защитного показателя плавления не зависит от параметров цепи, а определяется только физическими свойствами плавкой вставки и поэтому помечено в каталоге как постоянная справочная величина.

Для специальных миниатюрных предохранителей, где время горения дуги особенно важно, дополнительно предлагается полный защитный показатель. В этом случае энергия, затрачиваемая в течение фазы горения дуги до момента гашения ее при помощи наполнителя, рассматривается как защитный показатель дугообразования. Полный защитный показатель предохранителя будет определяться как сумма защитных показателей плавления и дугообразования.

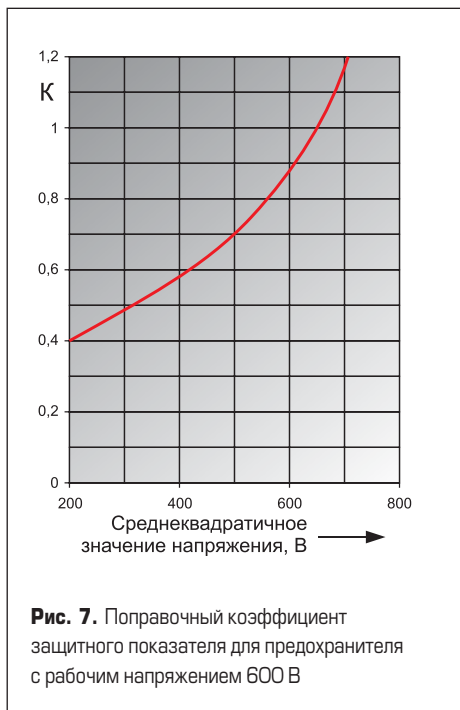


На рис. 6 в графическом виде показана работа предохранителя в режиме ограничения тока.

$$I^2t_A = I^2t_S + I^2t_L; t_A = t_S + t_L,$$

где I^2t_S — защитный показатель плавления; I^2t_L — защитный показатель дугообразования; I^2t_A — полный защитный показатель; t_S — время плавления перемычки; t_L — время горения дуги; t_A — полное время срабатывания предохранителя.

В отличие от защитного показателя плавления, защитный показатель дугообразования зависит от параметров цепи, например, от подключенного напряжения и импеданса короткозамкнутой цепи. Поэтому при расчете предохранителя необходимо пользоваться поправочным коэффициентом. На рис. 7 представлен график поправочного коэффициента в зависимости от рабочего напряжения предохранителя. Величина защитного показателя, представленная в каталоге, умножается на поправочный коэффициент.



Например, условие: защитный показатель предохранителя ($A^2 \cdot c$) при напряжении 600 В составляет $200 A^2 \cdot c$. Для рабочего напряжения 400 В по кривой находим поправочный коэффициент, который составляет 0,59; защитный показатель предохранителя ($A^2 \cdot c$) — $I^2t_A = 0,59 \times 200 = 118$.

Классы предохранителей

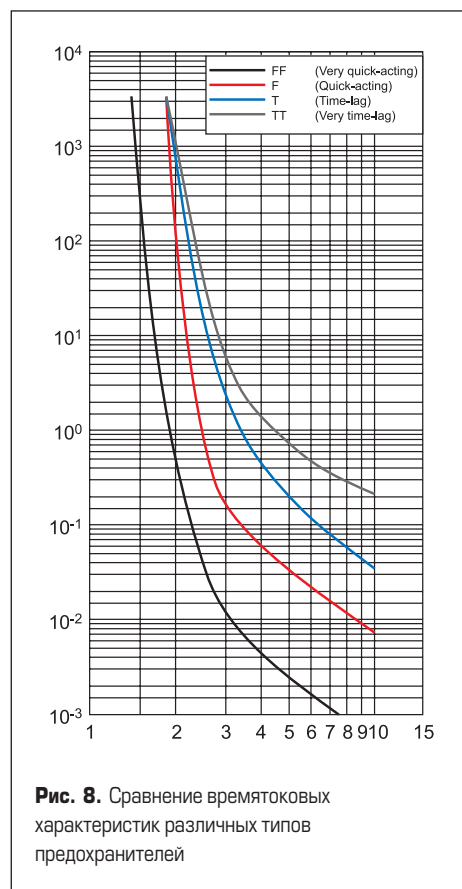
Одно из основных свойств миниатюрных предохранителей, которое является следствием их времятоковых характеристик, — это их время срабатывания при токовых перегрузках.

Стандартизованные по данному функциональному признаку (европейский стандарт IEC 60127), такие предохранители классифицируются следующим образом:

- ультрабыстродействующие предохранители — FF (very quick action);

- быстродействующие предохранители — F (quick action);
- предохранители с малой задержкой срабатывания — M (medium time lag);
- предохранители со средней задержкой срабатывания — T (time lag);
- предохранители с большой задержкой срабатывания — TT (long time lag).

Такие отличия предохранителей предполагают и их конструктивные различия. Например, цилиндрический предохранитель T-типа может сработать с большей временной задержкой, чем чип-предохранитель такого же типа, а предохранитель, имеющий низкую разрывную способность, может иметь большее время срабатывания, чем такой же предохранитель с высокой разрывной способностью. На рис. 8 показаны времятоковые кривые для различных типов предохранителей.



Ультрабыстродействующие предохранители (класс FF)

Такие предохранители используются для защиты от токов короткого замыкания (КЗ) полупроводниковых приборов, таких как диоды и тиристоры. Они срабатывают очень быстро: 10-кратный по отношению к номинальному ток прерывается в течение нескольких миллисекунд.

Отдельного рассмотрения требует вопрос интенсивности нагрева предохранителя при высокой мощности рассеивания в рабочем режиме. В этом случае держатель предохранителя должен быть использован на максимально возможный номинальный ток. Как правило, держатель предохранителя выбирают на ток с 50–60%-ным запасом по сравнению с номинальным током предохранителя.

Следует избегать работы предохранителя в режиме перегрузки. В таких случаях предохранитель может нагреваться до температур, способных довести до разрушения держатель.

Для ультрабыстродействующих предохранителей по сравнению с предохранителями типов F, M и T никакой детализации параметров в отношении времятоковых характеристик в стандартах не предусмотрено. Поэтому изготовленные разными производителями предохранители типа FF могут иметь различные разрывные свойства. Более того, их разрывная способность может различаться весьма значительно. Компания Siba производит такие предохранители с разрывной способностью до 300 кА.

Нередко предохранители с характеристиками FF используются в качестве предохранителей класса aR (СЭ. 2007. № 4. Стр. 11). В этом случае в дополнение к стандартным требованиям по защите оборудования они соответствуют также требованиям для низковольтных предохранителей немецкого стандарта VDE 0636, часть 4.

Чтобы добиться ультрабыстродействующих характеристик предохранителя, в качестве материала для плавкой перемычки используют проволоку из химически чистого серебра. Однако при высоких значениях номинальных токов пропускная способность такого предохранителя будет недостаточной. Поэтому плавкие перемычки для предохранителей, номинальный ток которых превышает 6,3 А, изготавливают из зауженной в нескольких местах по сечению серебряной ленты (СЭ. 2009. № 2. Стр. 13, рис. 3).



Рис. 9. Внешний вид предохранителей класса FF

Типовые применения миниатюрных предохранителей класса FF (рис. 9):

- электронные реле;
- диммеры;
- измерительные приборы.

Быстродействующие предохранители (класс F)

Быстродействующие предохранители способны защищать оборудование как от сверхтоков, так и от токов КЗ. Время срабатывания таких предохранителей при 10-кратной токовой перегрузке составляет примерно 10 мс, то есть предохранители класса F на порядок «медленнее», чем предохранители класса FF. Это свойство позволяет ис-



Рис. 10. Внешний вид предохранителей класса F

пользовать такие предохранители в цепях, где в режиме переключений или длительной работы не ожидается коммутационных или иных токовых перегрузок. Это особенно важно в том случае, когда необходимо быстро разорвать ток КЗ.

Для предохранителей класса F в качестве плавкой перемычки применяется гладкая проволока. Когда токи ниже 400 мА, применяются типовые сплавы: хром + никель и медь + никель. Когда токи выше 400 мА, перемычка изготавливается из медно-серебряного сплава.

Типовые применения миниатюрных предохранителей класса F (рис.10):

- главный сетевой предохранитель;
- электронные реле;
- контроллеры;
- защита вторичных цепей питания.

Предохранители с малой задержкой срабатывания (класс M)

Отличие этих предохранителей — малое падение напряжения, свойство, особенно



Рис. 11. Внешний вид предохранителей класса M

ярко проявляющееся в приборах с низкими рабочими напряжениями. Малое внутреннее сопротивление предохранителя необходимо при номинальных токах от 32 до 250 мА.

Часто для предохранителей класса M в качестве плавкой перемычки используется луженая проволока. Процесс разрыва плавкой вставки начинается при относительно невысокой температуре — около 200 °С, именно при этой температуре начинает плавиться покрытие плавкой перемычки. Если перемычка содержит олово, то это обстоятельство увеличивает сопротивление предохранителя, и процесс развивается до тех пор, пока температура плавления такого сплава не достигнет своего конечного значения. Этот эффект достигается при относительно большом поперечном сечении плавкой перемычки.

Типовые применения миниатюрных предохранителей класса M (рис. 11):

- низковольтные системы контроля;
- системы термостатирования;
- защита вторичных цепей питания.

Предохранители со средней задержкой срабатывания (класс T)

Предохранители класса T используются там, где характер нагрузки предполагает значительные пусковые токи, которые к тому же меняются медленно. Такие предохранители выдерживают типовые перепады тока, например, при работе трансформаторов, и поэтому предпочтительно их использовать в первичных цепях ответственных приборов. Время срабатывания предохранителей класса T при 10-кратной токовой перегрузке составляет примерно 100 мс.

Оптимальные характеристики временных задержек таких предохранителей достигаются путем увеличения поперечного сечения плавкой перемычки. Несмотря на то, что параметры временной задержки можно получить лужением плавкой перемычки (как в случае с предохранителями класса M), этого может оказаться недостаточно для того, чтобы предохранитель сработал при стандартном токе, превышающем номинальный в 2,1 раза. Чтобы добиться более высокого сопро-



Рис. 12. Внешний вид предохранителей класса T

тивления, проволоку для плавкой перемычки обычно изготавливают в виде спирали, намотанной на стекловолокно (СЭ. 2009. № 2. Стр. 14, рис. 2). Таким образом, в предохранителе размером 5×20 мм длина плавкой перемычки может достигать 500 мм. В качестве материалов проволоки здесь используются медь, серебро и их сплавы, покрытые оловом.

Типовые применения миниатюрных предохранителей класса Т (рис. 12):

- трансформаторы и первичные цепи;
- электродвигатели;
- освещение.

Предохранители с большой задержкой срабатывания (класс ТТ)

Предохранители этого класса применяются там, где имеют место самые большие и продолжительные пусковые токи. Эти предохранители, так же как и предохранители класса Т, выполняются со спиралевидной луженой плавкой перемычкой.



Рис. 13. Внешний вид предохранителей класса ТТ

Типовое применение миниатюрных предохранителей класса ТТ (рис. 13) — защита больших электродвигателей.

Конструктивные особенности миниатюрных предохранителей

Миниатюрные предохранители бывают различных типоразмеров и конструкций. Помимо известных цилиндрических предохранителей, существует большое количество «невидимых» предохранителей, которые устанавливаются на печатную плату. Кроме того, есть специальные конструкции предохранителей, применяемых в промышленности, которые имеют нестандартные размеры, особые времятоковые

Таблица 5. Типоразмеры цилиндрических предохранителей

Размеры, мм	Применение
5×15	Северная Америка, 250 В
5×20	Распространенный по всему миру типоразмер, 250 В
5×25	Предохранитель с индикатором, старый стандарт DIN
5×30	Старый стандарт DIN
6,3×25	Стандарт Великобритании
6,3×32	Стандарт США (1/4"×11/4")



Рис. 14. Миниатюрные предохранители 5×20 мм IEC 60127-2



Рис. 15. Миниатюрные предохранители 5×20 мм, изготовленные в соответствии с другими стандартами



Рис. 16. Миниатюрные предохранители 6,3×32 мм

характеристики или большое номинальное напряжение.

Цилиндрические предохранители

Каждый человек хоть раз в своей жизни, наверно, сталкивался с необходимостью замены цилиндрического предохранителя размером 5×20 мм. Это, несомненно, самый распространенный типоразмер цилиндрического предохранителя. Однако в мире существуют и другие. В таблице 5 приведены примеры использования различных размеров предохранителей для низковольтных цепей.

Чтобы упростить идентификацию, на корпус специальных миниатюрных предохранителей наносится маркировка в виде четырех радиальных цветных полос. Первые три полосы



Рис. 17. Миниатюрные предохранители других размеров: 5×25; 5×30; 8×40 мм



Рис. 18. Цилиндрические предохранители с индикатором: 5×20; 5×25 мм

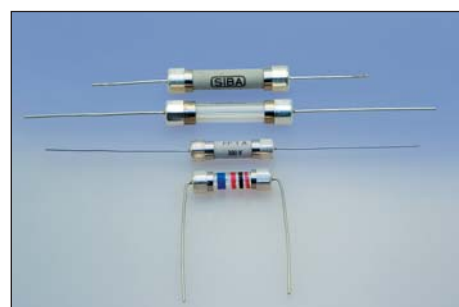


Рис. 19. Цилиндрические предохранители с гибкими выводами: 5×20; 6,3×32 мм

показывают номинальный ток предохранителя в миллиамперах, а четвертая полоса указывает на класс по быстрдействию (рис. 14–18).

Быстрое определение момента срабатывания предохранителя весьма важно в ответственных приборах, связанных с системами безопасности. В таких случаях предпочтительно применять предохранители с индикатором срабатывания. Типовые области применения таких предохранителей:

- сигнальное оборудование на транспорте;
- телекоммуникационное оборудование.

Требование надежности срабатывания индикатора в таких предохранителях стоит на первом месте и обеспечивается благода-

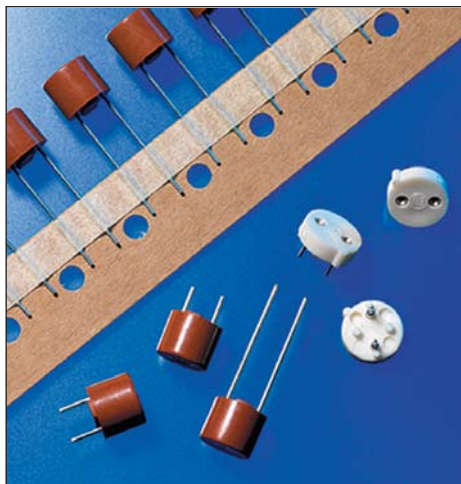


Рис. 20. Внешний вид субминиатюрных предохранителей KS 8,5 мм

рля специальной конфигурации сигнального оборудования в комплексе с устройствами индикации всей системы. Для монтажа таких предохранителей на плату используют держатель с прозрачной верхней крышкой, через которую должен быть виден индикатор.

Иногда, с целью экономии свободного места на плате, применяют предохранители 5×20, 6×32 мм с гибкими выводами. Они могут быть установлены как вертикально, так и горизонтально. Для этих типоразмеров предназначены предохранители, где чашки с выводами поставляются отдельно от самих предохранителей.

Субминиатюрные предохранители

Субминиатюрные предохранители, соответствующие стандарту IEC60127-3, производятся с проволочными выводами с одной стороны и устанавливаются на плату в отверстия. Корпус такого предохранителя представляет собой цилиндр, состоящий из двух пластиковых частей. Внутри предохранителя плавкая вставка присоединена к выводам при помощи точечной пайки. Для предотвращения образования дуги корпус заполнен кварцевым песком. Применение таких предохранителей по сравнению с цилиндрическими позволяет сэкономить место на плате. Субминиатюрные предохранители выпускаются как с короткими выводами (4,3 мм) для установки в держатель, так и с длинными (18,8 мм) — под пайку (рис. 20).

SMD-предохранители

Большое количество печатных плат сегодня выпускается на основе технологии поверхностного монтажа. В зависимости от приборов, для разных уровней мощности/напряжения возможны различные исполнения SMD-предохранителей (Surface Mounted Devices — поверхностно установленные устройства). Требования к электрическим характеристикам и типоразмерам предохранителей для поверхностного монтажа описаны в европейском стандарте IEC 60127-4.

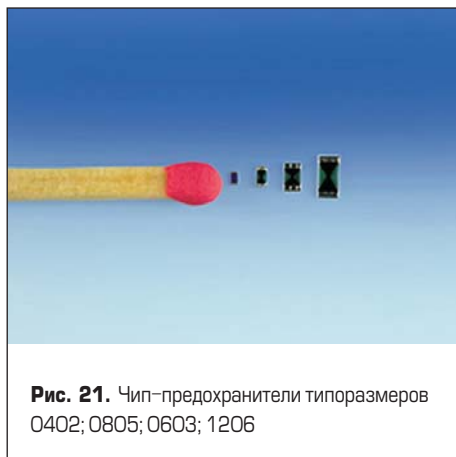


Рис. 21. Чип-предохранители типоразмеров 0402; 0805; 0603; 1206

Чип-предохранители

Конструкция предохранителей для поверхностного монтажа первоначально была разработана таким образом, чтобы обеспечить меры по непрерывной защите электрической части приборов массового использования, таких как бытовая техника, домашние медицинские приборы и т. п. Для реализации защиты цепей с малыми нагрузками производятся чип-предохранители класса FF на напряжение до 63 В.

Следующее поколение чип-предохранителей сочетало в себе последние достижения индустрии в области материалов и технологий, что позволило уменьшить установочные габариты, улучшить температурную стабильность чип-корпусов, так чтобы они соответствовали международным стандартам. В дальнейшем чип-предохранители стали соответствовать и требованиям американского стандарта UL, что способствовало распространению таких предохранителей на мировом рынке.

Будущее чип-предохранителя — в развитии технологии изготовления плавкой перемычки, которая обычно производится методом напыления тонкой пленки на керамическое основание. Используя эту технологию, можно изготовить предохранители для защиты вторичных цепей от перегрузок по току в SMD-корпусах 1206, 0603 и даже 0402. Однако стабильность параметров чип-предохранителей сильно зависит от строгого соблюдения технологии изготовления плавкой перемычки.

Однородность кристаллической структуры металлического слоя плавкой перемычки имеет сильное влияние на долговременную тепловую стабильность. Эта однородность имеет тенденцию ухудшаться вследствие старения под воздействием высокой температуры в сочетании с неизбежными в работе термоциклами. Поэтому, чтобы улучшить контроль над размерами и кристаллической структурой плавкой перемычки, необходимо совершенствовать процесс тонкопленочного напыления.

Данный тип предохранителей, вследствие своей малой разрывной способности и диаметра (менее 10 мм), попадает в разряд миниатюрных. Такие предохранители используются в цепях контроля, для защиты измерительных приборов от КЗ и в фазных цепях для наруж-



Рис. 22. Высоковольтные миниатюрные предохранители: 8×50; 8×85; 8×120; 8×150 мм

ного применения, обычно — совместно с держателями.

Данные предохранители стандартизованы по DIN и изготавливаются в соответствии с временными параметрами от класса F (быстродействующие) до T (со средней задержкой срабатывания). Эти устройства не содержат дугогасительного наполнителя, и их типовая разрывная способность сравнительно невысока — 35 А, некоторые специальные версии имеют разрывную показатель на уровне 300 А.

Заключение

Плавкие предохранители присутствуют в нашей повседневной жизни повсеместно, даже если мы их порой и не замечаем. Чаще всего мы вспоминаем о них тогда, когда они «сгорают», и наш привычный образ жизни нарушается. Мы очень тщательно относимся к выбору дорогих и ответственных электронных приборов, а предохранители, которые призваны их защищать, выбираем на основе принципа «остаточного финансирования». А между тем предохранители, являясь защитой для практически всех электрических и электронных приборов и устройств, могут доказать свою общеизвестную надежность лишь тогда, когда они качественно изготовлены и, конечно, правильно выбраны, исходя из параметров цепи и требований по защите. И в этом смысле качественное изготовление предохранителей является обязательным условием, так как плавкие предохранители относятся к категории устройств, которые нельзя проверить естественным рабочим путем, и фактор доверия к производителю играет здесь решающую роль.

Литература

1. The Fuse Manual. Miniature Fuses. Manual on construction, selection, and types of miniature fuses. Siba GmbH & Co KG, Germany, 2007.
2. The Fuse Manual. Ultra-rapid Fuses. Siba GmbH & Co KG, Germany, 2006.
3. www.siba.de
4. IEC 60127-1. Miniature Fuses. Part 1. Definitions for miniature fuses and general requirements for miniature fuse-link.