

# САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

**ТАТЬЯНА КАМИНСКАЯ, КИРИЛЛ ДОМКИН**, ФГУП «Научно-исследовательский институт электронно-механических приборов» (НИИЭМП), г. Пенза

*В статье освещены вопросы разработки и использования в автомобильной промышленности самовосстанавливающихся предохранителей (СВП) для защиты электрических цепей электрооборудования автомобилей. Приведены основные характеристики элементов Polyswitch и отражены возможности их использования в автомобильных устройствах. Отмечено, что в России разработкой и организацией производства СВП занимается ФГУП НИИЭМП.*

Потребители требуют от автомобильной промышленности постоянно повышения качества и надежности автомобиля. Чтобы удовлетворить эти требования, в конструкциях новых автомобилей электронные блоки и электромеханические устройства используются так широко, что стоимость электрооборудования автомобиля составляет теперь заметную часть его цены.

С каждым годом требуется все больше защитных устройств, обеспечивающих надежность и безопасность работы электрооборудования автомобиля. В современных автомобилях используется все больше электроприводов, включая двигатели и соленоиды, которые управляют регулировкой сидений, подъемом и опусканием антенны и стекол и т.д., и для каждой электрической цепи требуется адекватная защита.

Историю создания автомобильных предохранителей можно проследить на примере предохранителей Littelfuse (см. рис. 1).

В настоящее время разработкой и выпуском предохранителей для автомобильной электроники занимаются такие ведущие западные фирмы, как Vours (торговая марка «Multifuse»); TEPC (бывшая Raychem), США — торговая марка «Polyswitch»; Littelfuse совместно с Wickmann Group (торговая марка «Polyfuse») и др. Американская компания Raychem, например, производит предохранители различного применения семейств RGE, RXE, RUE, SMD, mini SMD, nano SMD, TS, TP, LTP, SRP [1, 2]. Для компактных электромоторов, где предохранитель должен вставляться в пружинный держатель, хорошо под-

ходят чип-элементы Polyswitch. Также можно использовать элементы семейства Automotive (серий AHR, AGR, AHS, ASMD), специально разработанные для автомобильной электроники.

Большинство автомобильных электроприводов, используемых для перемещения (например, открывания или закрывания окон), отключают вручную. Из-за этого возможны случаи, когда привод остается под напряжением и после того, как механизм достигнет предела перемещения. В таких обстоятельствах ток, потребляемый электродвигателем, быстро повышается до уровня, в несколько раз превышающего нормальное рабочее значение, и так же быстро повышается температура обмотки. За несколько секунд она может повыситься настолько, что вызовет повреждение изоляции обмоточного провода и как результат — выход двигателя из строя. Надо сказать, что хотя обмотки электродвигателей рассчитаны на работу в заторможенном состоянии в течение небольшого промежутка времени, под воздействием ряда факторов, например, высокой температуры окружающей среды, этот срок может составить всего несколько секунд. Однако ряд обстоятельств часто приводит к более продолжительной работе электродвигателя в заторможенном состоянии. Поэтому для предотвращения выхода из строя электрооборудования необходимы средства защиты. В большинстве случаев это плавкие предохранители или термоэлектрические прерыватели тока (биметаллические предохранители). Но этим традиционным средствам защиты присущи серьезные недостатки. Так, длительная работа

биметаллического предохранителя в режиме ограничения тока приводит к разрушению механических контактов и выходу его из строя. Кроме того, периодическое воздействие большого тока при повышенной температуре окружающей среды даже при нормальной работе предохранителя может нарушить работу защищаемого электродвигателя [3].

Керамические позисторы, являясь твердотельными устройствами, позволяют преодолевать проблемы, связанные с механическим переключением. Однако керамический позистор с положительным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС) — относительно высокоомное устройство, потребляющее значительную мощность при нормальном режиме работы электропривода. Кроме того, керамический позистор достаточно хрупок, в результате чего подвержен опасности разрушения при механическом ударе или вибрации.

Недостатки керамического позистора и биметаллического предохранителя могут быть преодолены при использовании самовосстанавливающегося предохранителя.

Как известно, электропривод может быть защищен от перегрузки по току путем последовательного включения в цепь устройства ограничения избыточного тока. Чтобы ограничить размеры и стоимость монтажа транспортного средства, подходящее устройство ограничения тока должно быть расположено или внутри электродвигателя, или в непосредственной близости от него. Поскольку электроприводы часто размещают в труднодоступных местах, где заменить защитное устрой-

ство трудно, оно должно самостоятельно восстанавливаться после снятия перегрузки.

Благодаря своим небольшим размерам и способности самовосстановления, СВП могут быть расположены рядом с двигателем, или даже встроены в него. Для этого они выпускаются в корпусах различных типов с проволочными или плоскими выводами, либо в малогабаритных корпусах, предназначенных для поверхностного монтажа.

СВП — это резисторы с положительным ТКС, выдерживающие до 3000 переключений без замены. Их основу составляет проводящая полимерная композиция на основе полиолефинов и сополимеров с интеркалированными в нее (от 20 до 45% по весу) углеродными наночастицами.

В нормальном режиме работы токопроводящие углеродные частицы, соприкасаясь, образуют проводящие цепочки между цепями кристаллического полимера.

При возрастании тока или температуры окружающей среды СВП-элемент разогревается, так как скорость выделения тепла в элементе превышает скорость его рассеивания в окружающую среду. При достижении пороговой температуры (120...125°C) в полимере происходит фазовый переход. В результате плавления кристаллических частиц полимера и его перехода в аморфную фазу объем композиции увеличивается, что вызывает разрыв проводящих углеродных цепочек и резкое (до 6 порядков) увеличение сопротивления элемента («позисторный эффект»), что равносильно размыканию цепи. После снятия перегрузки СВП-элемент возвращается в исходное — низкоомное — состояние (самовосстанавливается).

Величина сопротивления предохранителя в проводящем состоянии составляет доли Ома. Время срабатывания зависит от тока нагрузки и составляет 0,1...15 с, причем чем больше ток, тем быстрее срабатывает предохранитель. Типовая схема применения СВП на примере предохранителя Polyswitch показана на рисунке 2.

Важная черта самовосстанавливающегося предохранителя — температурная зависимость параметров. Чем выше температура окружающей среды, тем меньшее изменение температуры необходимо для его срабатывания, что приводит к ускорению размыкания цепи при возникновении перегрузки по току. И наоборот, при снижении температуры окружающей среды время срабатывания предохранителя увеличивается. На первый взгляд может показаться, что в результате надежность защиты электродвигателя от перегрузки по току также будет меняться при изменении температуры. Однако это совсем не так: время нагрева обмотки электродвигателя до опасной температуры также обратно пропорционально температуре окружающей среды. Таким образом, СВП обеспечивают защиту электродвигателей от перегрузки по току в условиях любой температуры [3].

В настоящее время самовосстанавливающиеся предохранители широко применяются в следующих автомобильных устройствах:

- электродвигатели привода замков дверей, сидений, зеркал и т.д.;
- модули контроля типа «черный ящик»;
- жгуты проводов;
- автомобильные сигнализации;
- защита приборов передних панелей;
- защита портов диагностики;
- автомобильные прикуриватели.

Поскольку СВП можно размещать именно там, где необходимо — даже в труднодоступных местах, а не только в блоке предохранителей, число защищаемых цепей можно увеличить. Кроме того, становится возможен новый подход к компоновке жгутов: питание можно подводить по наиболее короткому

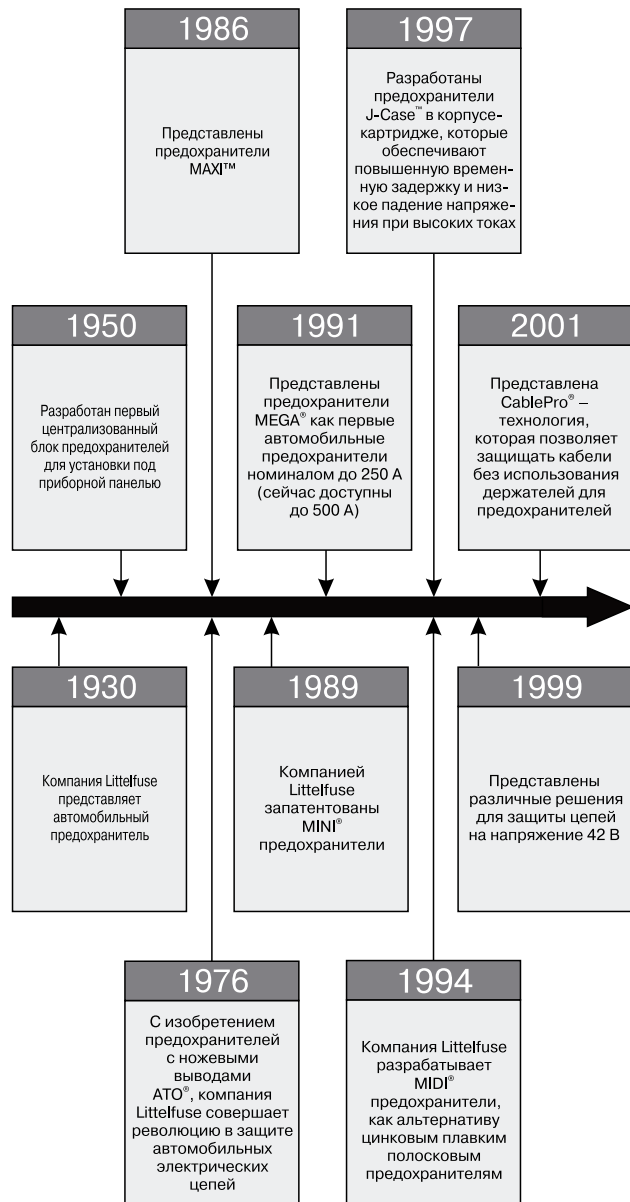


Рис. 1. История создания автомобильных предохранителей Littelfuse

маршруту, а не через блок предохранителей, как обычно, что существенно уменьшает длину проводов (см. рис. 3).

Компания TERC (Tyco Electronics Power Components, в ту пору еще Raychem) начала выпуск «предохранителей» многократного действия для автомобильной индустрии более

ООО СМП  
ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН  
www.SMD.ru  
электронные компоненты  
для поверхностного монтажа  
Москва, ул. Балтийская, 13; e-mail: sale@smd.ru  
Тел.: (499) 158-7396, (495) 940-62-44, (499) 943-8780

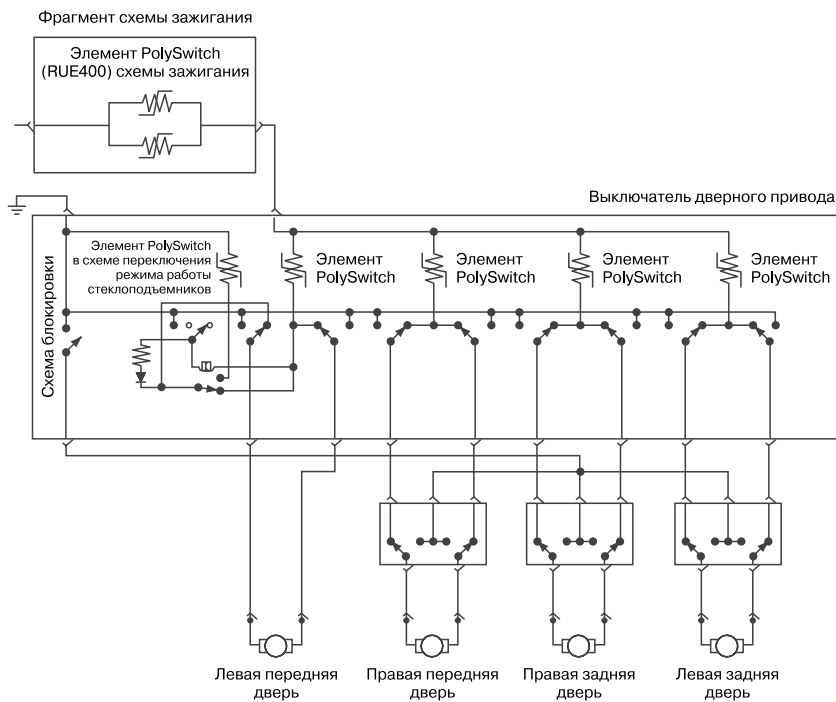


Рис. 2. Типовая схема применения предохранителя Polyswitch

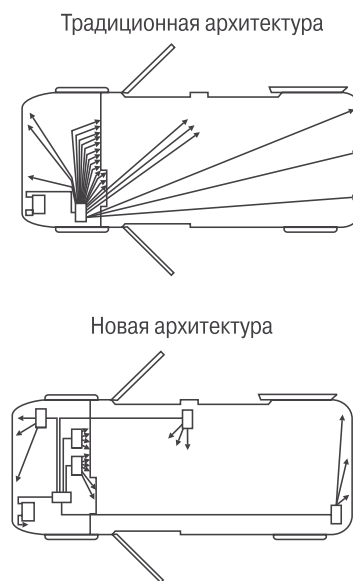


Рис. 3. Архитектура защиты электропроводки



Рис. 4. Самовосстанавливающиеся предохранители ФГУП НИИЭМП

15 лет назад. На первых порах потребителям предлагались либо стандартные элементы коммерческих серий, либо специально выпущенные «под заказчика». Однако рынок потребовал выпуска специализированных изделий для автоиндустрии, и компания откликнулась на этот призыв, выпустив серии AHS, ASMD, AHR и AGR. Эти изделия квалифицированы по стандартам PS400 и AEG-Q200, принятым для электронных компонентов, используемых в автопромышленности. Основным отличием этих элементов от остальных является дополнительное жесткое тестирование в условиях эксплуатации, типичных для автомобилей. Приборы PolySwitch этих серий обеспечивают широкий выбор параметров для инженера-разработчика:

– AGR — максимальное напряжение 16 В, номинальные токи — 4...14 А; с выводами;

– AHR — максимальное напряжение 16 В, номинальные токи — 4...14 А; с выводами; высокотемпературные;

– AHS — максимальное напряжение 16 В, номинальные токи — 0,8 и 1,6 А; SMT; высокотемпературные;

– ASMD — максимальное напряжение 15, 30 и 60 В, номинальные токи 0,23...1,97 А; SMT.

Автомобильную электропроводку следует защищать от повреждений и опасности возгорания при коротком замыкании. Обычно для питания блоков требуется ток от 0,1 до 30 А при напряжении 14 В.

Например, элементы PolySwitch применяются для защиты от перегрева (а автомобиля — от пожара) ламп освещения, прикуривателя, насоса омывателя, сигнализации, автомагнитол, бортовых компьютеров, CD-чейнджеров, систем GPS и навигационных приборов, телематических систем, а также многих других электронных устройств.

Среди клиентов компании TERC — Mercedes, PSA (Peugeot group), Chrysler, Ford, BMW и другие, а также многочисленные компании, производящие электронику для автомобильных заводов, включая изготовителей аудиоаппаратуры (Blaupunkt — Bosch, Siemens VDO, Becker-Harmann и др.). Немало защитных элементов многократного действия поставляются компанией TERC и для мотоциклов, автобусов, мини-эвнов (Chrysler), грузовиков (Volvo, Mercedes). В новых грузовиках Mercedes, к примеру, установлено по 8 таких приборов).

В настоящее время СВП-элементы начали использоваться и в разработках российских автомобильных фирм.

В России исследованиями и разработкой СВП в последние три года занимаются ученые и специалисты ФГУП НИИЭМП (г. Пенза) [4]. Параметры разработанных ими СВП (см. рис. 4) не уступают зарубежным образцам:

- начальное сопротивление — 0,012...0,16 Ом;
- ток размыкания — от 2,7 до 7,6 А;
- время размыкания — не более 3...6 с;
- диапазон рабочих температур —40...125°C.

Серийный выпуск предохранителей, в частности и в чип-исполнении для поверхностного монтажа, планируется в 2009 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Проспект фирмы Raychem Corporation.
2. Каминская Т.П., Недорезов В.Г. Самовосстанавливающиеся предохранители на фазовом переходе//Надежность и качество. Труды международного симпозиума. Пенза, 21—31 мая 2007 г., Пенза, 2007. — Т. 2. с. 286—288.
3. Пряхин С. Предохранитель POLYSWITCH для защиты автомобильного электрооборудования//Автомобильная электроника. М.: 2001. №3. с. 52—53.
4. Недорезов В.Г., Подшибякин С.В., Каминская Т.П., Сабаев А.А., Кичигина И.Н. Исследования и разработка самовосстанавливающихся предохранителей на фазовом переходе//Материалы, изделия и технологии пассивной электроники. Труды международного симпозиума, Пенза, 18—21 сентября 2007 г. Пенза, 2007. с. 83—90.