

# PolySwitch — не роскошь...

Эта статья, рассказывающая об основных применениях самовосстанавливающихся полимерных предохранителей PolySwitch производства Tyco Electronics Power Components (сокращенно TPEC; прежнее название фирмы — Raychem), открывает серию публикаций, посвященных применению электронных компонентов ведущих зарубежных производителей на транспорте. В первую очередь эти изделия должны заинтересовать автомобилестроителей и их субподрядчиков-электронщиков, хотя зачастую их можно сходным образом применить и в электронных и электрических цепях мотоциклов, автобусов, грузовиков, специальных машин.

**Константин Курышев**

kurishev@yeint.spb.ru



Санкт-Петербург,  
Торжковская ул., д. 5  
Офис 426  
Тел./факс:  
(812) 324-4053,  
324-4068, 324-4008,  
324-4051

Москва,  
ул. Обручева, д. 23  
Офис 122  
Тел. (095) 748-1648,  
748-1649  
Факс (095) 777-1209

ye@yeint.spb.ru, www.yeint.ru

PolySwitch — небольшой двухполюсный элемент с полимерным наполнением в выводном, SMT либо специальном исполнении. Полимер при нагревании (как из-за повышения окружающей температуры, так и вследствие протекания большого тока) способен за счет нарушения проводящих цепочек в своей структуре резко увеличивать свое сопротивление и, таким образом, защищать полезную нагрузку. Остывая, элемент переходит в низкое состояние. Этот цикл способен повторяться многократно.

## Электропроводка в автомобиле

Автомобилестроители сталкиваются со всевозрастающим давлением со стороны потребителей к повышению качества и надежности автомобиля. Чтобы удовлетворить эти требования, в конструкциях новых автомобилей электронные блоки и электромеханические устройства используются столь широко, что стоимость электрооборудования автомобиля составляет заметную часть его цены. И для каждой электрической цепи требуется адекватная защита от короткого замыкания и перегрузки.

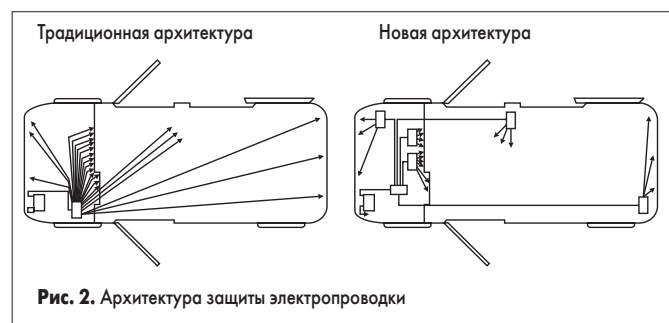
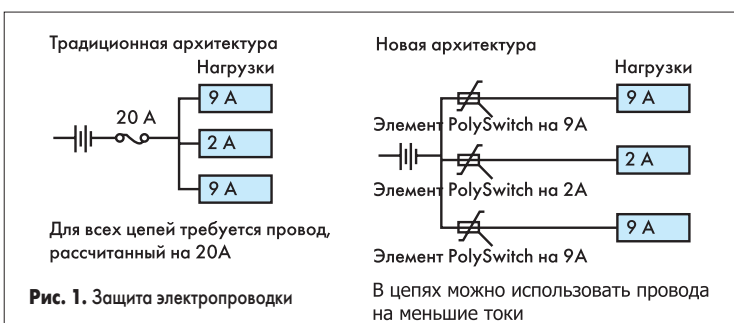
Хотя теоретически каждую нагрузку можно защитить собственным предохранителем, последний время от времени требует замены. Как следствие, их следует устанавливать там, где до них будет легко добраться. Блок предохранителей, независимо защищающих различные цепи, оказывается весьма дорогим и занимает слишком большой объем в ограниченном пространстве салона автомобиля.

Обычное решение — компромисс, при котором сходные цепи объединяются в группы. Тогда для защиты каждой группы применяется один предохранитель, как показано на рис. 1.

Обратите внимание, что предохранитель должен быть рассчитан на суммарный ток, потребляемый всеми защищаемыми нагрузками. Во имя снижения риска повреждений или пожара все провода, идущие от предохранителя к нагрузке, должны быть выбраны исходя из номинала предохранителя, чтобы предохранитель защищал и провода. Этот подход приводит к тому, что маломощные приборы питаются через силовоточные провода. Таким образом, используются провода большего диаметра, что влечет за собой использование более громоздких контактов и разъемов. А это еще больше увеличивает цену, размеры и вес «электрики».

Обратимые элементы PolySwitch автоматически возвращаются в нормальное состояние после того, как устранена причина их срабатывания и цепь обесточена, поэтому обычно эти элементы не требуют замены или обслуживания. Следовательно, их можно разместить внутри дверей, в блоке переключателей, за приборной доской, в электронных модулях и в других недоступных местах автомобиля.

Свобода размещения элементов PolySwitch именно там, где необходимо, а не только в блоке предохранителей, позволяет использовать множество таких устройств. Кроме того, становится возможным совершенно новый подход к компоновке: питание можно подводить по наиболее короткому маршруту, а не через блок предохранителей, как обычно, что существенно снижает длину проводов (рис. 2).



### Типовые требования к защите

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.

#### Сравнение технологий и выбор приборов

Предохранители — элементы однократного использования, которые приходится заменять. Это заставляет располагать их в легко доступном блоке предохранителей — требовании, диктующее архитектуру системы и вынуждающее искать компромисс по компоновке и топологии системы.

Обратимые элементы PolySwitch при перегрузке переходят в высокоомное состояние и остаются в нем. Когда неисправность устраняется и цепь обесточивается, элементы автоматически возвращаются в нормальное состояние и снова готовы к работе, причем цикл может повторяться многократно.

Обычно для защиты электропроводки используют обратимые элементы PolySwitch серий AHR, AGR, AHS и ASMD (буква «А» в коде элемента говорит о его автомобильном предназначении).

### Защита приводов и двигателей от перегрева и чрезмерного тока

Электродвигатели, применяющиеся для приведения в действие различных устройств в автомобилях, должны быть весьма компактными, чтобы поместиться в отведенное им крайне ограниченное пространство. Следовательно, для их обмоток приходится выбирать провод минимального диаметра, который обеспечивает заданную нагрузку при нормальных условиях эксплуатации. Хотя провод малого диаметра и обладает большим сопротивлением, ток через обмотку зависит в первую очередь от противо-ЭДС, возникающей в электродвигателе вследствие его вращения. Большинство приводных электродвигателей используется в устройствах, где нужно переместить какой-либо объект до упора — например, закрыть окно. Однако, поскольку эти действия управляются человеком, питание на двигатель исполнительного механизма остается поданным даже после того, как последний дошел до своего крайнего положения. В этой ситуации двигатель останавливается, в результате чего его противо-ЭДС падает до нуля. Без противо-ЭДС ток через двигатель быстро возрастает до уровня, в два-четыре раза превышающего номинальный рабочий ток.

Поскольку обмотка двигателя выполнена из провода минимального диаметра, большой ток остановки вызывает быстрый рост ее температуры. Буквально за считанные секунды может развиваться температура, способная вызвать необратимые повреждения эмалевого изоляционного провода обмотки. При этом эмаль теряет свои изолирующие свойства, и это может привести к межвитковому короткому замыканию, что выводит электродвигатель из строя.

И тут на помощь приходит PolySwitch. Эти приборы можно включить последовательно с обмотками, как показано на рис. 3.

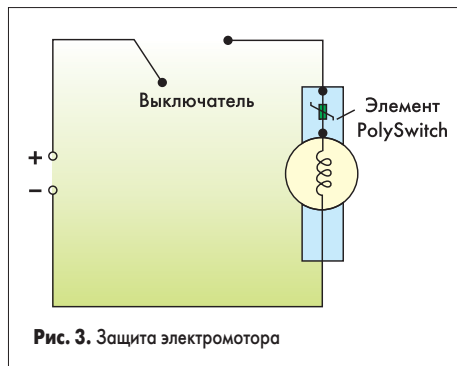


Рис. 3. Защита электродвигателя

Они, как правило, монтируются непосредственно внутри корпуса двигателя для лучшей тепловой связи. Если ток или температура обмотки становится выше определенного значения, PolySwitch срабатывает и ограничивает ток до безопасного уровня, предотвращая повреждение электродвигателя. После устранения причины перегрузки и снятия питания PolySwitch охлаждается и возвращается в нормальное состояние, не препятствуя протеканию тока.

#### Типовые требования к защите электродвигателей

Двигатели требуется защитить от протекания чрезмерного тока через обмотку в течение длительного времени. Этот ток, возникающий при блокировании движения исполнительного механизма, может в 2–4 раза превышать номинальный рабочий ток. Его необходимо отключить до того, как он вызовет повреждение обмотки — обычно это 10–20 секунд. Следовательно, элемент защиты от перегрузки по току необходимо тщательно выбирать, исходя из предъявляемых к электродвигателю требований.

#### Сравнение технологий и выбор приборов

Иногда для защиты электродвигателей используются биметаллические выключатели. Они требуют осторожного обращения. Кроме того, они имеют контакты, которые периодически замыкаются и размыкаются, что может вызвать дуговой разряд и сплавление контактов, а это создает опасную ситуацию. Кроме того, для защиты маломощных двигателей используются элементы на керамике с положи-

тельным ТКС, однако их недостатком является более высокое сопротивление по сравнению с полимерными элементами с положительным ТКС.

Для компактных электродвигателей, где предохранитель должен вставляться в пружинный держатель, хорошо подходят чип-элементы на полимерах PolySwitch. Также можно использовать элементы семейства Automotive (серий AHR, AGR, AHS, ASMD).

### Защита проводников на печатных платах в автомобиле

По мере того, как использование в автомобилях электронных узлов становится все шире и шире, рынок все настойчивее требует от автомобилестроителей увеличить внутреннее пространство автомобиля. Это заставляет их размещать все большее число схем во все меньших объемах. Для увеличения функциональности и числа соединений на единице площади печатной платы (которые при этом становятся меньше и меньше) приходится уменьшать ширину печатных проводников. Однако эти «черные ящики» в настоящее время управляют множеством энергоемких устройств, например, стеклоподъемниками в дверях, устройствами для изменения формы водительского кресла, дистанционными замками и приводом антенны. Так как для управления этими механизмами используются сильноточные цепи, возрастает риск повреждения тонких проводников печатных плат из-за чрезмерно высокого тока. Для защиты тончайших печатных проводников от разрушения при перегрузке по току можно использовать обратимые приборы PolySwitch.

Проводники печатных плат функционально выступают как провода, по которым сигнал из одной точки передается в другую. В зависимости от своего сечения, каждый печатный проводник может передавать только определенный ток, чтобы не расплавиться в результате выделения тепла. Но даже до того, как он расплавится, проводник может нагреться до степени, вызывающей повреждение печатной платы или установленных на ней компо-

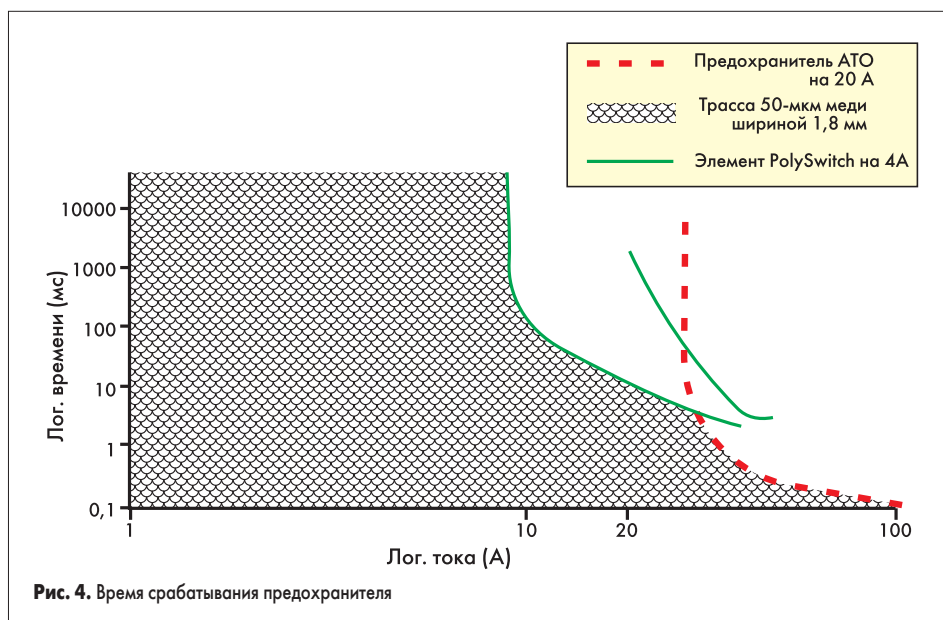


Рис. 4. Время срабатывания предохранителя

**Таблица.** Подбор элементов RUE для медных проводников данной геометрии

Ширина, мм	Толщина меди в проводнике (г/см <sup>2</sup> )			
	0,015	0,03	0,06	0,09
0,051	RUE135	RUE250	RUE300	RUE500
0,076	RUE185	RUE300	RUE500	RUE700
0,127	RUE250	RUE400	RUE800	—
0,178	RUE300	RUE600	—	—
0,254	RUE400	RUE800	—	—

ментов. По этой причине необходимо использовать предохраняющие элементы.

Приборы PolySwitch помогают защитить модули автомобильной электроники от отказа из-за перегрузок по току и избежать ситуации, когда «предохранители кончились». Они быстро и эффективно ограничивают ток до безопасного уровня и в то же время достаточно компактны, чтобы их можно было устанавливать непосредственно на печатную плату. В результате оказывается возможной индивидуальная защита каждой силовой цепи на плате с ограничением тока до безопасного для проводников платы уровня.

#### Типовые требования к защите печатных проводников

Обычно для электронных схем требуется защита от перегрузок по току при коротком замыкании на выходе модуля, в пусковом режиме, при блокировании движения оконечного устройства исполнительного механизма или же в результате неисправности других компонентов системы, как, например, короткое замыкание в диоде или обрыв провода на «мас-су». Типовое требование — ток удержания от 1 до 9 А при напряжении питания системы 14 В.

#### Сравнение технологий и выбор приборов

О недостатках плавких предохранителей мы уже говорили. Другим решением по защите электронных модулей является применение сложных схем пороговых переключателей (требующих тщательного проектирования, занимающих драгоценное место и дорогостоящих) либо элементов SmartFET (которые могут также дорого стоить и у которых существуют неприемлемые режимы работы при отказе).

Выбор элемента для конкретного применения должен основываться на величине максимального тока, протекание которого по данной цепи безопасно. Элементы серии RUE (выводные приборы PolySwitch с максимальным напряжением 30 В) могут помочь защитить медные проводники. При этом для выбора элемента серии RUE можно пользоваться таблицей.

В этой таблице содержатся лишь общие рекомендации. Каждый случай необходимо рассматривать индивидуально. Кроме того, здесь, как и в других автомобильных приложениях, подходят элементы PolySwitch серий AHR, AGR, ASMD и AHS.

#### Особенности и применения автомобильных элементов PolySwitch

Компания Tyco Electronics Power Components (в ту пору еще Raychem) начала выпуск «предохранителей» многократного действия для автомобильной индустрии более 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 AEC-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 от 4 до 14 А; выводные.

**AHR** — максимальное напряжение 16 В, номинальные токи от 4 до 14 А; выводные; 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.

Tyco Electronics Power Components еще несколько лет назад продавала PolySwitch для таких узлов автомобиля, как:

- Электростеклоподъемники (более 200 млн штук);
- Активаторы дверных замков (более 250 млн штук);
- Активаторы замков багажника (более 50 млн штук);
- Электродвигатели для изменения наклона кресел (более 200 млн штук);
- Монтажный блок, где приборы PolySwitch вытесняют предохранители (более 200 млн штук).

Последнее направление продаж растет наивысшими темпами.

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

Среди клиентов — 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 TEPC и для мотоциклов, автобусов, минивэнов (Chrysler), грузовиков (Volvo, Mercedes). В новых грузовиках Mercedes, к примеру, установлено по 8 таких приборов).

Все более широкое применение приборы PolySwitch находят и в разработках российских фирм, и это неудивительно. Защита от перегрузок по току актуальна везде, где имеет место «направленное движение электрических зарядов». В том числе и на транспорте. ■