

# Твердотельные реле для высоконадёжных применений

Владимир Федосов (г. Орёл)

В последние годы требования военной и авиакосмической промышленности по увеличению надёжности радиоэлектронной аппаратуры возросли. В связи с этим разработчики аппаратуры ищут технические решения и компонентную базу, которая позволяет снизить отказы техники при эксплуатации. В статье рассказывается о новом классе электронных компонентов – твердотельных реле, способных повысить надёжность аппаратуры специального назначения.

Не секрет, что механический контакт, входящий в состав электромеханических реле, контакторов, пускателей, является одним из самых ненадёжных

элементов аппаратуры, которая подвергается жёстким механическим и климатическим воздействиям. Такой вид отказа, как случайное замыкание контактов, которое происходит под воздействием вибрации и многократных ударов, давно стал головной болью специалистов, занимающихся разработкой и эксплуатацией авиакосмической техники. Значительная доля отказов связана с «залипанием» контактов и перегоранием управляющих обмоток электромеханических реле.

Разработанная в конце 1990-х годов серия оптоэлектронных реле К293 в пластмассовых DIP-корпусах с МОП-транзистором в качестве ключевого элемента нашла широкое применение в промышленной и военной аппаратуре. В серию вошли реле как с одной, так и с двумя парами контактов, работающие как на замыкание, так и на размыкание. Такие уникальные свойства, как линейная характеристика замкнутых контактов, коммутация одно- и двухполярных сигналов, возможность управления от стандартных логических ИС, позволили оптоэлектронным МОП-реле успешно конкурировать на рынке с электромеханическими реле.

Несмотря на широкое применение данной серии МОП-реле, проблема надёжности военной аппаратуры не могла быть решена в рамках требований, предъявляемых к микросхемам в пластмассовых корпусах. Поэтому в начале 2000-х годов была поставлена задача разработки серии высоконадёжных оптоэлектронных МОП-реле, удовлетворяющих требованиям стандарта «Климат-7». С использованием собственных достижений предприятия в области высоковольтной изоляции, фотодиодных матриц и технологии МОП-структур, была разработана

249 серия оптоэлектронных реле в герметичных корпусах для высоконадёжных применений.

Учитывая потребности военной промышленности в качественных коммутационных элементах, разрабатывается новая серия твердотельных коммутаторов на токи до 40 А и напряжения до 600 В, оснащённых функциями интеллекта, под которыми подразумеваются следующие характеристики:

- встроенная защита от короткого замыкания на выходе;
- встроенная защита от перегрева выходного транзистора;
- мониторинг состояния напряжения на выходе;
- мониторинг состояния короткого замыкания на выходе.

К452КП3П – оптоэлектронное МОП-реле для коммутации постоянного напряжения 60 В и тока до 2 А, К452КП4П – оптоэлектронное МОП-реле для коммутации постоянного и переменного напряжения 60 В и тока до 1 А. Напряжение изоляции 1000 В. Корпус этих реле показан на рисунке 1. Каждое реле имеет одну пару нормально-разомкнутых контактов и предназначено для замены электромеханических реле в цепях силовой коммутации.

Оптоэлектронное реле К457КП1П с симисторным выходом предназначено для коммутации переменного напряжения 260 В частотой от 50 до 400 Гц с током 1,5 А. Реле имеет встроенный детектор нулевого напряжения, разрешающий переключение выходного симистора в диапазоне выходных напряжений  $\pm 10$  В. Это помогает снизить потери энергии, а также предотвращает возникновение электромагнитных помех при переключении. Данное реле имеет то же корпусное исполнение, что и реле К452КП3П. Электрическая схема реле К457КП1П приведена на рисунке 2.

Одна из последних разработок – оптоэлектронное МОП-реле К249КП16Р – не уступает по параметрам реле К452КП3П и К249КП4П и коммутирует постоянное напряжение 60 В с током 2 А или постоянное и переменное напряжение 60 В с током 1 А. По габаритам реле К249КП16Р имеет преимущество – оно реализовано в стандартном металлокерамическом восьмивыводном DIP-корпусе, который поставляется в двух вариантах – для монтажа в отверстия и для монтажа на поверхность. Учитывая рекордное на сегодняшний день соотношение коммутируемой мощности к объёму – 364 Вт/см<sup>3</sup>, реле К249КП16Р можно считать весьма

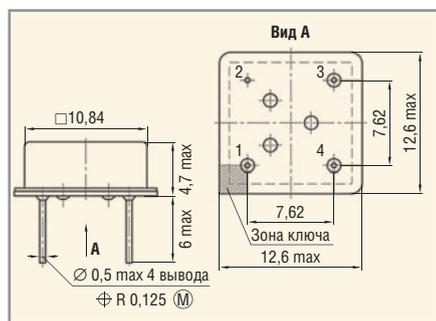


Рис. 1. Корпус реле К452КП3П, К452КП4П, К457КП1П

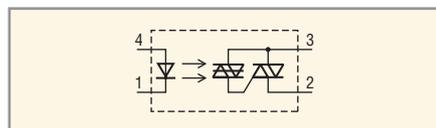


Рис. 2. Электрическая схема реле К457КП1П

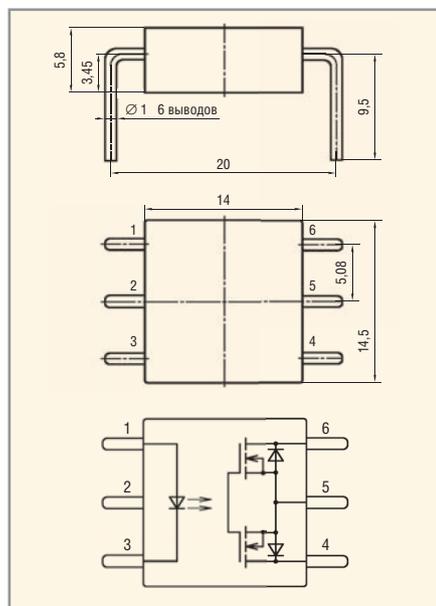


Рис. 3. Чертёж корпуса и электрическая схема реле 5П166

перспективным для применения в военной аппаратуре.

Оптоэлектронное МОП-реле 5П166 с напряжением коммутации 90 В и током коммутации 5 А в шестивыводном металлоглазном корпусе (см. рис. 3) содержит мощные инфракрасные AlGaAs-светодиоды с повышенной радиационной стойкостью. Светодиоды оптически связаны с двумя кристаллами фотодиодной матрицы, которые управляют двумя включенными встречно-последовательно МОП-транзисторами. Использование двух последовательно включенных матриц позволило обеспечить размах управляющего напряжения не менее 15 В для надёжного отпираания МОП-транзисторов. Реле 5П166 обеспечивает сопротивление в замкнутом состоянии 20 мОм для коммутации постоянного напряжения и 57 мОм для коммутации двухполярных напряжений. Реле коммутирует импульсный ток до 12 А.

Оптоэлектронное МОП-реле 5П163 предназначено для коммутации постоянного напряжения 60 В и тока до 7 А. Реле выполнено в плоском металлокерамическом корпусе ТО-220-5 с изолированным теплоотводом. Напряжение изоляции между управляющими и выходными выводами, а также между теплоотводом и выводами корпуса составляет 1000 В (ампл.). На рисунке 4 показан чертёж корпуса и электрическая схема этого реле.

Интеллектуальный контроллер 5П170 предназначен для коммутации постоянного напряжения 90 В и тока 10 А. Контроллер имеет входной буферный каскад на МОП-транзисторе; напряжение питания составляет от 5 до 15 В, ток потребления 10 мА. Данная особенность делает контроллер совместимым с ТТЛ- и КМОП-схемами. Время переключения составляет 2 мс.

Контроллер имеет встроенную защиту от короткого замыкания в нагрузке, что предохраняет выходной транзистор от выхода из строя. В режим КЗ контроллер переходит при семикратной перегрузке выходной цепи. Режим, когда контроллер отключает выход при коротком замыкании, индицируется лог. 0 на выходе состояния. Переход в нормальный режим осуществляется путём сброса выходного напряжения.

Контроллер 5П170 также имеет индикацию состояния выходного напряжения. При появлении на выходе напряжения свыше 25 В, выход статуса переходит в лог. 0. Контроллер выполнен в десятивыводном корпусе с теплоотво-

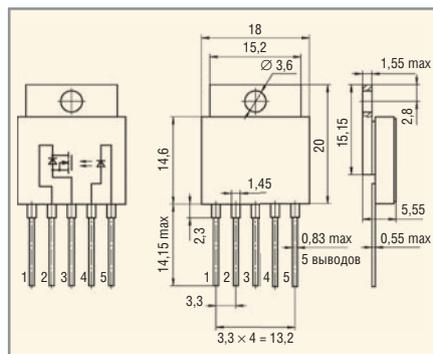


Рис. 4. Чертёж корпуса и электрическая схема реле 5П163

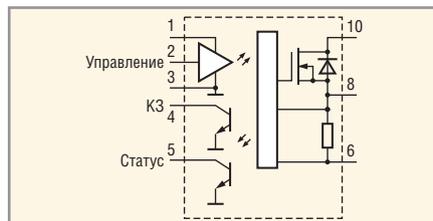


Рис. 5. Структурная схема интеллектуального реле (контроллера) 5П170

дом; его схема приведена на рисунке 5, а чертёж корпуса – на рисунке 6.

В новом реле 5П168Т применена схема управления силовым транзистором от DC/DC-преобразователя. Реле рассчитано на коммутацию постоянного напряжения 90 В и тока до 40 А. Напряжение изоляции составляет 1000 В (ампл.). Время переключения имеет более низкие значения, чем в оптоэлектронных реле, и составляет 200 мкс. В реле использован кристалл контроллера трансформатора со встроенными силовыми транзисторами и частотой переключения 600 кГц.

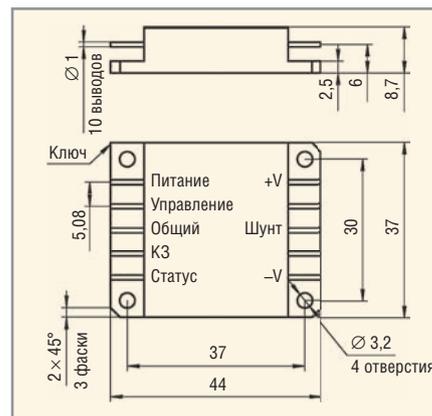


Рис. 6. Чертёж корпуса интеллектуального реле (контроллера) 5П170, 5П168Т

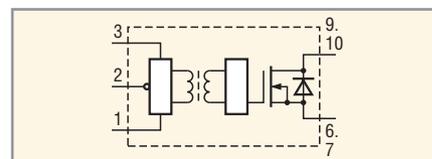


Рис. 7. Структурная схема реле 5П168Т с трансформаторной развязкой

Модификация данного реле имеет защиту от короткого замыкания в нагрузке с индикацией состояния. Схема реле 5П168Т приведена на рисунке 7 (корпус показан на рис. 6).

В заключение следует отметить, что благодаря развитию оптоэлектронных и МОП-технологий и появлению новых высококачественных корпусов стало возможным реализовать оптоэлектронные реле с параметрами, удовлетворяющими самым высоким требованиям, предъявляемым к современной высоконадёжной аппаратуре. ©