

# Новые быстродействующие твердотельные коммутаторы

Сергей Поплавный (г. Орёл)

Твердотельные реле обеспечивают электрическую изоляцию между цепями контроля и силовыми цепями. Автор представляет класс твердотельных реле, предназначенных для управления системами питания.

До недавнего времени задача управления системами питания решалась при помощи электромагнитных механических реле. Известные недостатки электромагнитных реле, такие как невысокая скорость работы, ограниченность электрического и механического ресурса, радиопомехи во время замыкания и размыкания контактов, возникновение проблем во время коммутации высоковольтных и индуктивных нагрузок на постоянном токе, привели к созданию функционально эквивалентных электронных приборов – твердотельных реле (ТТР) с гальванической развязкой.

Применение в конструкции ТТР современных решений в области микроэлектроники позволило осуществить переход к силовым коммутаторам в интегральном исполнении, использование которых в рамках гибридной технологии позволило

придать им дополнительные функциональные возможности и сервисные функции. Современные ТТР уже по всем параметрам превосходят электромагнитные механические реле. Их отличают следующие свойства:

- высокое быстродействие;
- низкое электропотребление (на 95% меньше, чем у обычных реле);
- большая надёжность и долговечность (свыше миллиарда срабатываний);
- отсутствие механических деталей, подверженных износу;
- большой температурный диапазон эксплуатации;
- неизменное контактное сопротивление в течение всего срока службы;
- отсутствие шума, дребезга и «пригорания» контактов при коммутации;
- совместимость по входу с логическими микросхемами стандартных серий;
- большая виброустойчивость и ударопрочность;

- высокое сопротивление изоляции корпуса;
- высокий уровень изоляции между входными и коммутируемыми цепями;
- возможность работы во взрывоопасной среде (отсутствие дугового разряда).

Твердотельное реле наряду с основной функцией по применению в аппаратуре – коммутация или гальваническая развязка – позволяет диагностировать состояние коммутируемой нагрузки, информировать о её статусе и предотвращать перегрузку в коммутируемой цепи.

Одним из предприятий, выпускающим полупроводниковые приборы силовой электроники модульного типа с выходными каскадами на тиристорах и IGBT-транзисторах (биполярный транзистор с изолированным затвором), является ЗАО «Протон-Импульс» (г. Орёл). В настоящее время предприятие завершает разработку четырёх новых базовых исполнений ТТР с различными величинами коммутируемого тока и напряжения (см. таблицу 1). Электрические, механические и надёжностные характеристики этих приборов позволя-

Таблица 1. Базовые исполнения ТТР

Исполнения ТТР	Коммутируемое напряжение, В	Коммутируемый ток, А	Напряжение изоляции, В	Напряжение управления и питания, В
ТТР 1	100	100	3000	27
ТТР 2	200	60		
ТТР 3	400	20		
ТТР 4	600	10		

Таблица 2. Основные параметры ТТР

Наименование параметра и единица измерения	Обозначение параметра	Норма		Режим измерения
		не менее	не более	
Напряжение изоляции, В	$U_{из}$	3000	–	$I_{ут} \leq 10 \text{ мкА}$ , $t = 5 \text{ с}$
Сопротивление изоляции, Ом	$R_{из}$	$5 \times 10^{10}$	–	$U_{из} = 500 \text{ В}$
Напряжение питания, В	$U_{пит}$	18	36	$U_{пит} = 27 \text{ В}$
Ток потребления в выключенном состоянии, мА	$I_{пот}$	–	1	
Динамический ток потребления во включённом состоянии, мА	$I_{пот}$	–	50	$U_{пит} = 27 \text{ В}$ , $U_{вх} = 0 \text{ В}$
Входной ток низкого уровня, мкА	$I_{вх0}$	–	1	
Входной ток высокого уровня, мА	$I_{вх1}$	–	5	$U_{пит} = 27 \text{ В}$ , $U_{вх} = 27 \text{ В}$
Время включ./выключ., мкс	$t_{вкл}^*$ , $t_{выкл}$	–	30	$U_{пит} = 27 \text{ В}$ , $U_{ком} = 10 \text{ В}$ , $R_{н} = 51 \text{ Ом}$
Время нарастания/спада, мкс	$t_{нар}^*$ , $t_{сп}$	–	1,5	
Время задержки защитного отключения, мкс	$t_{зз}$	–	6	
Ток утечки на выходе, мкА	$I_{ут.вых}$	–	20	$U_{пит} = 27 \text{ В}$

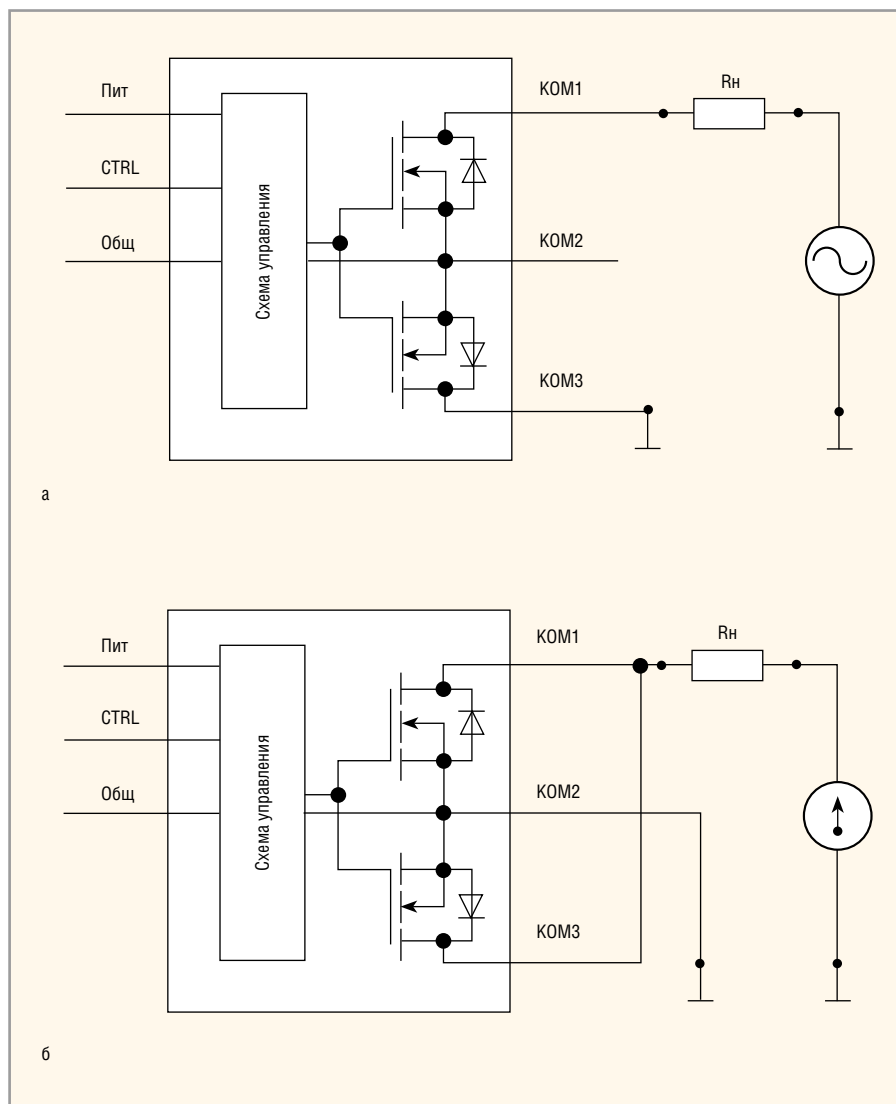
ют использовать их в изделиях специального назначения. Кроме того, в этих приборах возможно добавление функций контроля статуса выхода и защиты от перегрузки в коммутируемой цепи.

Применяемая в ТТР базовая схема силового транзисторного ключа является универсальной. Она позволяет применять эти приборы для коммутации как переменного, так и постоянного тока в двухполярном и однополярном включениях (см. рисунок). Соответственно, последовательное подключение двух ТТР при подаче противофазных сигналов управления позволяет производить переключающую коммутацию в одной цепи. Аналогично решается задача для трёх и более цепей включения либо переключения.

В ходе работы над новыми ТТР предусмотрены следующие конфигурации узлов:

- DC/DC-преобразователь, управляемый ШИМ-контроллером, включающий трансформатор на ш-образном сердечнике с зазором, обеспечивающий повышенную стойкость к воздействию электромагнитных помех, и выпрямитель на диодах Шоттки;
- схемы разряда, обеспечивающие требуемые времена фронтов, задержек включения и выключения каналов ТТР;
- схемы контроля и формирования сигнала о статусе коммутируемой нагрузки, контроля и защиты при коротком замыкании в нагрузке и срабатывания защиты, управляемой аналоговыми компараторами.

Новые ТТР изготовлены на базе кристаллов n-канальных силовых транзисторов, выполненных по технологии n-MOP с вертикальным каналом, с технологическими нормами не более



Двуполярное (а) и однополярное (б) включение ТТР

1,0 мкм, ультранизким сопротивлением канала и высокой стойкостью к воздействию специальных факторов – ЗУС, 1К. Основные параметры разрабатываемого ряда ТТР приведены в таблице 2.

В заключение следует особо отметить, что данные ТТР охватывают боль-

шой диапазон коммутируемых токов и напряжений с необходимым уровнем защиты, что позволяет использовать их в различных изделиях специального назначения. Сейчас, когда объявлено о необходимости импортозамещения электронных приборов, это особенно важно.

