

Новые силовые полупроводниковые гибридные модули

с оптической развязкой серии МГТСО

В схемах с большой частотой переключений на смену традиционным электромагнитным реле пришли силовые полупроводники с оптической развязкой. К изделиям этого типа относятся хорошо зарекомендовавшие себя на практике силовые оптронные тиристоры (ТО), оптронные триаки (ТСО) и полупроводниковые модули на их основе (МТОТО).

Любомир Рачинский
Андрей Санчугов

marketing@element.zp.ua

Электронный контроль при коммутации мощных нагрузок переменного тока, организованный на основе микропроцессорных контроллеров, цифровых и линейных управляющих схем, получает все большую популярность. Это, в свою очередь, увеличивает потребность в простых и надежных интерфейсах между низковольтными схемами управления и нагрузками. Электромагнитные реле, широко применяемые во многих областях промышленной автоматики в качестве мощных дискретных ключей, имеют ряд недостатков: сравнительно большое время срабатывания (единицы и десятки миллисекунд); дребезг контактов, вносящий помехи при переключении; быстрый износ контактной системы.

В оптоэлектронных ключах оптическая связь между источником излучения (светодиод) и фотоприемником (силовая полупроводниковая структура с открытым оптическим окном) создается путем прямого управления светом. В устройствах силовой электроники такие устройства зарекомендовали себя как эффективные одно- и двунаправленные ключи, обладающие высоким значением пробивного напряжения. Они применяются в качестве приборов с гальванической развязкой между силовой и управляющей цепями, имеют низкие потери мощности в открытом состоянии и высокие динамические параметры.

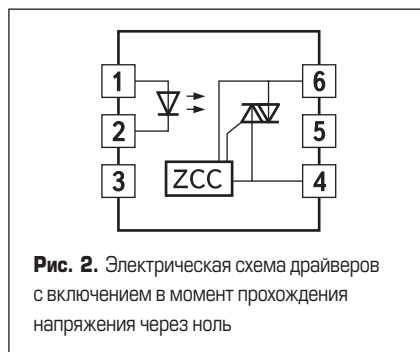
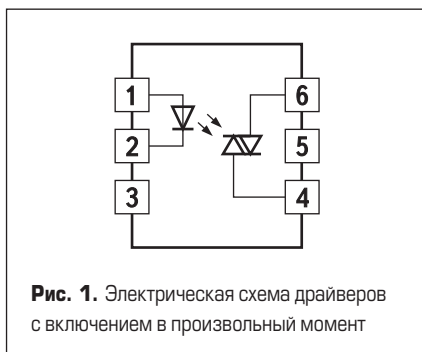
Однако применение этих оптоэлектронных приборов в последнее время стало ограничиваться из-за

высоких входных токов цепи управления (постоянный ток управления должен быть не ниже 80 мА), что не позволяет применять их непосредственно с системами, использующими в качестве управляющего сигнала логические уровни микросхем типа ТТЛ, ТТЛШ, КМОП и т. д.

В настоящее время ведущие фирмы-производители оптоэлектроники кроме светодиодов в качестве оптической развязки предлагают широкий ассортимент слаботочных оптронов (микросхемы драйверов) различного назначения с малыми токами в цепи управления. Это позволило наполнить рынок множеством силовых полупроводниковых приборов с оптической развязкой для цепей постоянного и переменного тока. Для цепей переменного тока предлагаются два основных вида микросхем драйверов: с включением электронного ключа в произвольный момент (рис. 1) и с включением электронного ключа в момент прохождения напряжения через «ноль» (рис. 2).

Первый тип микросхем используется в схемах управления мощностью нагрузки с широтно-импульсной модуляцией. Этот режим управления широко используют в регуляторах напряжения, а также для управления индуктивными нагрузками с насыщающимися ферромагнитными сердечниками, такими как контакторы или трансформаторы на холостом ходу. Для таких нагрузок оптимальные условия запуска — включение электронного ключа в максимуме напряжения или мягкий запуск с малыми начальными углами проводимости. При использовании силовых полупроводниковых ключей могут возникать большие импульсные помехи, что требует применения эффективных сетевых фильтров.

Второй тип микросхем используется в схемах управления нагрузкой с время-импульсным способом регулирования мощности в нагрузке, а также в медленнодействующих маломощных коммутаторах активных нагрузок. В этих схемах силовые полупроводниковые ключи включаются при малых напряжениях, близких к нулю, и не создают больших помех, что позволяет обойтись без сетевых филь-



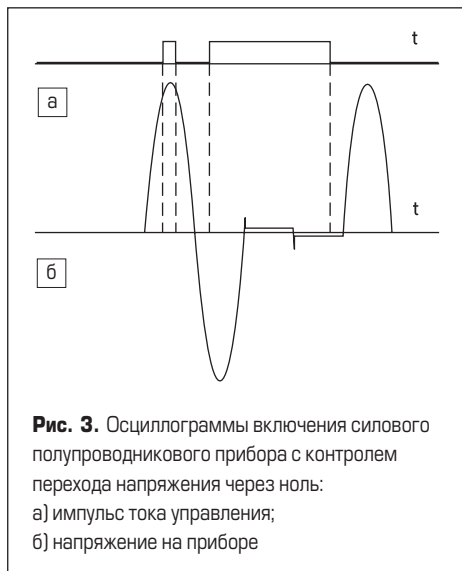


Рис. 3. Осциллограммы включения силового полупроводникового прибора с контролем перехода напряжения через ноль:
а) импульс тока управления;
б) напряжение на приборе

ров. При работе с нагрузками, имеющими емкостной характер, однократный импульс тока в момент включения может оказаться недопустимо большим, что выведет из строя силовую полупроводниковую структуру. Существенного уменьшения амплитуды импульса тока при включении такой нагрузки можно добиться, применив силовой полупроводниковый прибор с контролем перехода фазы напряжения через ноль. На рис. 3 представлены осциллограммы включения: импульс тока управления и напряжение на силовой структуре мощного управляемого триака.

Микросхемы драйверов, маркировка которых оканчивается на 1, 2 и 3, обеспечивают включение нагрузки при подаче на светодиод тока, соответственно равного 15, 10 и 5 мА. Это позволяет решить проблему согласования силового электронного ключа с системами управления, использующими в качестве управляющего сигнала логические уровни микросхем типа ТТЛ, ТТЛШ, КМОП.

Конструкции силовых полупроводниковых приборов, составной частью которых являются микросхемы драйверов и силовые полупроводниковые структуры (тиристоры или триаки), дополнили ряд силовых полупроводниковых приборов с оптической развязкой и выпускаются рядом ведущих мировых производителей. Появление на рынке СПП этого вида изделий особо востребовано в области управления активными нагрузками (нагревательные элементы, лампы освещения), поскольку они упрощают схемные решения силовых узлов. Для обеспечения безаварийной

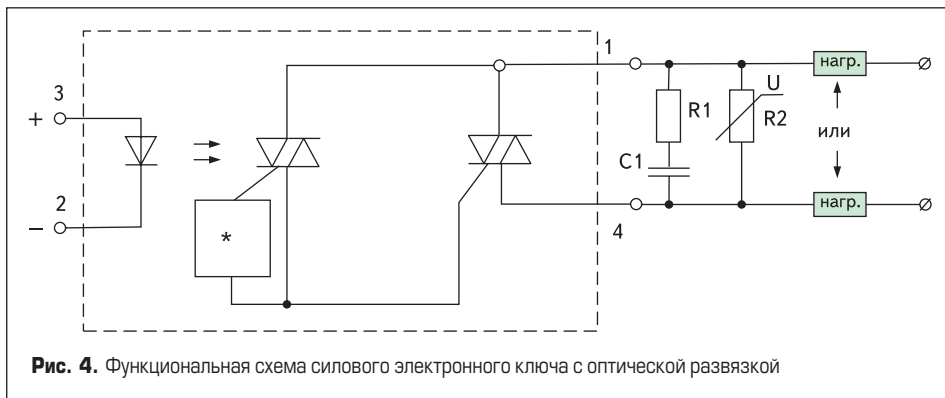


Рис. 4. Функциональная схема силового электронного ключа с оптической развязкой

эксплуатации этих изделий нужно придерживаться некоторых технических рекомендаций.

На рис. 4 этот вид изделий представлен в виде функциональной схемы силового электронного ключа с оптической развязкой.

Как видно из рисунка, электронный ключ состоит из микросхемы драйвера и силового триака, выполненного в одном корпусе. Тип примененного драйвера определяет конечную функцию силового модуля. Уместно заметить, что в цепях управления нагрузкой в устройствах с широтно-импульсной модуляцией силовая структура обязательно должна быть защищена RC-цепью от эффекта быстрого нарастания напряжения (dU/dt).

Быстрое нарастание напряжения на выходе закрытого триака может быть вызвано следующими факторами:

- подачей в цепь нагрузки напряжения в фазе, близкой к 90°;
- появлением импульсных помех в цепи нагрузки;
- возникновением коммутационных скачков напряжения из-за фазового сдвига между током и напряжением при величине тока ниже тока удержания триака в цепи с индуктивной нагрузкой.

Скачки напряжения могут привести к несанкционированному открытию силового триака при превышении параметром dU/dt некоторой критической величины. Для триаков устойчивость к dU/dt характеризуется критической скоростью нарастания напряжения в закрытом состоянии $(dU/dt)_{кр}$ — статическим dU/dt . Возникновение статического dU/dt обусловлено наличием паразитной емкости между анодом и управляющим электродом, ток через которую пропорционален dU/dt и может превысить ток отпирания силового триака. Наряду с $(dU/dt)_{кр}$ триак характеризуется критической скоростью из-

менения коммутационного напряжения $(dU/dt)_{ком}$. Воздействие $(dU/dt)_{ком}$ связано с наличием остаточного заряда в структуре силового триака после предыдущего включения. Этот заряд при достаточно быстром нарастании обратного напряжения способствует включению триака в обратном направлении в отсутствие сигнала управления. Таким образом, управление электронным ключом теряется. Величина остаточного заряда зависит от пикового тока перед включением силовой структуры триака и скорости пересечения током нуля $(dI/dt)_{ком}$. При малых значениях этих величин устойчивость силовых триаков возрастает и начинает определяться $(dU/dt)_{кр}$, которое значительно выше $(dU/dt)_{ком}$.

Самопроизвольное включение силового триака из-за случайных бросков напряжения в цепи нагрузки может не оказывать негативного влияния на некоторые виды нагрузок (например, нагреватели), поскольку в течение полупериода частоты сети триак выключается. Однако для таких нагрузок, как обмотки клапанов и электродвигателей, самопроизвольное включение неприемлемо и может привести к катастрофическим последствиям в реверсивных системах (межфазное замыкание). Недопустима потеря управления и на индуктивных нагрузках. Для устранения несанкционированного включения силового триака используется ряд мер, основная из которых — шунтирование силовых выводов демпфирующей RC-цепью (см. рис. 4). При этом увеличение емкости C ведет к уменьшению dU/dt , а R служит для ограничения тока при разряде конденсатора C , что способствует уменьшению выбросов при переходных процессах. Обычно для конкретной нагрузки величины R и C подбираются экспериментально, начиная с величин, рассчитанных приближенными методами.

Таблица. Основные электрические параметры модулей серии МГТСО

Тип прибора	$I_{T(RMCS)}$, А	$U_{(DRM)}$, В	I_{TSM} , А	$U_{T(TO)}$, В	dU/dt , В/мкс	T_{jmax} , °С	Габаритные размеры, см. рис.
МГТСО7/17*	5; 10; 16; 25	400–1200	50;70;120;140	1,75	10–50	+110	8
МГТСО7/19	5; 10; 16; 25	400–1200	50;70;120;140	1,75	10–50	+110	8
МГТСО11/17*	50; 63; 80	400–1200	500;600;700	1,7; 1,65; 1,5	10–50	+110	6
МГТСО11/19	50; 63; 80	400–1200	500;600;700	1,7; 1,65; 1,5	10–50	+110	6
МГТСО4/18*	100; 125; 160	400–1200	1000;1250;1600	1,7; 1,65; 1,55	10–50	+110	5
МГТСО4/16	100; 125; 160	400–1200	1000;1250;1600	1,7; 1,65; 1,55	10–50	+110	5
МГТСО8/18*	200; 250; 320	400–1600	2000;2500;3200	1,7; 1,65	10–50	+110	7
МГТСО8/16	200; 250; 320	400–1200	2000;2500;3200	1,7; 1,65	10–50	+110	7
МГТСО8/22	200; 250; 320	400–1200	2000;2500;3200	1,7; 1,65	10–100	+110	7

* — включение модуля при переходе силового сигнала через ноль.

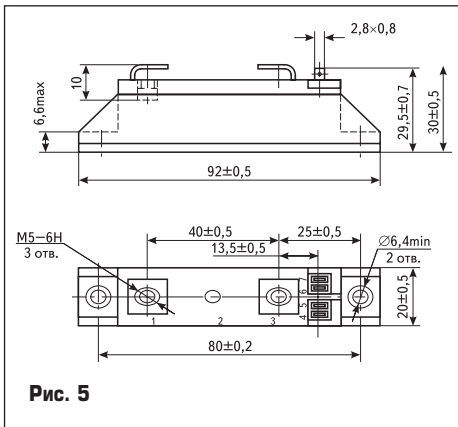


Рис. 5

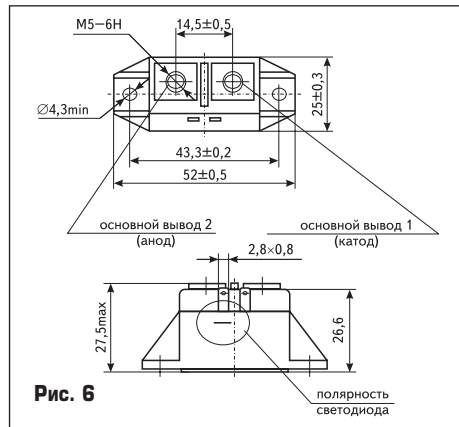


Рис. 6

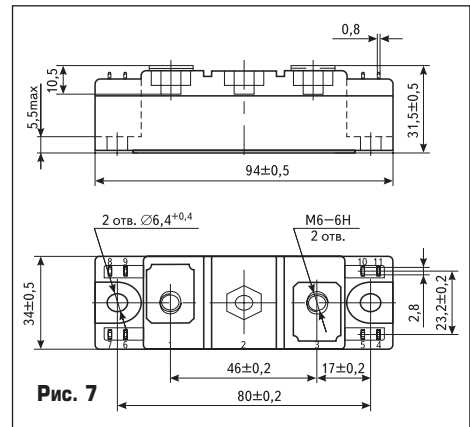


Рис. 7

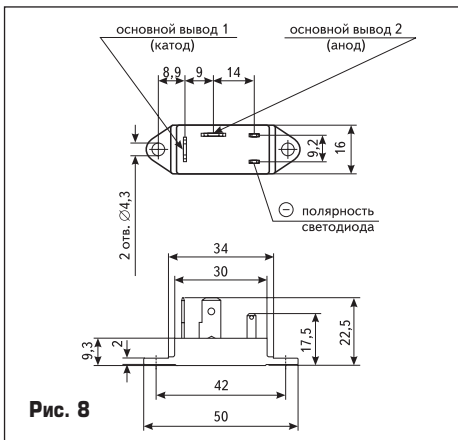


Рис. 8

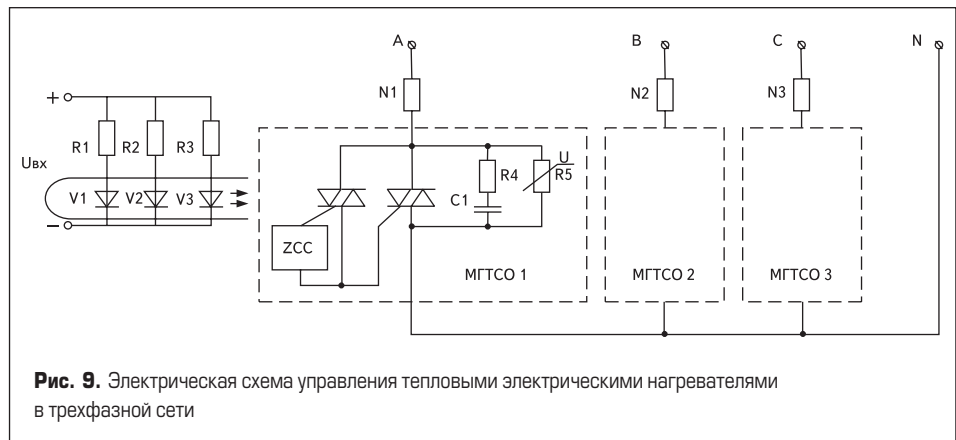


Рис. 9. Электрическая схема управления тепловыми электрическими нагревателями в трехфазной сети

Еще один способ повышения устойчивости силового триака к быстрым скачкам напряжения — введение в цепь нагрузки реактора задержки, представляющего собой элемент индуктивности на сердечнике с высокой магнитной проницаемостью и квадратной петлей гистерезиса. При рабочих токах нагрузки реактор находится в режиме насыщения, то есть не влияет на ток. При уменьшении тока реактор «восстанавли-

вается», внося в цепь большую индуктивность, что замедляет скорость изменения тока и, в частности, задерживает повторное приложение обратного напряжения, помогая запирающему силовому ключу.

Для силовых цепей с быстрым нарастанием напряжения на выходе закрытого силового элемента вместо силового триака, как правило, применяют два силовых тиристора, включенных встречно-параллельно, управление которыми осуществляется теми же микросхемами драйверов. Защита силового триака от эффекта перенапряжения, возникающего при коммутации нагрузки, традиционно осуществляется варистором.

Ориентируясь на потребности рынка стран СНГ силовых электронных компонентов такого типа, компания «Элемент-Преобразователь» разработала и приступила к серийному производству гибридных модулей с оптической развязкой серии МГТСО, основные электрические параметры которых представлены в таблице (ток управления 10 мА).

Конструктивно гибридные модули выполнены в пластмассовом корпусе с беспотенциальным основанием (рис. 5–8). Функциональное назначение такого модуля — оплотриак. Он содержит в себе узел оптической развязки, который управляет мощным силовым ключом. Последним может быть триак, либо два включенных встречно-параллельно тиристора. В зависимости от исполнения гибридный модуль может содержать встроенную схему контроля перехода напряжения через ноль или включаться при подаче управляющего сигнала в любой точке фазы сетевого напряжения.

На рис. 9 представлена типовая электрическая схема управления тепловыми электрическими нагревателями в трехфазной сети при помощи модулей МГТСО, выполняющих функцию малошумящих коммутаторов активных нагрузок.

Модули МГТСО выпускаются в соответствии с ТУ У 32.1-30077685-011-2003 и используются для регулирования и коммутации переменного тока в различных силовых электрических установках и устройствах разнообразных систем автоматики. Предприятие-изготовитель предлагает потребителям поставку модулей в комплекте с охладителями.

Применение специализированных микросхем драйверов с оптической развязкой позволяет не только обеспечить надежную изоляцию между схемами управления и силовыми цепями, но и управлять модулем посредством малых токов (10 мА). Немаловажный факт — цена. Модули МГТСО значительно дешевле по сравнению с зарубежными аналогами и ничем не уступают им по качеству.