

Твердотельное Оптоэлектронное Симисторное реле

Д. Барановский, В. Федосов

Твердотельные оптоэлектронные реле привлекают внимание широкого круга производителей электронной продукции. Необходимость таких устройств в современных электронных изделиях очевидна, поэтому приборы данного типа производятся многими зарубежными фирмами. Отрадно отметить, что в области твердотельных реле отечественные производители вполне конкурентоспособны, даже по отношению к таким общепризнанным лидерам, как Motorola. В качестве примера рассмотрим твердотельное реле переменного тока, производимое АО "Протон", одним из ведущих российских предприятий оптоэлектроники.

Твердотельное оптоэлектронное симисторное реле 5П51 (рис.1) реализует функцию гальванической развязки цепей переменного тока (небольшие двигатели, силовые реле, лампы накаливания и т.д.) от маломощных схем управления (микропроцессоры, низковольтные цифровые и линейные интегральные схемы), весьма чувствительных к помехам. Конструктивно это гибридная интегральная схема, содержащая два полупроводниковых кристалла. Коммутируемое напряжение ~280 В, ток – 100 мА, ток управления – 5мА. Прибор выполнен в пластмассовом 6-выводном DIP-корпусе.

Инфракрасный светоизлучающий диод преобразует входной слаботочный сигнал в излучение с длиной волны 940 нм. Фотоприемник, отделенный про-

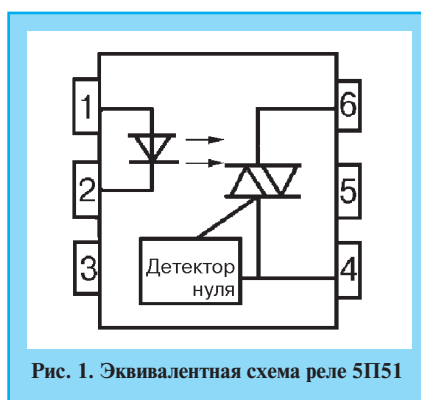


Рис. 1. Эквивалентная схема реле 5П51

лом фотоприемника – толщиной 0,4 мм) отвечает требованиям электробезопасности и обеспечивает устойчивость к воздействию испытательного напряжения не менее 3000 В, прикладываемого

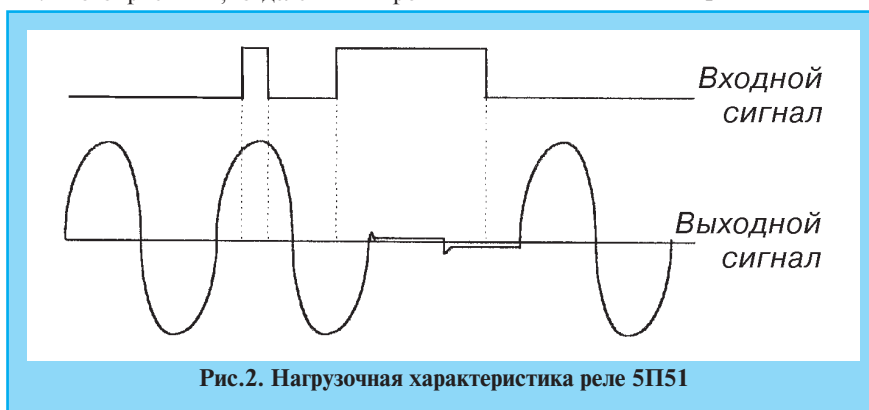


Рис.2. Нагрузочная характеристика реле 5П51

зрачным изоляционным барьером, преобразует излучение в электрический сигнал управления симистором. Кристалл фотоприемника содержит детектор нулевого напряжения, обеспечивающий включение симистора только тогда, когда линейное напряжение на нем находится в пределах ± 20 В, что предотвращает коммутацию электрической цепи в момент больших амплитудных значений напряжения питания (рис. 2).

Конструкция прибора (зазор между входными и выходными выводами – не менее 8 мм, изолирующий барьер между светодиодным излучателем и кристал-

л между входными и выходными выводами реле в течение одной минуты.

Электрические параметры реле приведены в таблице.

Электрическая схема

На рис. 3 показана электрическая схема оптоэлектронного реле.

VD1 – светоизлучающий диод. Кристалл фотоприемника содержит две идентичные соединенные встречно-параллельно (для положительной и отрицательной полярности напряжения) схемы на элементах VT1, VT2, VT3, VD2, VD3, R1 и VT4, VT5, VT6, VD4, VD5, R2, соответственно. Транзистор VT2 (VT5), фототранзистор VT3 (VT4) и резистор R1 (R2) образуют фоточувствительный тиристор. МОП-транзистор VT1 (VT6), фотодиод VD2 (VD5) и стабилитрон VD3 (VD4) формируют схему детектора нулевого напряжения.

Если во входной цепи светодиода электрический ток не протекает, то прибор будет находиться в выключенном состоянии при любой полярности напряжения на выходе. Возможность самопроизвольного срабатывания его тиристорных структур, чувствительных к различного рода помехам, подавляется резисторами R1 и R2.

Благодаря оптической связи светодиода VD1 с элементами фотоприемника входной ток вызывает возникновение фототока в элементах VD2, VT3, VD5, VT4, открывая симистор.

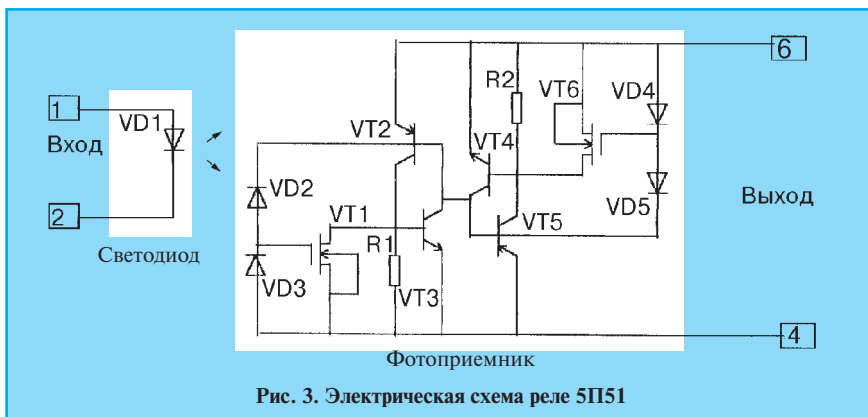


Рис. 3. Электрическая схема реле 5П51

Электрические параметры реле 5П51 (T=25°C)

Параметра	Обозначение	мин.	типовое	макс.	Режим измерения
Входное напряжение, В	U _{вх}	1,0	1,2	1,5	I _{вх} =10мА
Остаточное напряжение в открытом состоянии, В	U _{ост}		1,5	3,0	I _{вх} =4мА I _{вых} =100мА
Ток утечки на выходе в закрытом состоянии, мкА	I _{ут}		0,01	1	U _{вых} =400В
Напряжение запрета, В	U _з		5	20	I _{вх} =10мА
Ток утечки в состоянии запрета, мкА	I _{утз}			500	I _{вх} =10мА U _{вых} =±400В
Напряжение изоляции, В	U _{из}	3000	2000		T=1мин.
Сопротивление изоляции, Ом	R _{из}		10 ¹¹		
Прочная емкость, пФ	C _{пр}		3,0		

Если линейное выходное напряжение превышает 20 В, включается МОП-транзистор VT1 (VT6), поскольку падение напряжения на его затворе превышает пороговое. При этом переход база-эмиттер транзистора VT3 (VT6) надежно шунтируется, что предотвращает срабатывание фототиристора схемы, а в выходной цепи протекает ток в несколько десятков микроампер. Стабилитрон VD3 (VD4), имея напряжение пробоя около 25 В, предохраняет затвор МОП-транзистора от разрушения.

При уменьшении выходного линейного напряжения ниже 20 В (выше -20 В) МОП-транзистор запирается, что приводит к лавинообразному отпираанию фототиристора. Выходная цепь при этом замыкается, и линейное напряжение прикладывается к нагрузке.

Минимальное линейное напряжение, при котором включается симистор, определяется падением напряжения на открытых транзисторах схемы и составляет ~0,7 В.

Таким образом, в диапазоне от -0,7 до 0,7 В прибор всегда находится в выключенном состоянии. Срабатывание происходит в узком диапазоне линейного напряжения от -0,7 до -20 В и от 0,7 до 20 В, после чего напряжение питания прикладывается к нагрузке.

Выключится реле только после того, как на входе будет установлено напряжение менее 0,7 В, а ток нагрузки станет меньше тока удержания в момент перехода выходного напряжения через ноль.

Схема включения

Основная схема включения реле для управления мощным симистором показана на рис 4.

Резистор R_{огр} необходим для ограничения импульсного тока через опто-симистор и составляет 25 – 50 Ом. Демпфирующая RC-цепочка ограничивает скорость нарастания импульсных помех в линии, которые могут привести к самоотпираанию прибора.

Большинство устройств, работающих в диапазоне токов до 100 мА, могут управляться оптосимисторным реле без

использования цепей защиты. Демпфирующие цепи требуются, если на выход оптореле воздействуют паразитные импульсы со скоростью нарастания амплитуды сигнала более 1000 В/мкс, генерируемые как нагрузкой, так и посторонними источниками. В промышленных условиях, где посредством контакторов коммутируются большие индуктивные

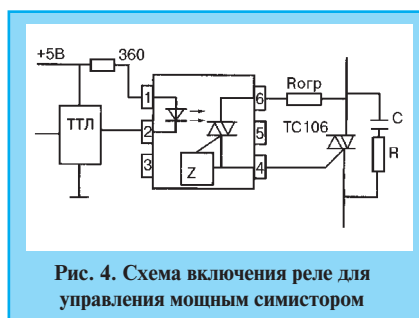


Рис. 4. Схема включения реле для управления мощным симистором

нагрузки, переходные процессы в линиях могут вызвать не только самопроизвольное срабатывание оптореле, но и вывести его из строя из-за превышения максимально допустимого значения амплитуды выходного сигнала. В этом случае демпфирующая цепь из резистора R и конденсатора C, уменьшающая скорость переходного процесса (рис.5), должна быть дополнена варистором VD, ограничивающим напряжение на приборе. Типовые номиналы конденсатора C и резистора R составляют 0,01 мкФ и 39 Ом, соответственно, и могут варьироваться в различных условиях.

Требования к входному току

Для нормальной работы реле важно правильно рассчитать входной ток. Недостаточный входной ток в сочетании с технологическим разбросом коэффициентов оптической связи светодиод-фотоприемник может стать причиной несимметрии выходной характеристики во включенном состоянии и привести к то-

му, что в один из полупериодов опто-симистор будет включен, в другой – окажется выключенным. При работе в таком режиме на большую индуктивную нагрузку реле может выйти из строя. В то же время избыточный входной ток приводит к перегреву светодиода и деградации его оптических характеристик. Величина оптимального входного тока лежит в диапазоне от 10 до 25 мА, а номинал токоограничивающего резистора R_{вх} вычисляется по формуле:

$$R_{вх} = (U_{вх \text{ мин}} - U_{св \text{ макс}}) / I_{вх}$$

Например, для оптореле, работающего в диапазоне температур от -40° до +85°С и при входном напряжении от 4,5 до 5,5 В $R_{вх} = (4,5 - 1,5) / 0,01 = 300 \text{ Ом}$.

Здесь 1,5 В – падение напряжения на светодиоде при температуре -40°С. При этом наибольший ток через светодиод будет протекать при входном напряжении 5,5 В и температуре 85°С. Падение напряжения на светодиоде составит 1,1 В. Входной ток $I_{вх} = (5,5 - 1,1) / 300 = 14,7 \text{ мА}$, что не превышает предельно допустимого значения.

Тепловые характеристики

Для надежной работы симисторного реле необходимо соблюдать температурный режим. Недопустим перегрев симистора выше 125°С, так как эта температура предельна для кремниевых полупроводниковых кристаллов, после чего резко снижается их надежность. При коммутируемом токе 100 мА и температуре окружающей среды 40°С симисторное реле рассеивает мощность 250 мВт. Ухудшение условий охлаждения приводит к необходимости ограничивать коммутируемый ток. Эти условия зависят от количества и расположения элементов на печатной плате, а также от ориентации самой печатной платы. Улучшению теплоотдачи способствует увеличение размеров металлизирован-

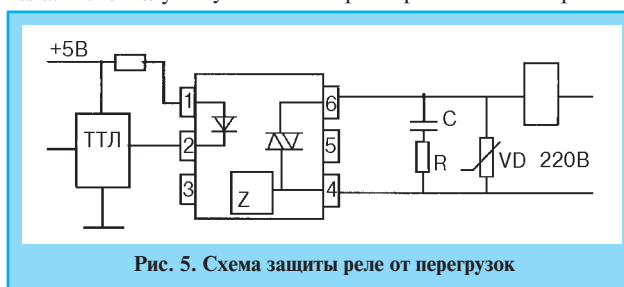


Рис. 5. Схема защиты реле от перегрузок

ной площадки под выводом 5, так как он, являясь держателем кристалла опто-симистора, пропускает некоторое количество тепла в печатную плату.

Кроме рассмотренного прибора, АО "Протон" производит ряд семейств твердотельных реле, рассчитанных на различные условия применения, с постоянными и переменными токами нагрузки и дополнительными функциональными возможностями.