Разработка электронных силовых ключей на МДП-транзисторах с гальванической развязкой цепей управления

Алексей Горностаев (Красноярский край)

Разработка силовых электронных ключей связана с обеспечением специфических требований. В частности, должны быть решены задачи оптимизации схем гальванической развязки цепей управления, а также уменьшения тепловыделения.

Применение силовых ключей в интерфейсных устройствах радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), реализующей функции управления исполнительными элементами, существенным образом сказывается на её технических и эксплуатационных характеристиках. Рост коммутируемых токов неизбежно увеличивает тепловыделение в силовых ключах и требует реализации эффективного теплоотвода; также возрастают коммутационные помехи, что вынуждает принимать меры по защите слаботочных цепей РЭА, реализующих логические функции управления (в том числе и с применением микроконтроллеров). Решение этих проблем приводит к дополнительным аппаратурным затратам, поэтому важно найти оптимальные технические решения.

Задача обеспечения эффективного теплоотвода может быть решена выбором коммутационного элемента с низким сопротивлением в открытом состоянии, что позволяет уменьшить тепловыделение и затраты на отвод тепла. Этому требованию удовлетворяют мощные МДП-транзисторы специального назначения, которые стали появляться на рынке в настоящее время.

Таблица 1. Сравнительные характеристики некоторых МОП-реле

Наименование параметра	249КП4БТ	7Х10	Прибор ОКР «Эликсир»	RDHA720SF06A1NK	RDHA701FP10A8C
Сопротивление открытого ключа, Ом	15	0,2	0,12	0,03	0,24
Ток управления, мА	3…25	10…25	3…25	10	10
Коммутируемый ток, А	0,1	7,5	1,0	20	1,5
Коммутируемое напряжение, В	60	60	60	60	100

Таблица 2. Сравнительные характеристики микросборки ВКУ8-3 и некоторых МДП-транзисторов

Наименование параметра	ВКУ8-3	2П712Б	2П769В92	2П793А92	IRHNA67260
Сопротивление открытого ключа, Ом	0,4	0,25	0,077	0,085	0,028
Коммутируемый ток, А	1,0	10	25	25	56
Коммутируемое напряжение, В	35	100	100	200	200

Решение задачи обеспечения эффективной защиты от помех сводится к введению в цепи управления коммутационных элементов специальных согласующих устройств, которые могут быть реализованы различными способами – как с использованием гальванической развязки, так и без нее.

Известные способы согласования без гальванической развязки менее эффективны, поскольку предполагают объединение общей шины питания схем управления с коммутируемой шиной питания нагрузки в эквипотенциальной точке, исключающей распространение коммутационных помех по общей шине питания. При необходимости силовой коммутации большого числа нагрузок, соблюдение этого требования становится трудновыполнимым (например, когда из-за конструктивных ограничений силовые ключи не могут быть размещены в одном блоке и эквипотенциальная точка выходит за его пределы).

Применение согласования без гальванической развязки может быть причиной недостаточной помехозащищённости РЭА [1]. В этом случае лучшие результаты даёт либо перенос эквипотенциальной точки непосредственно к выходу источника питания с одновременным применением специализированных ключей, обеспечивающих электрическую развязку от коммутируемой шины питания нагрузки [2], либо использование в цепях управления устройств гальванической развязки (оптоэлектронных или трансформаторных).

Большей эффективностью в обеспечении защиты РЭА от коммутационных помех обладают схемы с

гальванической развязкой цепей управления силовым ключом и его выхода. При разработке электронных силовых ключей они нашли широкое применение несмотря на то, что такие устройства сложны в реализации и характеризуются дополнительными энергозатратами в цепях управления.

Разработчику электронных силовых ключей при выборе способа гальванической развязки (оптоэлектронной или трансформаторной) необходимо учитывать область их применения. Устройства оптоэлектронной развязки просты в реализации, однако их применение увеличивает затраты энергии в цепях управления, что нежелательно в РЭА с автономным питанием. Применение устройств трансформаторной гальванической развязки усложняет схему управления, однако потери энергии в такой схеме могут быть сведены к минимуму.

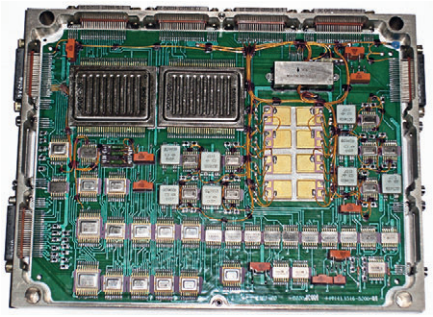
Коммутационные устройства с оптоэлектронной развязкой цепей управления на отечественном рынке представлены достаточно широкой номенклатурой МОП-реле от различных производителей. В их числе: МОП-реле на два канала 249КП4БТ (АЕЯР.431160.317 ТУ) от ОАО «Протон» (г. Орел), 7Х10 от ОАО «Болховский завод полупроводниковых приборов» (г. Болхов), прибор ОКР «Эликсир» – ОАО «СКТБ РТ» (г. Великий Новгород). На зарубежном рынке наибольший интерес представляют МОП-реле на различное число каналов производства фирм США, например, RDHA720SF06A1NK на один канал и RDHA701FP10A8C на восемь каналов от International Rectifier. Сравнительные характеристики перечисленных МОП-реле приведены в таблице 1.

Несмотря на то что МОП-реле очень просты в схемной реализации, их общим недостатком является большой ток управления. При одновременной работе большого количества каналов общий ток потребления по цепям управления может превысить допустимую нагрузку на источник питания. Для снижения тока управления разработчик устройств силовой коммутации вынужден ориентироваться на применение электронных силовых ключей на МДП-транзисторах с трансформаторной развязкой цепей управления, хотя это значительно усложняет интерфейсные устройства.

По этой причине необходимо выбрать оптимальное схемное решение электронных силовых ключей на заданный диапазон токов коммутации. При небольших токах коммутации не требуется применение мощных МДП-транзисторов, для которых должен быть обеспечен индивидуальный теплоотвод, поэтому силовые ключи могут быть сгруппированы и реализованы в виде функционально законченных микросборок на разное количество каналов коммутации. В настоящее время эта задача решена электронной промышленностью только для токов коммутации до 1 А; для токов коммутации свыше 1 А необходимо осуществлять индивидуальные разработки силовых ключей на основе имеющихся на отечественном и зарубежном рынках мощных МДП-транзисторов специального назначения.

На отечественном рынке для коммутации токов нагрузки до 1 А представлены специализированные микросборки на восемь ключей ВКУ8-3 (КСНЛ.430104.001-01 ТУ) разработки НИИ «Субмикрон» (г. Зеленоград), а для коммутации токов нагрузки свыше 1 А могут быть использованы мощные МДП-транзисторы специального назначения от различных фирм-производителей. Например, p-канальный транзистор 2П712Б (АЕЯР.432140.114 ТУ) в металлокерамическом корпусе (ФГУП «Государственный завод «ПУЛЬСАР», г. Москва), n-канальные транзисторы 2П769В92 (АЕЯР.432140.237 ТУ) и 2П793А92 (АЕЯР.432140.273 ТУ) в корпусе для поверхностного монтажа (ООО «ВЗПП-С», г. Воронеж). Из зарубежных приборов наибольший интерес представляет n-канальный быстродействующий МДП-транзистор типа IRHNA67260 в корпусе для поверхностного монтажа (International Rectifier, США). Сравнительные характеристики перечисленных микросборки и транзисторов приведены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что МДП-транзистор IRHNA67260 значительно превосходит по основным параметрам отечественные аналоги. На основе этого прибора может быть разработан компактный силовой ключ, пригодный для работы в широком диапазоне коммутируемых токов нагрузок.



Внешний вид опытного образца комбинированного блока коммутации нагрузок 2 А/1 А/27 В

Перечисленные в таблице 2 отечественные элементы (микросборка и МДП-транзисторы) были использованы для силовой коммутации нагрузок до 5 А при напряжениях 27 и 100 В в интерфейсных блоках бортового комплекса управления (БИ БКУ) разработки ОАО «ИСС имени академика М.Ф. Решетнева» (г. Железногорск, Красноярский край).

На рисунке показан опытный образец комбинированного блока коммутации нагрузок 2 А/1 А/27 В (с оригинальными силовыми ключами с трансформаторной развязкой цепей управления и с активным запиранием [3]) на базе мощного МДП-транзистора 2П769В92 и ключами, выполненными на микросборке ВКУ8-3. Для улучшения технических характеристик силовых ключей для БИ БКУ в дальнейшем потребуется разработка микросборок на токи коммутации более 1 А и переход на мощные транзисторы с улучшенными характеристиками. Модернизация блока предполагает выбор наиболее экономичной базовой схемы силового ключа с трансформаторной развязкой цепей управления, которая позволила бы обеспечить снижение тепловыделения и уменьшение габаритов микросборки.

Литература

1. *Горностаев А.И.* Реализация восстанавливающих органов в трёхканальных адаптивных избыточных системах. Авиакосмическое приборостроение. 2006. № 12.
2. РД11 342.916-81. Отраслевой стандарт. Микросхемы интегральные. Серия 522. Руководство по применению.
3. *Михеев П.В., Соколов М.И., Крутских Е.И., Руденко В.Н.* Силовой ключ на МДП-транзисторе. Патент РФ №2263393, МПК: H03K 17/567, 17/691, H02M 7/537. Опубл. 27.10.2005. Бюл. № 30.