

Продукция Hi-Rel — высокая надежность и качество, гарантируемые компанией International Rectifier

В условиях жесткой конкуренции одним из основных факторов, обеспечивающих стабильное продвижение вперед, является ориентирование на самые передовые технологии, которые особенно востребованы в ракетно-космической технике, авиации, медицине и промышленном управлении. В этих областях техники идет постоянная смена поколений оборудования и систем, совершенствуются характеристики и повышается надежность. Поэтому компания International Rectifier (IR) сосредоточила основные усилия на производстве высоконадежной продукции, которую принято называть продукцией Hi-Rel (High Reliability).

Валерий Петраков

info@otkcm.ru

Основные виды продукции Hi-Rel компании IR

В настоящее время номенклатура продукции Hi-Rel насчитывает несколько тысяч изделий. В 2003 году ее доля составила около 15% от общего оборота компании IR. Номенклатура продукции Hi-Rel охватывает все виды полупроводниковых силовых приборов: мощные ключи, микросхемы управления и приводы, мощные диоды, стабилизаторы напряжения, DC/DC-преобразователи. Основные виды продукции Hi-Rel представлены на рис. 1.

Производство этой продукции осуществляется в соответствии со следующими стандартами:

- MIL-PRF-19500/MIL-STD-750 для полевых приборов;
- MIL-PRF-38535/MIL-STD-883 для гибридных модулей;

- MIL-PRF-38534/MIL-STD-883 для DC/DC-преобразователей.

Приборы для военной техники проходят проверку JANTX и JANTXV, а для космической техники — JANS. Все приборы подвергаются проверке на соответствие Slach Sheet (детальной спецификации). Для приборов коммерческого назначения проверка имеет уровень QPL (Qualified Product List), а для приборов, предназначенных для коммерческого космоса, — уровень QIRL (Qualified IR Product List). Этот уровень проверки аналогичен уровню JANS.

Высокое качество и надежность продукции Hi-Rel компании IR общеизвестны, поэтому ведущие компании США и Европы используют ее при создании новых поколений ракетно-космической техники, гражданской и военной авиации, атомной промышленности, медицинской техники и систем связи и навигации.

Дискретные ключевые приборы

Компания IR производит несколько тысяч типов силовых транзисторов MOSFET и IGBT.

Транзисторы MOSFET можно разбить на три группы (см. табл. 1).

В первую группу входят стандартные мощные МОП-транзисторы, которые не нормируются на радиационную стойкость. Большую часть этой группы составляют N-канальные приборы. В транзисторах четвертого поколения этой группы для напряжений от 12 до 1000 В использовались кристаллы гексагональной формы размером 5 микрон. В транзисторах пятого, шестого и седьмого поколений для напряжений до 200 В используются кристаллы с полосковой структурой (и формой) с наибольшим размером 0,6 микрон. Транзисторы по-

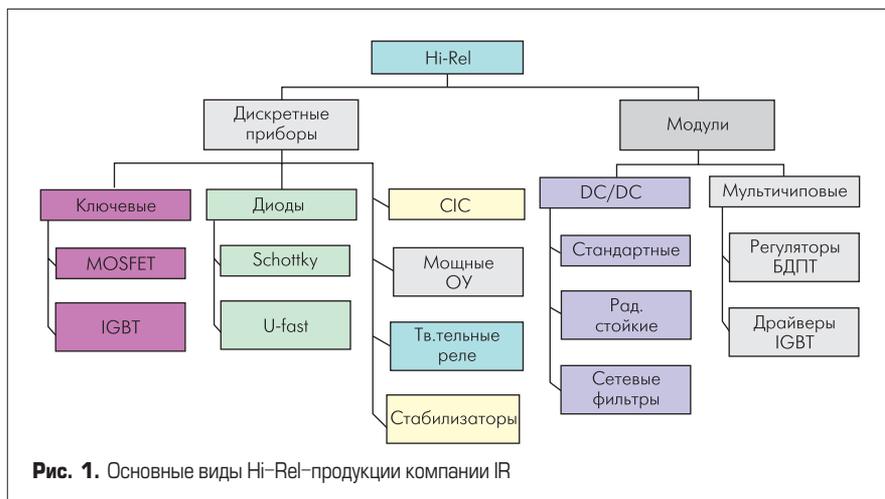


Таблица 1. Основные группы МОП-транзисторов

№	Ключевые МОП-транзисторы								
	Стандартные			TID-hard			SEE-hard		
	BVdss, В	Id, А	Rds	BVdss, В	Id, А	Rds, мОм	BVdss, В	Id, А	Rds
	N-канальные			N-канальные			N-канальные		
1	12...55	12...55	6...125 мОм	30	12...75	2,5...70	100...200	7...75	38...240 мОм
2	60...75	4,2...75	5...150 мОм	60	0,8...75	5,6...60	250	5,4...49	60...420 мОм
3	100...150	3,5...100	8...200 мОм	100	3,5...75	10...180	400	1,15...24	0,2...4,5 Ом
4	200	2,25...100	18...800 мОм	200	2...55	28...400	500	2,6...20	0,32...1,65 Ом
5	400	1,25...25	0,2...3,6 Ом	400	22	220	600	10,4	600 мОм
6	500	1,4...21	0,27...3,0 Ом	500	11	450			
7	600...1000	2...48	0,23...4,0 Ом						
	N канальный + диод Зенера								
8	100...500	4,5...35	0,2...1,6 Ом						
	P-канальные			P-канальные					
9	-20...-60	5,4...55	30...280 мОм	-60	0,53...75	15...1200			
10	-100	2,5...34	0,06...1,2 Ом	-100	6,5...52	49...1000			
11	-150...-200	1,5...11	0,29...3,0 Ом	-200	4...35,5	102...800			
Ключевые IGBT-транзисторы									
Стандартные									
	BVces, В	Ic, А	Rth						
1	600	28...35	0,83...1,67 Ом						
2	1200	20...25	1,0 Ом						

следних поколений выпускаются, как правило, в герметичном корпусе ТО-257АА и в их маркировке указан номер поколения (например, в транзисторе IRE7Y1405СМ содержится кристалл седьмого поколения). Для напряжений 12...55 В имеются транзисторы, которые могут управляться напряжениями, равными напряжениям стандартной логики. Обозначения этих транзисторов начинаются с букв IRL (для пластмассовых корпусов).

Во вторую группу входят радиационно-устойчивые транзисторы, которые выдерживают воздействие суммарной дозы облучения (TID) до 0,1 или 1 Мрад при условии, что импульс ионизирующего излучения не превысит заданную величину (обычно 37 МэВ·см²/мг). Эти транзисторы производятся по технологии Mega-Rad.

В третью группу входят радиационно-устойчивые транзисторы, которые выдерживают воздействие большого одиночного импульса ионизирующего излучения (SEE) до 82 МэВ·см²/мг при ограниченной интегральной дозе облучения (обычно 100 крад). Эти транзисторы производятся по технологии SEE-Hard, которая гарантирует сохран-

ность затвора транзистора от разрушения и кристалла транзистора от выгорания.

Ключевые МОП-транзисторы выпускаются в разнообразных корпусах, чтобы удовлетворить наибольшее число запросов разработчиков (рис. 2). Маломощные транзисторы выпускаются как отдельно, так и в виде сборок до четырех транзисторов.

Новыми являются корпуса D2, D3, SMD with leads (корпус с дополнительными выводами) и SMD on Carrier (корпус на носителе). Они обеспечивают лучший тепловой контакт с теплоотводом платы.

IGBT-транзисторы работают при более высоких напряжениях и токах. Пока они выпускаются для напряжений 600 и 1200 В при токах до 35 А. В дальнейшем будут освоены более высокие градации напряжений и токов.

Ультрабыстрые диоды и диоды Шоттки

Полупроводниковые приборы этой группы используются в ключевых устройствах силовой электроники. В настоящее время IR производит «стандартные» ультрабыстрые диоды на напряжения 50, 100, 200, 600 и 1200 В и токи от 15 до 100 А, а также диоды Шоттки на напряжения 15, 30, 45, 60, 100 и 150 В и токи от 15 до 100 А при прямом падении напряжения 0,54 В. Эта номенклатура покрывает все виды приложений, связанных с применением в первичных и оконечных каскадах импульсных источников питания и для их развязки при совместной работе. Корпуса диодов унифицируются с корпусами транзисторов.

Силовые управляющие интегральные схемы (СИС)

В номенклатуре продукции Hi-Rel группа силовых ИС управления представлена высо-

ковольтными драйверами МОП-транзисторов и драйверами IGBT-транзисторов.

Драйверы МОП-транзисторов

Интегральные драйверы выпускаются в металлокерамических корпусах MO-036AB, MO-038AB и Flatpack и корпусах для поверхностного монтажа типа LCC.

Стандартные интегральные драйверы включают драйверы ключей нижнего и верхнего уровней (IR2110E4/L4, IR2113E6/L6), драйвер трехфазного инвертора (IR2130D), автогенераторный (IR2153Z) и драйвер (IR2125Z) с функцией ограничения тока для управления одиночным ключом.

Радиационностойкие интегральные драйверы представлены высоковольтными драйверами ключей верхнего и нижнего уровней RIC7113E4/L4 с током накачки затвора до 2 А. Драйверы этой серии нормированы на устойчивость к воздействию ионизирующего излучения с допустимой интегральной дозой до 100 крад.

Драйверы мощных IGBT-модулей

IR производит одиночные оптодрайверы (OM9401SF) с током накачки затвора до 5 А в малогабаритном герметичном планарном металлокерамическом корпусе F12A, а также одиночные негерметичные драйверы в пластмассовых корпусах на керамической подложке с током накачки до 8 А для модулей на напряжения 600 В и 1200 В и токи до 150 А. Помимо более высокого тока накачки затвора драйверы этого типа обеспечивают по сравнению с интегральными и более высокое выходное напряжение (до 32 В вместо 20 В).

Мощные операционные усилители

Приборы этой группы включают 22 типоминимала и содержат как одиночные, так и сдвоенные ОУ. Рассеиваемая мощность приборов — 125 Вт, что позволяет обеспечивать выходные импульсные токи от 2 до 10 А при максимальном напряжении питания ±40 В. На инфранизких частотах при разомкнутой петле обратной связи усиление приборов составляет 100 дБ или несколько выше. На высоких частотах усиление спадает со скоростью 20 дБ на декаду и на частоте 1 МГц становится равным единице. Мощные операционные усилители выпускаются в корпусе ТО-3 и более современных герметичных многвыводных корпусах F8B, D8Z, D12, F14L. ОУ предназначены для работы в диапазоне температур от -55 до 125 °С.

Стабилизаторы напряжения

Эта группа приборов на сайте фирмы IR имеет название «регуляторы напряжения» и является самой многочисленной. Группа насчитывает 351 типоминимала стабилизаторов напряжения со стандартным, низким и ультранизким падением напряжения, не нормируемых на радиационную стойкость и радиационноустойчивых. Приборы производятся в таких же корпусах малой и повышенной мощности, что и ключевые приборы, а также в корпусах для поверхностного монтажа типа LCC.

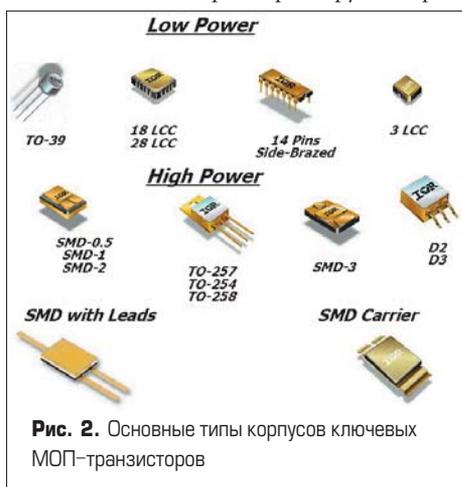


Рис. 2. Основные типы корпусов ключевых МОП-транзисторов

Таблица 2. Стабилизаторы со стандартным падением напряжения и фиксированным $U_{\text{вых}}$

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$I_{\text{вых}}$ при $U_{\text{вх}} > 0, \text{А}$			$I_{\text{вых}}$ при $U_{\text{вх}} < 0, \text{А}$		
	$U_{\text{вых}} = 5 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = 12 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = 15 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = -5 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = 12 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = 15 \text{ В}$
7,5...25	1,5			1,5		
14,5...30		1,5			1,5	
17,5...30			1,5			1,5
35	0,5; 1,5; 3,0	0,5; 1,5; 3,0	0,5; 1,5; 3,0	0,5; 1,5; 3,0	0,5; 1,5; 3,0	0,5; 1,5; 3,0

Таблица 3. Стабилизаторы со стандартным падением напряжения и регулируемым $U_{\text{вых}}$

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$U_{\text{вых}}$ при $U_{\text{вх}} > 0, \text{В}$				$U_{\text{вых}}$ при $U_{\text{вх}} < 0, \text{В}$			
	$I_{\text{вых}} = 0,5 \text{ А}$	$I_{\text{вых}} = 1,0 \text{ А}$	$I_{\text{вых}} = 1,5 \text{ А}$	$I_{\text{вых}} = 3,0 \text{ А}$	$I_{\text{вых}} = 0,5 \text{ А}$	$I_{\text{вых}} = 1,0 \text{ А}$	$I_{\text{вых}} = 1,5 \text{ А}$	$I_{\text{вых}} = 3,0 \text{ А}$
4,25...36				1,2...33				1,2...15
4,25...41,25	1,2...37	1,2...37	1,2...37			1,2...37		
4,25...51,25	1,2...47	1,2...47	1,2...47		1,2...47	1,2...47	1,2...47	
4,25...61,25	1,2...57	1,2...57	1,2...57		1,2...57	1,2...57	1,2...57	

Таблица 4. Стабилизаторы с низким падением напряжения и фиксированным $U_{\text{вых}}$

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$I_{\text{вых}}$ при $U_{\text{вх}} > 0, \text{А}$				$I_{\text{вых}}$ при $U_{\text{вх}} < 0, \text{А}$			
	$U_{\text{вых}} = 3,3 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = 5 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = 12 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = 15 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = -5 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = -5,2 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = -12 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = -15 \text{ В}$
0,3...26					0,3; 1,2; 1,5	0,3; 1,2; 1,5	0,3; 1,2; 1,5	0,3; 1,2; 1,5
4,75...20	0,75; 1,3; 1,5; 2,6							
8...20		0,5; 1,0; 1,5; 2,3; 7,5						
14,75...25			1,3; 1,5; 5; 7,5					
14,75...26			0,5; 1,0;					
17,55...25				0,5; 1,0; 1,5; 3; 7,5				

Таблица 7. Стабилизаторы со стандартным падением напряжения и двумя выходами

$U_{\text{вх}}$	$I_{\text{вых1}}, \text{А}$ при $U_{\text{вых1}}, \text{В}$									
	± 5	± 12	± 15	5 и -12	5 и -15	12 и -5	12 и -15	15 и -5	15 и -12	
-25...25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
-30...30	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	

Таблица 8. Радиационноустойчивые стабилизаторы со стандартным падением напряжения и фиксированным $U_{\text{вых}}$

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$I_{\text{вых1}}, \text{А}$ при $U_{\text{вх}} > 0$				$I_{\text{вых1}}, \text{А}$ при $U_{\text{вх}} < 0$		
	$U_{\text{вых}} = 3,3 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = 5 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = 12 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = 15 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = -5 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = -12 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = -15 \text{ В}$
35 В	1,5; 3	0,5; 1; 3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Таблица 9. Радиационноустойчивые стабилизаторы со стандартным падением напряжения и регулируемым $U_{\text{вых}}$

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$I_{\text{вых1}}, \text{А}$ при $U_{\text{вх}}$			
	$U_{\text{вых}} = 1,2...33 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = 1,2...57 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = 3,3...15 \text{ В}$	$U_{\text{вых}} = -3...-15 \text{ В}$
4,25...37,25		3		
4,25...61,25	1,5			
30			1,5; 3; 5; 7,5	
-35				3

Не нормируемые на радиационную стойкость приборы подразделяются на подгруппы со стандартным падением напряжения (около 1 В), с низким падением напряжения (0,5...1 В) и ультранизким падением напряжения (0,3...0,6 В). Все приборы имеют защиту от перегрева, короткого замыкания (с ограничением тока) и обеспечивают стабилизацию выходного напряжения с погрешностью 0,2...1%.

Стабилизаторы со стандартным падением напряжения могут иметь один или два выхода. Стабилизаторы с одним выходом выпускаются с фиксированным напряжением обе-

их полярностей с выходными напряжениями 5, 12, 15 В (табл. 2) или с подстройкой выходного напряжения в диапазоне от 1,2 до 47 В на выходные токи от 0,5 до 3 А (табл. 3).

Приборы с двумя выходами выпускаются только с фиксированными выходными напряжениями 5, 12 и 15 В и различными сочетаниями уровней и полярностей (табл. 7).

Стабилизаторы с низким падением напряжения производятся на выходные токи 0,5...7,5 А для фиксированных положительных выходных напряжений 3,3...15 В и отрицательных напряжений -5...-15 В (табл. 4) на токи 0,3...1,5 А или положительных вы-

Таблица 5. Стабилизаторы с низким падением напряжения и регулируемым $U_{\text{вых}}$

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$I_{\text{вых1}}, \text{А}$ при $U_{\text{вх}} = 2,5...3,6 \text{ В}$	$I_{\text{вых1}}, \text{А}$ при $U_{\text{вх}} = 3,3...15 \text{ В}$
	3,9...7	3; 4,5; 7
5...25		1,5; 3; 5; 7,5

Таблица 6. Стабилизаторы со сверхнизким падением напряжения и регулируемым $U_{\text{вых}}$

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$I_{\text{вых1}}, \text{А}$ при $U_{\text{вх}} = 1,5...5,5 \text{ В}$	$I_{\text{вых1}}, \text{А}$ при $U_{\text{вх}} = 1,2...19,5 \text{ В}$
	6...13	7; 10
2,3...20		3

Таблица 10. Радиационностойкие стабилизаторы с низким падением напряжения и фиксированным $U_{\text{вых}}$

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$I_{\text{вых1}}, \text{А}$ при $U_{\text{вх1}}, \text{В}$		
	$U_{\text{вх1}} = 1,8 \text{ В}$	$U_{\text{вх1}} = 2,5 \text{ В}$	$U_{\text{вх1}} = 3,3 \text{ В}$
2,9...6,5	3	3	
4,5...6,5		3	3

Таблица 11. Радиационностойкие стабилизаторы с низким падением напряжения и регулируемым $U_{\text{вых}}$

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$I_{\text{вых1}}, \text{А}$ при $U_{\text{вх1}}, \text{В}$	
	$U_{\text{вх1}} = 1,2...3,2 \text{ В}$	$U_{\text{вх1}} = 4,1...5,1 \text{ В}$
2,9...3,6	3	
4,5...5,5		3

ходных подстраиваемых в двух диапазонах напряжений 2,5...3,6 В (токи 3; 4,5; 7 А) и 3,3...15 В (токи 1,5; 3; 5; 7,5 А) (табл. 5).

Стабилизаторы со сверхнизким падением напряжения выпускаются на токи 3...10 А только с подстраиваемым выходным напряжением в диапазоне 1,2...20 В (табл. 6).

Приборы, нормируемые на радиационную стойкость, подразделяются на подгруппы радиационноустойчивых приборов со стандартным падением напряжения и радиационноустойчивых с низким падением напряжения.

Приборы первой подгруппы могут иметь фиксированные напряжения (+3,3 или ± 5 , 12, 15 В) при выходном токе 0,5...3 А (табл. 8) или подстраиваемые в широких пределах напряжения при выходных токах до 7,5 А (табл. 9). Радиационноустойчивые приборы этой подгруппы нормируются на устойчивость к ионизирующему излучению с интегральными дозами 30, 50 и 300 крэд.

Приборы второй группы были специально разработаны для питания от шины с напряжением 5...6 В. Стабилизаторы этой подгруппы обеспечивают фиксированное выходное напряжение со стандартными уровнями 1,8; 2,5 или 3,3 В (табл. 10) либо подстройку выходного напряжения в диапазоне 1,2...5 В при типовом падении напряжения 0,4 В и выходном токе 3 А (табл. 11). Это позволяет заменять более крупные POL-конвертеры при питании современных микропроцессоров и периферии. Диапазон допустимых интегральных доз составляет от 200 крэд до 1 Мрад.

Мультичиповые силовые модули

Компания IR производит разнообразные силовые модули (стандартные и радиационноустойчивые), а также функционально законченные устройства (например, регуляторы для БДПТ). Силовые модули производятся в металлостеклянных и герметичных пластмассовых и керамических корпусах (рис. 3).

Большая часть модулей компания производит в виде заказных изделий. Металлостеклянные корпуса M-12, MO-78, F-12, F-14, PB-3A применяются при изготовлении радиационноустойчивых модулей на базе кристаллов МОП-транзисторов с уровнем радиационной стойкости 100 крад. Одиночные ключи, полумосты или мосты с сопротивлением канала от 11 мОм производятся на напряжения от 50 до 400 В и на токи 15...45 А. Все эти модули применяются, как правило, в силовых каскадах бортового привода для коллекторных и бесколлекторных трехфазных двигателей постоянного тока (БДПТ).



Рис. 3. Корпуса герметичных силовых модулей

Для привода более мощных асинхронных двигателей и БДПТ с питанием от шин постоянного тока с напряжениями 330...550 В готовится производство модулей в герметичном корпусе Hi-Rel Pack и менее дорогом квазигерметичном корпусе Power Pack. В новых модулях будут использоваться кристаллы ультрабыстрых IGBT 4-го поколения. Рабочий диапазон частот ШИМ до 40 кГц позволит применять эти модули не только в приводе, но и в мощных импульсных источниках питания. Корпуса Hi-Rel Pack выдерживают токи до 300 А. Предполагаемая номенклатура модулей нового поколения в этом типе корпуса будет состоять из одиночных ключей Co-Pack и полумостовых модулей на токи до 300 А при напряжении 600 В и 200 А при напряжении 1200 В. Более легкий и низкопрофильный квазигерметичный Power Pack нормирован на токи до 600 А. В корпусе этого типа предполагается выпускать одиночные ключи и полумосты на токи 450 А и 150 А для напряжений 600 В и 1200 В соответственно.

Приборами с более высокой степенью интеграции являются интеллектуальные силовые модули-регуляторы для БДПТ в герметичных, промышленных корпусах и бескорпусном исполнении (рис. 4).

Они содержат силовой трехфазный инвертор, драйверы затворов МОП-транзисторов, интерфейсы для связи с управляющим кон-



Рис. 4. Регуляторы бесколлекторных двигателей постоянного тока

троллером, узлы защиты от перегрева, перегрузки по току и т. д.

Бескорпусные реверсивные регуляторы скорости вращения БДПТ серии OM507 выпускаются в виде печатной платы диаметром 64 мм, размещаемой на щитке двигателя. Приборы этой серии предназначены для работы от бортовой сети 28 В постоянного тока и обеспечивают выходной ток до 5 А.

Приборы серии OM506 в малогабаритном промышленном корпусе MP-3T дополнительно содержат контроллер скорости вращения бесколлекторных двигателей MC33035, что обеспечивает простую реализацию тахометрического привода с управлением аналоговым сигналом напряжением до 5 В. Приборы этой серии обеспечивают ток в двигателе до 10 А при работе в сети 28 В постоянного тока и предназначены для работы в диапазоне температур от -25 до 85 °С.

Наиболее универсальны в применении приборы серии OM9300. Они выпускаются

в промышленном корпусе MP-43L (температурный диапазон от -25 до 85 °С) и в герметичном F-43 (температурный диапазон от -55 до 125 °С) и способны работать во всех современных сетях бортового питания (шины 28, 48, 74, 270 или 330 В постоянного тока). Все модули нормированы на выходной ток до 25 А. В модулях с напряжением питания до 74 В используются кристаллы полевых транзисторов, в остальных — кристаллы IGBT-транзисторов.

Гибридные DC/DC-преобразователи

В настоящее время серийно производится около 200 типов DC/DC-преобразователей и сетевых фильтров в различных корпусах (рис. 5). Для повышения функциональной надежности они имеют встроенную защиту от перегрузки по току, перенапряжения, низкого напряжения сети и функцию мягкого пуска. Для повышения надежности приборов в условиях радиационного воздействия в каскадах преобразователей применяется электромагнитная обратная связь. Основной диапазон рабочих частот преобразования составля-



Рис. 5. Примеры корпусов DC/DC-преобразователей

Таблица 12. DC/DC-преобразователи с одним выходом

Серия	U _{вых} В DC	P _{вых} Вт	I _{вых} А при U _{вых} В											
			1,5	2,5	3,3	5	5,2	6	8	9	12	15	28	
ASA28xxS	16...40	5				1,0						0,417	0,333	
AMA28xxS	16...40	3,96...5			1,2	1,0						0,416	0,333	
S28xxS	18...40	10			3,03	2,0						0,833	0,67	
AMF28xxS	16...40	10...12			3,0	2,4						1,0	0,8	
AHV28xxS	16...40	15			3,0							1,25	1,0	
AHE28xxS	17...40	15...20			3,0							1,667	1,333	
M3L28xxS	18...50	20...25			6,06	5	4,8					2,08	1,67	
M3L50xxS	30...70	25										2,08		
AMR28xxS	18...40	25...30			7,5	6,0						2,5	2,0	
ATR28xxS	16...40	30				6,0						2,5	2,0	
ATW28xxS	19...40	30				6,0						2,5	2,0	
ARH28xxS	16...40	30			9,0	6,0								
ARH50xxS	30...70	30			9,0	6,0	5,7						2,0	
ARH70xxS	60...100	30			9,0	6,0	5,7							
M3H28xxS	18...40	30...40			9,1	8,0	7,69					3,34	2,67	
M3G28xxS	18...50	30...40			9,1	8,0	7,69					3,34	2,67	
M3G50xxS	38...60	30...40			9,1	8,0						3,34	2,67	
M3G70xxS	60...100	30...40			9,1	8,0						3,34	2,67	
Z28xxS	18...40	30...50	20,0	20,0	15,0									
AFL28xxS	16...40	66...120			20,0	16,0				10,0		9,0	8,0	4,0
AFL50xxS	30...70 (80)	66...120			20,0	16,0				10,0	10,0	9,0	8,0	4,0
AFL120xxS	80...160	66...120			20,0	16,0				10,0		9,0	8,0	4,0
AFL270xxS	160...400	66...120			20,0	16,0			13,5	10,0		9,0	8,0	4,0

Примечание:

зеленым цветом помечены радиационноустойчивые устройства, а красным — радиационностойкие.

Таблица 13. DC/DC-преобразователи с двумя и тремя выходами

Серия	U _{вх} В DC	P _{вых} Вт	I _{вых} А при U _{вых} В						
			±5	±12	±12	5 и ±5	5 и ±12	5 и ±15	
ASA28xxD	16...40	5		±0,208	±0,167				
AMA28xxD	16...40	5	±0,5	±0,208	±0,167				
S28xxD	18...40	10	±1,6	±0,66	±0,54				
AMF28xxD	16...40	12	±1,2	±0,5	±0,4				
AHE28xxD	17...40	15		±0,625	±0,5				
AHV28xxD(T)	16...40	15		±0,625	±0,5		2,0 и ±0,208	2,0 и ±0,167	
ATO28xxT	16...40	15					2,0 и ±0,208	2,0 и ±0,167	
M3L28xxD	18...25	25	±4,0	±1,67	±1,33				
ATR28xxD(T)	16...40	30		±1,25	±1,0	±1,6	3,0 и ±0,625	3,0 и ±0,5	
ATW28xxD	18...40	30		±1,25	±1,0				
AMR28xxD(T)	16...40	30	±3,0	±1,25	±1,0				
ARM28xxT	16...40	30					3,0 и ±0,625	3,0 и ±0,5	
ART28xxT	16...40	30					3,0 и ±0,625	3,0 и ±0,5	
M3H28xxD(T)	18...50	40	±6,4	±2,67	±2,14	4 и ±2,0	4,0 и ±0,833	4,0 и ±0,667	
M3G28xxD(T)	18...50	40		±2,67	±2,14	4 и ±2,0	4,0 и ±0,833	4,0 и ±0,667	
M3G50xxD(T)	38...60	40	±6,4	±2,67	±2,14	4 и ±2,0	4,0 и ±0,833	4,0 и ±0,667	
M3G70xxD(T)	60...100	40	±6,4	±2,67	±2,14	4 и ±2,0	4,0 и ±0,833	4,0 и ±0,667	
AFL28xxD	16...40	80...100	±8,0	±4,5	±3,3				
AFL50xxD	30...70(80)	80...100	±8,0	±4,5	±3,3				
AFL120xxD	80...160	80...100	±8,0	±4,5	±3,3				
AFL270xxD	160...400	80...100	±8,0	±4,5	±3,3				

Примечание:

зеленым цветом помечены радиационноустойчивые устройства, а красным — радиационнотстойкие.

ет 500...700 кГц, что обеспечивает минимальные габариты изделий, высокие динамические характеристики и упрощает конструкцию фильтров. Во многих типоминналах преимущество по выходной мощности составляет до 30% по сравнению с аналогами других фирм при равноценных объемах корпуса. Средняя наработка на отказ составляет более миллиона часов. Приборы этой группы совместимы со всеми современными бортовыми сетями. Они обеспечивают простую синхронизацию работы и объединение в группы для наращивания выходной мощности.

Основные характеристики DC/DC-преобразователей приведены в таблицах 12 и 13.

Все семейство DC/DC-преобразователей можно разделить на три группы: стандартные, радиационноустойчивые и радиационнотстойкие.

Группа стандартных DC/DC-преобразователей состоит из подгрупп приборов малой, средней и повышенной мощности.

Приборы малой мощности представлены сериями конверторов ASA с выходной мощностью 5 Вт. Конверторы этой серии выпускаются с одним или двумя выходами. Диапазон входных напряжений 16...40 В, выходные напряжения 5, 12 или 15 В для одного выхода и ±5, ±12 или ±15 В для двух выходов. Приборы серии ASA имеют защиту от короткого замыкания и перегрузки по току. Благодаря достаточно высокой частоте преобразования (550 кГц) и простой схемотехнике габариты низкопрофильного DIP-корпуса составляют всего 27×27×7 мм, а масса — менее 20 г.

Приборы средней мощности представлены преобразователями с выходной мощностью 8...12 Вт (серия AMF), 15 Вт (серии AHV, ATO) и 30 Вт (серии ATR, ATW). Преобразователи с одним и двумя выходами имеют такие же выходные напряжения, как и прибо-

ры серии ASA, а для трех выходов используются комбинации 5 и ±5 В, 5 и ±12 В или 5 и ±15 В. Они предназначены для работы в сети с номинальным напряжением 28 В постоянного тока. Частота преобразования 550 кГц. В зависимости от выходной мощности масса приборов составляет от 35 до 75 г, а объем корпуса — от 7 до 29 см³. Средний уровень КПД у этих приборов составляет около 80%.

Приборы повышенной мощности являются наиболее сложными и относятся к третьему поколению DC/DC-преобразователей. Они представлены приборами серии AFL. Преобразователи этой серии при выходной мощности 120 Вт имеют плотность энергии 84 Вт/дюйм³ (габариты корпуса 76×39×9 мм, масса 95 г). Это более чем на 20% выше, нежели у конкурирующих приборов. Конверторы серии AFL способны работать со всеми типами бортовых сетей (номинальные напряжения 28, 50, 120 и 270 В постоянного тока), имеют до 2 выходов с напряжениями 3,3; 5; 6; 9; 12; 15 и 28 В в обеих полярностях и обеспечивают преобразование любого из напряжений сети в любое выходное с КПД до 87% (включая преобразование из 270 в 3,3 В). Высокие динамические свойства и выходная мощность конверторов этой серии позволяют использовать их для питания всех современных типов цифровых устройств. В конверторах предусмотрена и возможность синхронизации для параллельной работы нескольких приборов на общую нагрузку. Четыре варианта расположения выводов позволяют разработчикам оптимально размещать преобразователь и нагрузку.

Группа радиационноустойчивых DC/DC-преобразователей представлена сериями приборов малой и средней мощности. Основной областью приложения этих приборов является бортовая аппаратура спутников нового

поколения, работающих на низких орбитах, а также ракетная техника. Типовой уровень допустимой интегральной дозы составляет 25...30 крад при ограничении на импульс излучения 37...60 МэВ·см²/мг. Конверторы серий AMA (5 Вт), AMF (12 Вт) и AMR (30 Вт) предназначены для работы с бортовой сетью 28 В постоянного тока. Они имеют до 3 выходов с напряжениями от 3,3 до 15 В. Специально для применения в новых коммерческих спутниках сетями 50 и 70 В постоянного тока разработаны серии конверторов M3L (мощность 25 Вт, масса 75 г) и M3H (40 Вт, 125 г).

Группа радиационнотстойких DC/DC-преобразователей имеет выходную мощность — от 10 до 50 Вт. Основной областью применения этих приборов является космическая, военная техника и атомная промышленность. Минимальный уровень допустимой интегральной дозы составляет 100 крад при импульсе излучения не более 83 МэВ·см²/мг. Маломощные конверторы серии S (10 Вт) предназначены для коммерческих приложений с жесткими ограничениями на массу и объем (малоразмерные спутники). Приборы имеют массу около 50 г, малые габариты и один или два выхода с номинальными выходными напряжениями от 3,3 до 15 В в обеих полярностях.

Серия преобразователей Z с выходной мощностью 50 Вт была специально разработана для приложений, связанных с питанием процессоров в аппаратуре коммерческих спутников с напряжением сети 28 В постоянного тока. Преобразователи имеют единственный выход с номинальными выходными напряжениями 1,5; 2,5 или 3,3 В при выходном токе 20 А. В схеме конверторов предусмотрена возможность высокоточной подстройки выходного напряжения.

Преобразователи серий ART и ARM (мощность 30 Вт) обладают наиболее высокой устойчивостью к радиационному воздействию. Допустимая интегральная доза для первой серии составляет 200 крад, а для второй — до 1 Мрад.

В данное семейство включена группа сетевых фильтров — вспомогательных устройств, которые выполняют важную функцию подавления помех.

Группа сетевых фильтров представлена 8 сериями приборов и предназначена для совместной работы со всеми типами выпускаемых компанией преобразователей за исключением тех, которые имеют встроенные фильтры (серии M3x, Z). Сетевые фильтры представляют собой фильтры нижних частот, рабочая полоса которых находится в пределах от нуля до нескольких сотен килогерц. Средний уровень подавления помех составляет 40 дБ на частоте 100 кГц, а на более высоких частотах он выше. От сигнальных фильтров они отличаются тем, что катушки индуктивности должны быть рассчитаны на прохождение больших постоянных токов. Фильтры производятся на диапазон входных напряжений от 40 до 100 В (токи от 0,42 до 15 А).

Информацию о продукции компании International Rectifier можно найти на сайте www.irf.com, www.otkcm.ru.