

DC/DC-преобразователи компании International Rectifier для ответственных применений

Александр Седунов (Ленинградская обл.)

В контексте истории развития DC/DC-преобразователей компании International Rectifier приводятся сравнительные характеристики моделей специального применения.

ВВЕДЕНИЕ

Компания International Rectifier имеет богатую историю достижений полувековую историю, обладает множеством запатентованных технологий в области производства мощных полупроводников и электронных модулей и является одним из лидеров индустрии производства изделий для силовой электроники. Более подробную информацию о компании можно получить в [1].

Важной частью номенклатуры изделий компании являются DC/DC-преобразователи для ответственных при-

менений, наиболее востребованные в таких отраслях, как авиастроение, добывающая промышленность, железнодорожный транспорт, медицинское приборостроение, судостроение и др.

В номенклатуре таких изделий компании International Rectifier имеются одно-, двух- и трёхканальные преобразователи мощностью от 5 до 120 Вт (см. таблицу 1) с номинальным входным напряжением 28 В (согласно стандарту MIL-STD-704E). Преобразователи серий ASA и ANV выдерживают скачки напряжения до 80 В/0,1 с (со-

гласно стандарту MIL-STD-704A). В серии AFL представлены преобразователи с входным напряжением 28, 50, 120 и 270 В с возможностью параллельного включения для увеличения общей мощности. Серии ATS и ANP270 выпущены относительно недавно; преобразователи ATS оснащены входными фильтрами согласно стандарту MIL-STD-461 (CE03), а преобразователи ANP270 являются аналогами серии AFL270, но имеют более высокую плотность мощности и повышенный КПД.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ INTERNATIONAL RECTIFIER

Выбор схемотехнических решений при построении преобразователей специального применения для обеспе-

Таблица 1. DC/DC-преобразователи компании International Rectifier для ответственных применений

Выходная мощность, Вт	Серии преобразователей				
	одноканальные		двухканальные		трёхканальные
5	ASA		ASA		
8					ANF
12	ANF		ANF		
15	ANV		ANV		ANV
15	AHE		AHE		ATO
20	AHE				
25	ATS*		ATS*		
30	ATR	ATW	ATR	ATW	ATR
66	AFL	ANP			
80	AFL	ANP	AFL	ANP	
90	AFL	ANP			
96			AFL	ANP	
100			AFL	ANP	
108	AFL	ANP			
112	AFL	ANP			
120	AFL	ANP			

Жирным выделены новые изделия.

* Приборы оснащены встроенным входным фильтром согласно стандарту MIL-STD-461.

Таблица 2. Сравнительные характеристики DC/DC-преобразователей первого поколения

Серия	Топология преобразования/частота, кГц	Номинальное входное напряжение (допустимый диапазон), В	Количество выходов	Выходная мощность, Вт	Выходные напряжения, В	Эффективность преобразования (КПД), %	Особенности	
ANV	Двухтактный каскад/500	28 (16...40)	Один	15	5, 12, 15	72	Соответствует MIL-STD704A, 80В (0,1 с)	
			Два	15	±12, ±15	72	Регулируемый выход	
			Три	15	5/±12, 5/±15	72	Дополнительный линейный регулятор	
AHE	Двухтактный каскад/250	28 (17...40)	Один	15	5	80	Высокий КПД	
			Один	20	12, 15	83	Вход/выход для синхронизации	
			Три	15	±5, ±12, ±15	83	Регулируемый выход (5 В)	
ATO	Двухтактный каскад/250	28 (16...40)	Три	15	5/±12	76	Дополнительный линейный регулятор	
					5/±15	76		
ATW	Двухтактный каскад/270	28 (16...40)	Один	30	5	78	Высокая плотность мощности (23 Вт/дюйм ³)	
			Один	30	12, 15	80		Возможность управления
			Два	30	±5, ±12, ±15	80		Вход/выход для синхронизации
			Два	30	±24, ±40	82		Наибольшее выходное напряжение для данного поколения

Таблица 3. Сравнительные характеристики DC/DC-преобразователей второго и третьего поколений

Поколение	Серия	Топология преобразователя/ рабочая частота, кГц	Входное напряжение, В	Количество выходов	Выходная мощность, Вт	Выходные напряжения, В	Эффективность преобразования, %	Особенности
Второе (1992–1994)	ASA	Обратноходовый, 550	28 (16...40)	Один	5	5, 12, 15	66, 71	Посадочное место малой площади
				Два	5	±5, ±12, ±15	66, 68	Соответствует MIL-STD704A (80 В/0,1 с)
	АНF	Прямоходовый, 550	28 (16...40)	Один	12	5	75, 77	Посадочное место малой площади
				Два	12	12, 15	75, 77	
				Три	8	5/±15	68	
	АТR	Прямоходовый, 550	28 (16...40)	Один	30	5, 12, 15	72, 75	Возможность управления
				Два	30	±12, ±15	82	Возможность внешней синхронизации
				Три	30	5/±12, 5/±15	75	Дополнительный линейный регулятор
	Третье (1994–1996)	АFL	Прямоходовый, 550	28, 50, 120, 270	Один	От 60 до 120	3,3; 5; 6; 8; 9; 12; 15; 24; 28	72...83
Возможно параллельное включение								
Два					От 80 до 100	±5	78	Блокировка при напряжении ниже допустимого уровня

Таблица 4. Особенности DC/DC-преобразователей третьего поколения

Серия	Встроенный фильтр	Соответствие стандарту MIL-STD-704A	Выход для регулировки напряжения	Синхронизация	Регулируемый выход	Включение/выключение	Выходное напряжение менее 3,3 В	Дополнительный линейный регулятор	Возможность параллельного включения	Исполнение SMD
ASA		+				+				+
АНF						+				+
АНV		+			+	+		+		+
АТО						+				+
АНЕ				+	+	+				+
АТW			+	+		+				+
АТR			+	+	+	+		+		+
АFL			+	+	+	+	+		+	+
АНP			+	+	+	+			+	+
АТS	+				+	+				

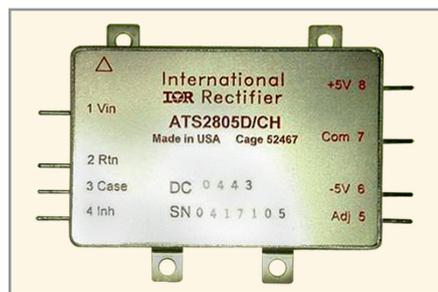


Рис. 1. DC/DC-преобразователь ATS2805D/CH в корпусе 71 × 51 × 11 мм



Рис. 2. DC/DC-преобразователь HM280515T/ES в корпусе 71 × 51 × 11 мм

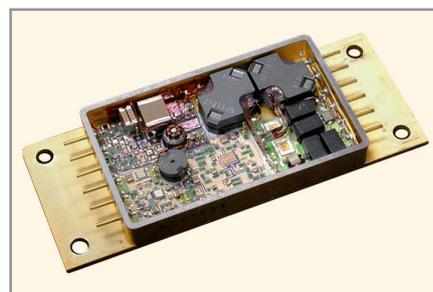


Рис. 3. Преобразователь серии НТА в корпусе 102 × 38 × 11 мм со снятой верхней крышкой

чения наивысших параметров КПД, надёжности и высокой плотности мощности является сложной задачей, с примером решения которой инженерами International Rectifier можно ознакомиться в [2]. Далее будут кратко описаны преобразователи нескольких поколений и их основные характеристики.

Преобразователи первого поколения, разработанные с 1989 по 1992 гг., строились на базе двухтактного каскада с рабочей частотой 250...500 кГц. Сравнительные характеристики преобразователей приведены в таблице 2. Преобразователи серии АНЕ имеют наибольший КПД, АТО – дополнительный линейный стабилизатор, АНВ – содержат линейный стабилизатор, за-

меняют АНЕ и АТО, когда требуется соответствие стандарту MIL-STD-704A; АТW имеют наибольшие выходные напряжения для приборов данного поколения.

Преобразователи второго поколения были разработаны в 1992–1994 гг. и выполнены по прямоходовой и обратногоходовой схемам (см. таблицу 3). Преобразователи серии АТR имеют регулируемый выход, АНF отличаются малой площадью посадочного места, АSА соответствуют стандарту MIL-STD704A по уровню входного напряжения.

Серия АFЛ относится к третьему поколению преобразователей (1994–1996 гг.), которые имеют самые лучшие показате-

тели плотности мощности и обеспечивают возможность параллельного включения для увеличения общей выходной мощности.

Сравнивая различные серии преобразователей, можно выделить следующие особенности:

- преобразователи серий АFЛ/АНP обладают наибольшим набором преимуществ, в настоящее время преобразователи АFЛ являются лидерами рынка;
- в серии АFЛ доступны преобразователи с выходным напряжением менее 3,3 В;
- преобразователи серий АSА/АНV выдерживает скачки напряжения до 80 В/0,1 с по регламенту MIL-STD-704A;
- все рассматриваемые в данном обзоре преобразователи могут удовлетворять нормам по электромагнитным излучениям стандарта MIL-STD-461 с применением соответствующих фильтров.

Преобразователи новой серии АТS/НМ (см. рис. 1 и 2) содержат встроенный фильтр, обеспечивают широкий диапазон входных напряжений (18...50 В) и имеют более привлекательную стоимость по сравнению с сериями АНF, АНV, АТW, АТО, АТR и АНЕ. Широкая номенклатура преобразователей серии АТS позволяет выбрать прибор для почти любого ответственного применения.

Для многих серий преобразователей по запросу доступны принципиальные электрические схемы, что важно для применения в военной технике, компонентная база для которой тщательно проверяется. Для удобства сравнения основные характеристики преобразователей сведены в таблицу 4.

Таблица 5. Помехоподавляющие фильтры для DC/DC-преобразователей

Серия преобразователей	Наименование фильтра	Максимальное входное напряжение, В	Максимальный входной ток, А	Соответствие СЕО3	Соответствие СS06
АSА	АSФ461	50	0,42	+	
АFЛ	АFС461	40	4	+	
АFЛ	АFV461	40	4	+	
АFЛ	АFМ704А	80	4	+	+
АFЛ28/АНP28	АМЕ28-461	40	15	+	
АFЛ50	АМЕ50-461	100	7	+	
АFЛ120, АFЛ270	АМЕ270-461	400	1,5	+	
АНP270	АМЕ270-461	400	1,5	+	
АТS	Встроенный			+	

Таблица 6. Характеристики DC/DC-преобразователя серии НТА с выходом 5 В

Параметр при различных температурах (°С)	Номинальные значения	Значения для наихудшего случая		
		при -35°С	при +25°С	при +185°С
Номинальное выходное напряжение, В	-35	4,85...5,15	5,017	
	25	4,95...5,05		5,018
	185	4,85...5,15		5,067
Входной ток без нагрузки, мА	-35	20	7,325	
	25	20		6,965
	185	30		22,995
Точность регулирования (под нагрузкой), мВ	-35...185	50 (1%)	4,34	6,05
Точность регулирования, мВ	-35...185	50 (1%)	5,33	6,01
Кoeffициент пульсаций напряжения, мВ/В	-35	50	11,73	
	25	50		9,67
	185	25		7,57
Эффективность преобразования, %	-35	73	76,0	
	25	75		77,4
	185	70		71,5
Частота преобразования, кГц	-35...185	500...600	543,34	542,09

Помехоподавляющие фильтры

Только преобразователи серии АТS имеют встроенный фильтр для соответствия с требованиями MIL-STD-

461(CE03) по электромагнитным излучениям; для всех остальных преобразователей при необходимости соответствовать этому стандарту применяются внешние помехоподавляющие фильтры (см. таблицу 5).

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ НТА

Следует выделить серию преобразователей НТА (см. рис. 3), предназначенных для эксплуатации в условиях повышенных температур, для таких применений, как оборудование нефтяных платформ, приборы для геологических исследований, аэрокосмическое оборудование и др.

Основные характеристики преобразователей серии НТА (см. таблицу 6):

- возможность эксплуатации при температурах корпуса от -35 до 185°C ;
- широкий диапазон входных напряжений $150\text{...}250\text{ В}$;
- мощность до 20 Вт в моделях с одним и двумя выходами ($3,3, 5, 12, 15, \pm 5, \pm 12$ и $\pm 15\text{ В}$);
- КПД до 76% ;
- блокировка при входном напряжении ниже допустимого уровня;
- защита от перегрузки и короткого замыкания;
- встроенный помехоподавляющий фильтр;
- гальваническая развязка $100\text{ МОм}/500\text{ В}$;
- вывод для включения/выключения;
- возможность синхронизации при параллельном включении;
- вывод для точной подстройки напряжения и компенсации падения напряжения на выходных проводниках;
- малый вес, $\sim 70\text{ г}$;
- малогабаритный корпус $102 \times 38 \times 11\text{ мм}$;
- высокопрочная гибридная конструкция, устойчивая к значительным ударным и вибрационным воздействиям.

КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

Рассматриваемые в данном обзоре DC/DC-преобразователи изготавливаются по гибридной технологии (см. рис. 3), наиболее часто используемой для высокочастотных и аэрокосмических изделий. Корпус запаивается и сохраняет герметичность на протяжении всего срока службы прибора в широком диапазоне температур, в том числе за счёт использования компонентов с малым коэффициентом

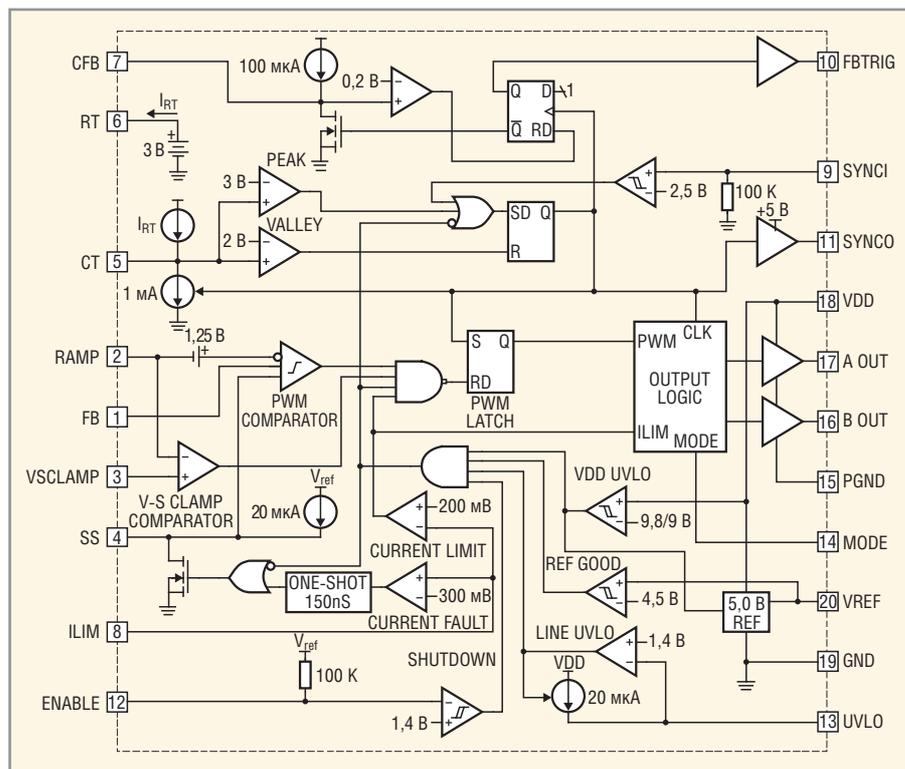


Рис. 4. Структурная схема ИС ШИМ-контроллера IR1105

температурного расширения. Проводящие дорожки и часть резисторов размещаются непосредственно на керамическом основании, что обеспечивает компактность и малый вес. Габаритные элементы, такие как трансформаторы, дроссели и конденсаторы, дополнительно закрепляются внутри корпуса эпоксидными смолами или силиконовыми герметиками с высокой теплопроводностью, что обеспечивает устойчивость к ударным и вибрационным воздействиям и отвод тепла на корпус. Преимущества и особенности гибридной технологии более подробно описаны в [3].

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ИС ШИМ-КОНТРОЛЛЕРА IR1105

Обладая широкой номенклатурой DC/DC-преобразователей в виде готовых изделий (см. www.irf.com), компания International Rectifier также предлагает элементную базу для построения преобразователей. Так, для изолированных DC/DC-преобразователей специального применения разработана ИС ШИМ-контроллера IR1105 (см. рис. 4), используемая в новейших сериях преобразователей высокой надёжности (ARA, GHN, D-серия и др.).

Преобразователи одной из последних серий ACH, выполненные на основе контроллера IR1105, имеют диапазон входных напряжений $15\text{...}50\text{ В}$, температуру эксплуатации $-50\text{...}125^{\circ}\text{C}$, мощ-

ность 3 Вт при габаритах $25 \times 20 \times 7\text{ мм}$ и относительно низкую стоимость. Такой большой плотности мощности удалось добиться благодаря высокой степени интеграции контроллера IR1105 и малому числу дополнительных компонентов.

Основные преимущества ИС IR1105:

- режим контроля по току или напряжению;
- прямая обратная связь по напряжению для расширенного регулирования;
- высокая точность регулирования;
- встроенный драйвер с током до 1 А ;
- малый ток потребления;
- импульсное регулирование тока;
- блокировка при работе с пониженным напряжением, с программируемым гистерезисом;
- встроенный генератор с регулируемым «мёртвым» временем.

Более подробная информация об ИС контроллера доступна по запросу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Келл Г. International Rectifier: портрет компании. Новости электроники. 2007. № 7. С. 4–6
2. Высокоэффективный DC/DC-преобразователь для твердотельного усилителя мощности. Вестник электроники. 2009. № 2. С. 18–33.
3. Толстоплённые гибридные DC/DC-преобразователи для спутниковых систем электропитания. Вестник электроники. 2009. № 1. С. 28–33.

