

# 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 AHV 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 AHP270 выпущены относительно недавно; преобразователи ATS оснащены входными фильтрами согласно стандарту MIL-STD-461 (CE03), а преобразователи AHP270 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					AHF
12	AHF		AHF		
15	AHV		AHV		AHV
15	AHE		AHE		ATO
20	AHE				
25	<b>ATS*</b>		<b>ATS*</b>		
30	ATR	ATW	ATR	ATW	ATR
66	AFL	<b>AHP</b>			
80	AFL	<b>AHP</b>	AFL	<b>AHP</b>	
90	AFL	<b>AHP</b>			
96			AFL	<b>AHP</b>	
100			AFL	<b>AHP</b>	
108	AFL	AHP			
112	AFL	AHP			
120	AFL	AHP			

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	
AHV	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 <sup>3</sup> )	
			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	+				+	+				

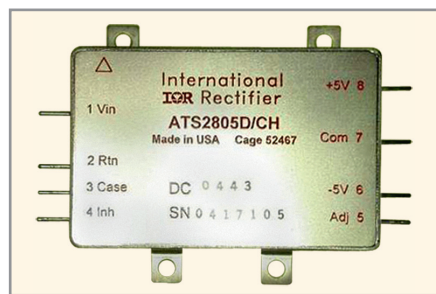


Рис. 1. DC/DC-преобразователь ATS2805D/CH в корпусе 71 × 51 × 11 мм

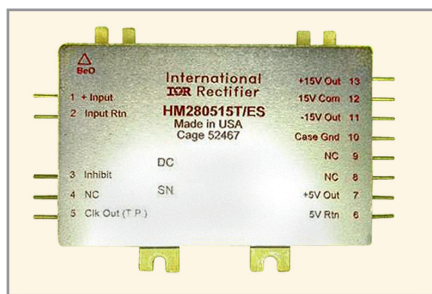


Рис. 2. DC/DC-преобразователь HM280515T/ES в корпусе 71 × 51 × 11 мм

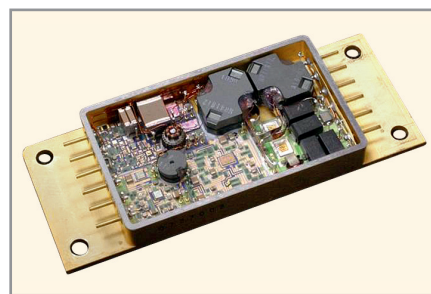


Рис. 3. Преобразователь серии НТА в корпусе 102 × 38 × 11 мм со снятой верхней крышкой

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.

### ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

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

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	-2,34
Точность регулирования, мВ	-35...185	50 (1%)	5,33	6,01	5,11
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	528,04

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  $185^{\circ}\text{C}$ ;
- широкий диапазон входных напряжений  $150...250\text{ В}$ ;
- мощность до  $20\text{ Вт}$  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

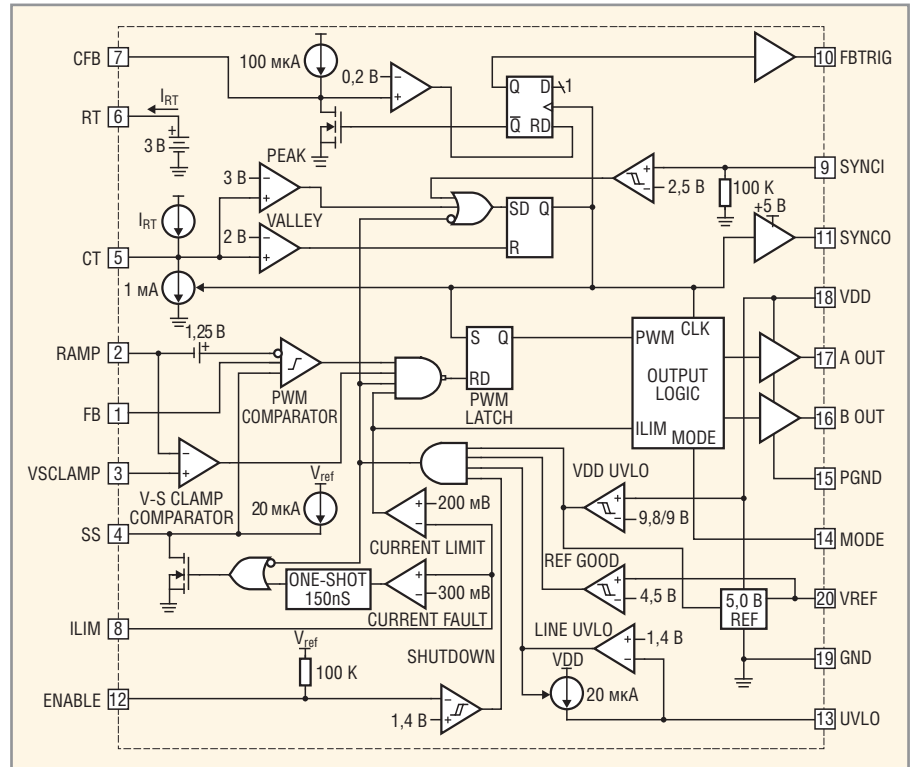


Рис. 4. Структурная схема ИС ШИМ-контроллера IR1105

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](http://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  $15...50\text{ В}$ , температуру эксплуатации  $-50...125^{\circ}\text{C}$ , мощ-

ность  $3\text{ Вт}$  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  $1\text{ А}$ ;
- 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.

