

Импульсные DC/DC-преобразователи компании Bothhand

Мы продолжаем серию публикаций [4] о продукции компании Bothhand, разработчике и производителе DC/DC-источников питания со стандартным рядом входных и выходных напряжений в диапазоне выходной мощности от 0,5 до 60 Вт. Эта компания основана в 1992 году и уже хорошо знакома многим разработчикам как производитель развязывающих трансформаторов (включая PoE) и Ethernet-разъемов.

В статье рассмотрены маломощные нестабилизированные модули питания в корпусах SIP и DIP.

Александр ЛЕОНОВ
alm@efo.ru

Введение

Источники питания (ИП) серии ВА выпускаются в конструктивных исполнениях SIP4 и DIP4 (рис. 1) с выходной мощностью от 0,5 до 2 Вт. Эта серия модулей аналогична по конструктиву и схемотехнике,

которые используют другие производители источников питания (Traco Power, Aimates, Peak и др.). Причем ИП серии ВА являются более дешевой заменой модулей P6AU, TME, AM1S и др., но не уступают им в качестве исполнения и надежности работы.

Серия ВА включает в себя 0,5-, 1-, 2-Вт источники питания с различными номиналами входных напряжений (3,3; 5; 9; 12; 24 В), из них наиболее востребованы модули с входными напряжениями 5, 12 и 24 В и стандартным рядом выходных напряжений (табл. 1). Но на этих сочетаниях параметров количество возможных ИП не ограничивается. Одно из преимуществ компании Bothhand заключается в том, что она принимает заказы на изготовление модулей питания по спецификации заказчика, к примеру, модули с номинальным входным напряжением 3,3 и 9 В и другими нестандартными номиналами изготавливаются в рамках серийного производства.

Технические характеристики модулей

Модули серии ВА компании Bothhand являются импульсными DC/DC-преобразователями с гальванической развязкой с рабочей частотой преобразования до 100 кГц (табл. 2).

Таблица 2. Общая спецификация модулей серии ВА

Параметр	Значение
Точность установки Uвых	±5%
Коэффициент стабилизации Uвых (max)	±1,3%
Нестабильность Uвых при изменении тока нагрузки (max)	±12%
Выходные пульсации (max)	100 мВ
Рабочая частота (тип.)	100 кГц
КПД (тип.)	79%
Напряжение изоляции	1 и 3 кВ
Сопротивление изоляции	1000 МОм
Емкость изоляции (тип.)	40 пФ
Рабочий температурный диапазон	-40...+85 °С
MTBF (расчетное)	1,8×10 ⁶ ч
Материал корпуса	Пластик
Размеры	SIP4 — 11,6×10×6 мм DIP8 — 12,7×10×6,8 мм
Стандарт по технике безопасности	Соответствует IEC/EN 60950-1

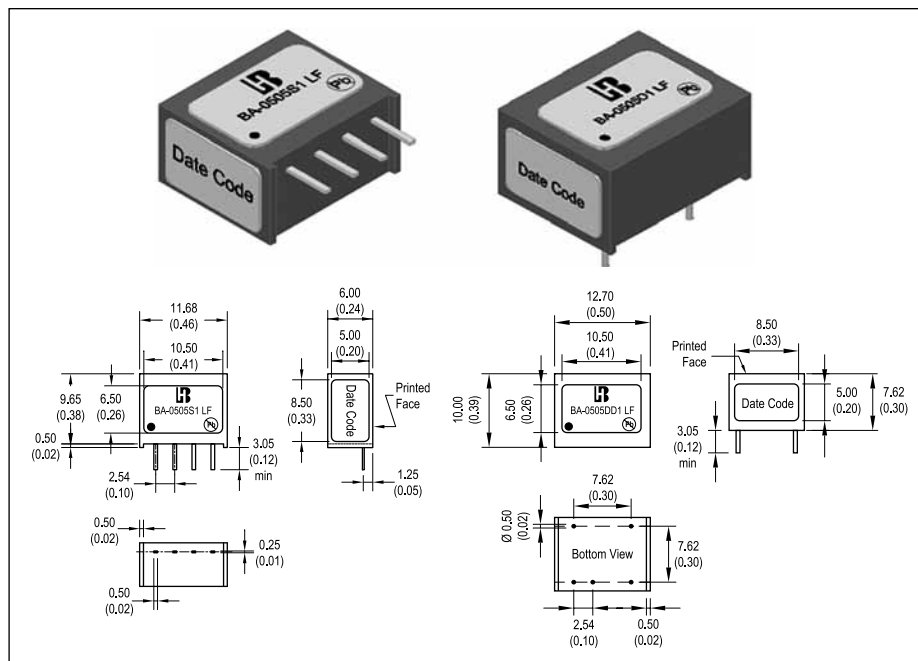


Рис. 1. Модули питания серии ВА с габаритными размерами (мм) и цоколевкой

Таблица 1. Параметры стандартного ряда модулей серии ВА, выпускаемых серийно

Модель	Выходная мощность, Вт	Входное напряжение, В	Количество выходов	Выходное напряжение, В	Напряжение изоляции, В	Рабочий температурный диапазон, °С	Тип корпуса/размеры, мм
ВА	0,5; 1	3; 5; 9; 12; 24	1	3,3; 5; 12; 15; ±5, ±12, ±15	1000	-40...+85	SIP4/11,6×10×6 DIP8/12,7×10×6,8
			2				
ВА-2	2	5; 12; 24	1	3,3; 5; 12; 15; ±5, ±12, ±15	1000	-40...+85	SIP4/11,6×10×6 DIP8/12,7×10×6,8
			2				
ВА-SH	0,5; 1	5; 12; 24	2		3000		

Рабочий температурный диапазон модулей серии ВА (рис. 11), как и других DC/DC-преобразователей компании Bothhand, — от -40 до +85 °С. Максимальная температура корпуса равна +95 °С, а температура хранения — от -55 до +100 °С.

Модули Bothhand полностью герметичны, поэтому могут работать при относительной влажности воздуха до 90–95%. Они залиты специальным теплопроводящим компаундом, что дополнительно обеспечивает равномерное распределение тепла по всему объему модуля.

Тестовые измерения

Для экспериментальной оценки параметров модулей серии ВА были отобраны несколько моделей (рис. 2), у которых измерялись выходное напряжение, шумы, пульсации и частота преобразования. Все измерения (табл. 3–8) проводились с помощью осциллографа, электронной нагрузки и мультиметра путем определения значений на нескольких циклах включения и выключения модулей для получения достаточной выборки, граничные результаты которой в виде диапазона разброса параметров также приведены в таблице 3.

Тестировалось несколько модулей семейства ВА, в частности изделия ВА-0505S1 LF, ВА-0505S LF с $U_{вх} = 5$ (4,5–5,5) В и ВА-1205S LF, ВА-1212S LF, ВА-2412S LF с большим входным напряжением: 12 и 24 В ($\pm 10\%$). Все результаты тестов этих модулей приведены в таблицах 3–8, по ним можно судить о стабильности выходного напряжения, шумах и пульсациях при разных значениях входного напряжения и нагрузки.

Приведенные в таблице 3 данные показывают среднестатистическую оценку рабочих параметров на нескольких циклах измерения, все данные полностью соответствуют параметрам, заявленным производителем с учетом погрешностей приборов. Стоит отметить только, что при малой нагрузке есть небольшой разброс параметров входного тока.

Рассмотрим более детально режимы работы модулей Bothhand на разные нагрузки, в том числе и на нагрузку ниже 20% от номинальной (табл. 4).

Таблица 3. Результаты теста модуля ВА-0505S1 LF ($U_{вх} = 5$ В, $U_{вых} = 5$ В при 200 мА, $T = 25$ °С)

Тест	Входное напряжение, В 4,5–5,5	Входной ток, мА		Выходное напряжение, В			Защита от КЗ (1 с max)	КПД, %	Частота, кГц (95 кГц тип.)	Шумы при 20 МГц, мВр-р (60 мВ max)
		Х.Х. 0 мА (18 тип.)	Полная нагрузка 200 мА (260 max)	Нагрузка 200 мА	Нагрузка 40 мА	Нагрузка 0 мА				
1	4,5	15,4	241,4	4,4	5,4	6,8	да	80	61,3	44
	5	16,9	240,5	5						
	5,5	18,3	242,2	5,5						
2	4,5	16,9	239,6	4,4	5,4	6,7	да	80	69,1	43
	5	18,6	241,5	5						
	5,5	20,1	243,2	5,5						
3	4,5	17,0	240,1	4,4	5,4	7,1	да	80	60,6	44,8
	5	19,6	242,1	5						
	5,5	21,4	244,2	5,6						
4	4,5	16,3	239,2	4,4	5,4	7,1	да	80	60,2	41,6
	5	17,8	241,1	5						
	5,5	19,4	242,9	5,6						
5	4,5	17,3	239,6	4,4	5,3	6,7	да	80	58,9	42,2
	5	18,8	241,6	5						
	5,5	20,4	243,4	5,5						
Среднее	5	18,3	241,4	5,0	5,4	6,9	—	80	62	43,1

Примечание. Х.Х. — холостой ход (без нагрузки).

Таблица 4. Нагрузочная характеристика ВА-0505S1 LF при изменении нагрузки от 0 до 100% ($U_{вх} = 5$ В, $I_{ном} = 200$ мА)

Входное напряжение, В	Ток нагрузки, мА	Выходное напряжение, В	Нагрузка, %
5	0	7,9	Х.Х. = 0
	10	5,45	5
	20	5,4	10
	30	5,37	15
	40	5,34	20
	50	5,3	25
	60	5,27	30
	70	5,25	35
	80	5,22	40
	90	5,19	45
	100	5,17	50
	110	5,15	55
	120	5,12	60
	130	5,09	65
	140	5,07	70
	150	5,04	75
	160	5,02	80
	170	4,99	85
	180	4,96	90
	190	4,95	95
200	4,93	100	

Таблица 5. Нагрузочная характеристика ВА-0505S1 LF при изменении резистивной нагрузки (ниже минимального предела электронной нагрузки)

Входное напряжение, В	Ток нагрузки, мА	Выходное напряжение, В	Нагрузка, %	Сопротивление нагрузки, Ом
5	184,44	4,98	92,2	27
	58,56	5,27	29,3	90
	26,7	5,34	13,4	200
	2,87	5,7	1,4	1985
	1,21	6,18	0,6	5112

При изменении электронной нагрузки с шагом 10 мА выходное напряжение начинает плавно изменяться, понижаясь при увеличении нагрузки и повышаясь при ее уменьшении. Все изменения происходят практически с линейной зависимостью (рис. 3). В таблицах 4 и 5 показано, что модуль работает в этом режиме со 100 до 5% нагрузки, попадая в диапазон допустимых отклонений от номинала. Это существенно превышает заявленные производителем в документации параметры, а значит, модули сделаны с существенным запасом, но нужно также учитывать разброс параметров источников питания разных партий.

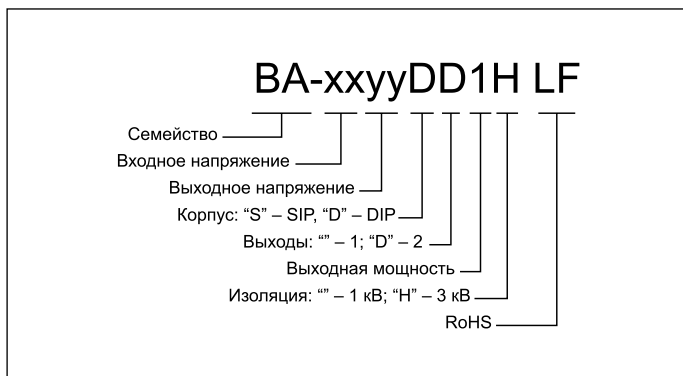


Рис. 2. Расшифровка наименования модулей питания Bothhand

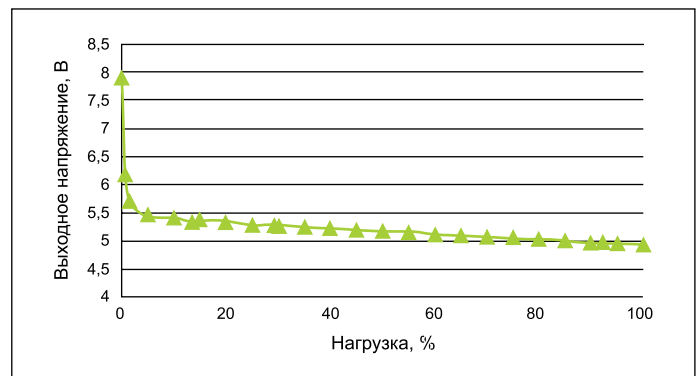


Рис. 3. Нагрузочная характеристика ВА-0505S1 LF (0 до 100%)

Начиная с 5%-ной нагрузки выходное напряжение изменяется нелинейно и при уменьшении нагрузки существенно возрастает: с 5,45 В (5% нагрузки) до 7,9 В (0% нагрузки — Х.Х.) (табл. 5). При этом источники все же можно использовать для питания маломощных потребителей (АЦП и интерфейсов, для которых необходимо не менее 5 мА с $U_{вх}$ до 5,6 В), но с осторожностью, так как при разогреве платы за счет внешней среды может измениться нагрузка, и источник, работающий уже ниже минимальной нагрузки (20% от номинального значения), перейдет практически в режим Х.Х., увеличив выходное напряжение. Уменьшение нагрузки до 1 мА (0,6%) увеличивает выходное напряжение до 6,2 В, которое не всегда можно использовать для питания микросхем. Правда, не многие микросхемы имеют столь низкое потребление.

Примечание. При проектировании системы питания на основе маломощных источников компания Bothhand рекомендует использовать нагрузку не менее 20% от номинальной, что прописано в ее технической документации.

Также интересны характеристики модуля при изменении входного напряжения (табл. 6 и 8). Все модули Bothhand гарантированно работают во всем рабочем диапазоне входного напряжения от 4,5 до 5,5 В (табл. 6).

Судя по данным таблицы 6 и графикам на рис. 4, изменение выходного напряжения носит линейный характер, и графики для одного и того же модуля отличаются лишь изменением крутизны в зависимости от прикладываемой нагрузки.

Характерно, что при постоянной нагрузке выходное напряжение изменяется пропорционально росту входного напряжения в зависимости от коэффициента преобразования, а значения выходят за пределы, нормированные производителем в документации.

К примеру, для модуля BA-0505S1 LF с номиналом входного напряжения в 5 В вход-

Таблица 6. Зависимость выходного напряжения модулей BA-0505S1 LF от входного напряжения

Входное напряжение, В	Нагрузка, %		
	Х.Х.	50	100
	Выходное напряжение, В		
0,5	0,58	—	—
1	1,59	—	—
1,5	2,4	1	—
2	3,08	1,66	0,78
2,5	3,75	2,23	1,32
3	4,45	2,8	2,25
3,5	5,2	3,45	3,08
4	5,66	3,98	3,65
4,5	6,47	4,65	4,41
5	7,26	5,158	4,89
5,5	7,96	5,67	5,38
6	8,6	6,25	5,96
6,5	9,15	6,89	6,06

Примечание. Зеленым цветом выделены рабочие диапазоны входного и выходного напряжения, прописанные производителем.

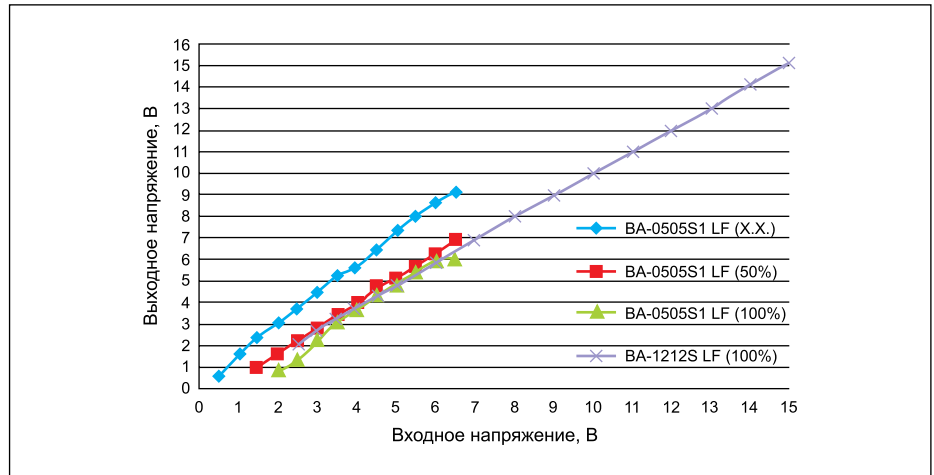


Рис. 4. Зависимость выходного напряжения модулей BA-0505S1 LF от входного напряжения

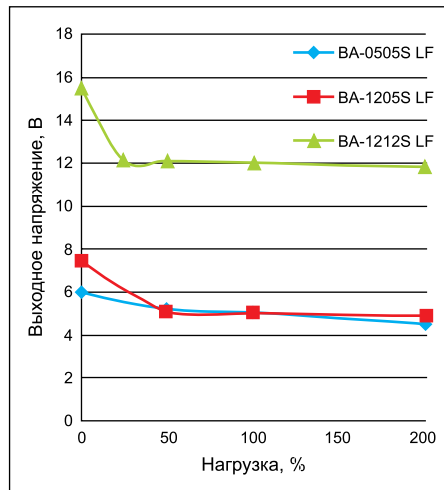


Рис. 5. Выходное напряжение при изменении нагрузки

ное напряжение можно изменять (табл. 6) в пределах от 0,5 до 6,5 В, а выходное будет меняться практически линейно со своей крутизной (рис. 4).

Модули с большим входным напряжением (например, для BA-1212S LF — $U_{вх} = 24$ В, рис. 4) также можно включать меньшим

напряжением, чем номинальное, изменяя его в большем диапазоне, чем у модуля BA-0505S1 LF, — от 2,5 до 15 В. При этом выходное напряжение также меняется практически линейно.

Вывод: модули имеют запас надежности и могут работать вне рабочего диапазона напряжений. Поэтому вместо модуля с $U_{вх} = 24$ В и $U_{вых} = 12$ В можно использовать модуль с $U_{вх} = 12$ В и $U_{вых} = 5$ В, то есть при отсутствии нужного можно воспользоваться этим вариантом. Однако при таком использовании вы заведомо выводите модуль в зону нестабильности, и при любом внешнем воздействии может произойти выход из строя как минимум самого модуля, так как сам импульсный источник питания имеет далеко не линейные характеристики, особенно вне рабочих диапазонов.

Другие ИП серии BA (табл. 7) полностью повторяют поведение модулей, для которых приведены более подробные результаты, поэтому для них показаны только сравнительные графики (рис. 5).

Рассмотрим более детально переходные процессы и режимы работы источников питания Bothhand.

Таблица 7. Изменение выходного напряжения при изменении нагрузки

Входное напряжение, В	Ток нагрузки, мА	Выходное напряжение, В	Нагрузка, %
BA-0505S LF			
5	0	5,92	0
	50	5,2	50
	100	5	100
	200	4,5	200
BA-1205S LF			
12	0	7,4	0
	50	5,1	50
	100	5,02	100
	200	4,87	200
BA-1212S LF			
12	0	15,45	0
	20,8	12,14	25
	41,6	12,09	50
	83	11,99	100
	166	11,83	200

Таблица 8. Зависимость выходного напряжения от входного при полной нагрузке (100%)

Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В
2,5	2
3	2,7
3,5	3,2
4	3,7
4,5	4,3
5	4,8
6	5,83
7	6,87
8	7,95
9	8,95
10	9,95
11	11
12	11,98
13	13
14	14,1
15	15,1

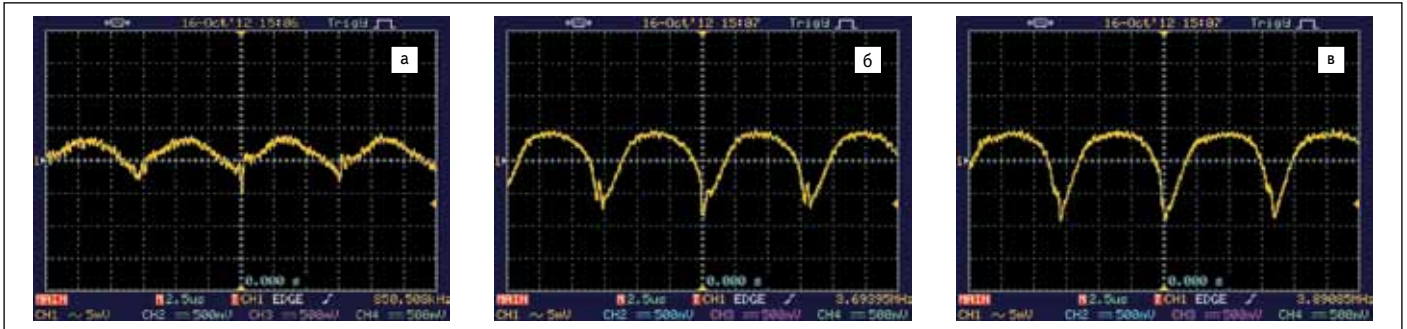


Рис. 6. Шумы и пульсации на выходе при полной нагрузке ВА-0505S1 LF: а) $U_{вх} = 4,5 \text{ В}$; б) $U_{вх} = 5 \text{ В}$; в) $U_{вх} = 5,5 \text{ В}$ (5 мВ/дел., 2,5 мкс/дел.)

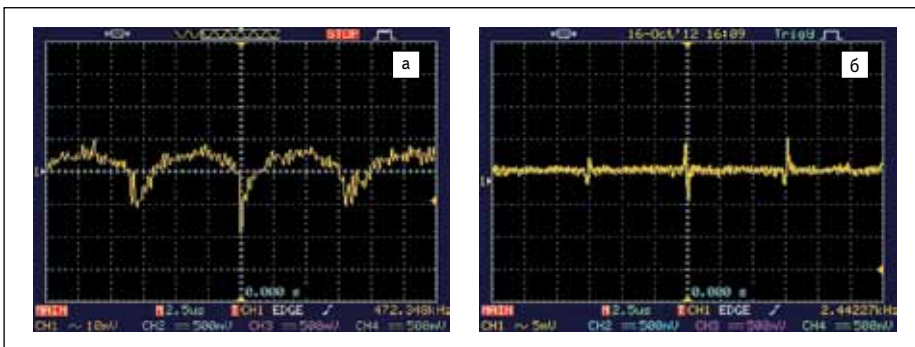


Рис. 7. Шумы и пульсации модулей: а) на полной нагрузке; б) на Х.Х.

нальным выходным напряжением имеют большие пульсации.

Естественно, уровень пульсаций можно понизить в несколько раз, дополнив выходной каскад внешними элементами (конденсаторами и индуктивностями).

Динамические характеристики модулей

Для большей наглядности динамических характеристик (рис. 8 и 9) тестировался модуль с большим выходным током — ВА-0505S1 LF ($P_{вых} = 1 \text{ Вт}$, $U_{вых} = 5 \text{ В}$, $I_{вых} = 200 \text{ мА}$).

Модули при включении, как на нагрузку, так и без нее, плавно запускаются, без скачков и пульсации напряжения на выходе. Это можно наблюдать на осциллограммах, при-

Шумы и пульсации

Шумы и пульсации (рис. 6, 7) полностью соответствуют значениям, заявленным

в datasheet. Модуль ВА-0505S1 LF при полной нагрузке выдает выходное напряжение с пульсациями и шумами, не превышающими 30 мВ (рис. 7). Модули с большим номи-

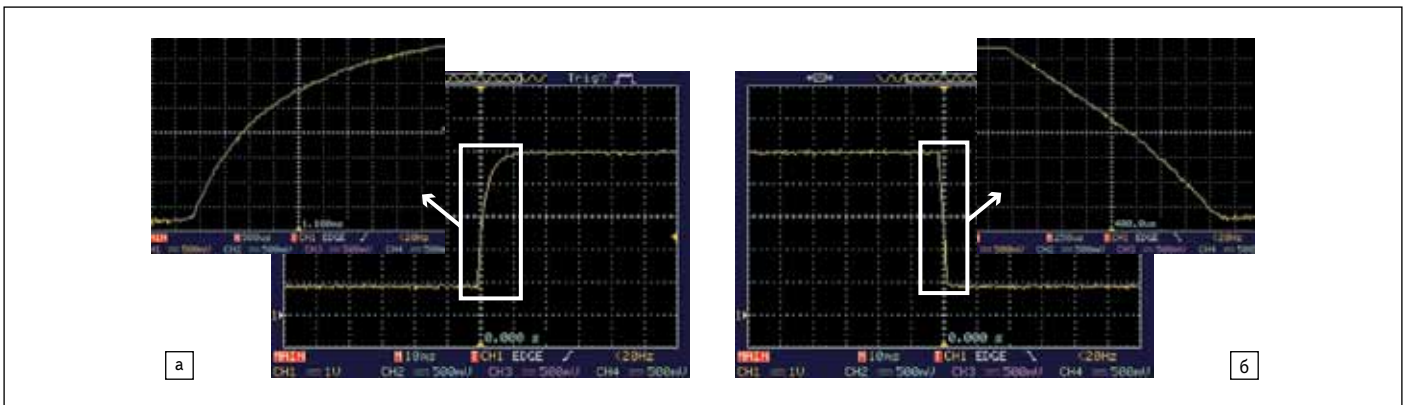


Рис. 8. Тестирование модуля при полной нагрузке (100%): а) включение; б) выключение

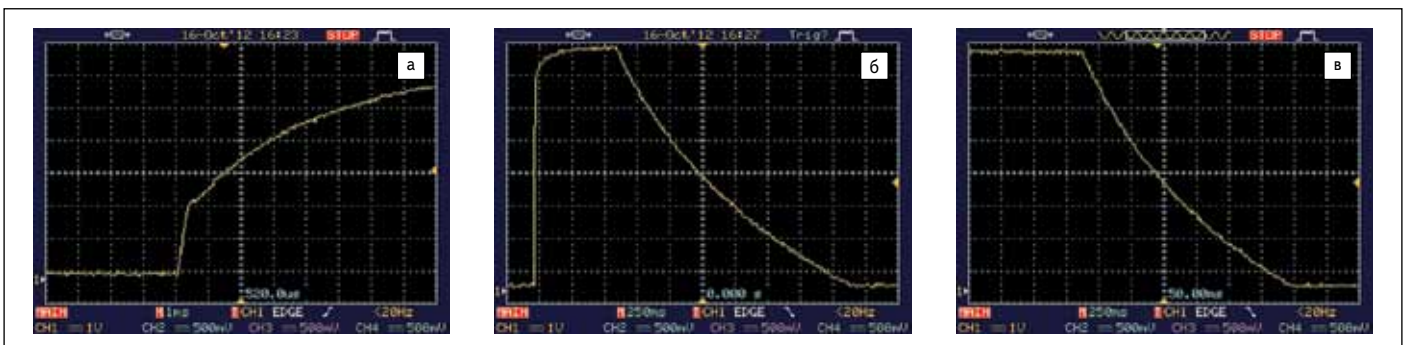


Рис. 9. Тестирование модуля на Х.Х. (0%): а) включение; б) включение и выключение в одной развертке; в) выключение

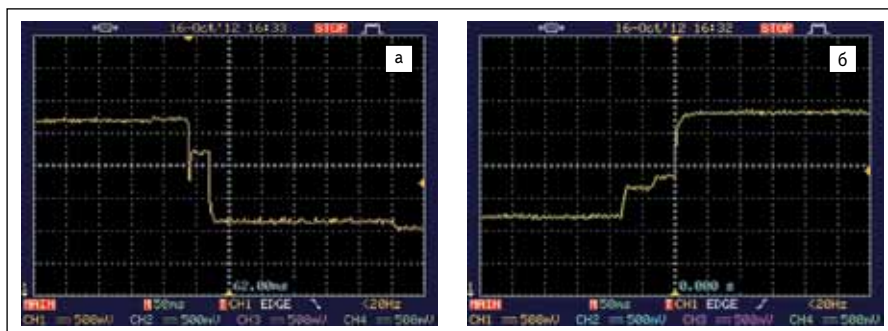


Рис. 10. а) Установление напряжения и переходный процесс при включении нагрузки (0–100%); б) скачок напряжения при выключении нагрузки (со 100 до 0%)

веденных на рис. 9: при номинальном входном напряжении в 5 В переходный процесс установления рабочего напряжения длится от 10 мс (до 5 В) на нагрузке до 100 мс на Х.Х.

Рассмотрим режимы работы этого же модуля и переходные процессы, протекающие при увеличении и сбросе нагрузки.

При резком включении нагрузки от 0 до 100% происходит скачок тока, о чем свидетельствует «просадка» напряжения

на осциллограмме (рис. 10а). Весь процесс длится 60 мс, за которые модуль успевает установить выходное напряжение до 5 В с небольшим переходным процессом в виде площадки. При резком отключении нагрузки со 100 до 0% (рис. 10б) модуль переходит в режим работы на холостом ходу, и напряжение на выходе повышается до 7,9 В, так как для модуля необходим выходной ток, значение которого составляет как минимум 10–20% от максимального выходного тока.

Таблица 9. Стандартный ряд маломощных модулей, серийно выпускаемых компанией Bothhand

Тип корпуса	Серия	Выходная мощность, Вт	Входное напряжение, В	Входной диапазон, %	Регулировка выхода	Изоляция, кВ	
SMD	SMD 16	CS	1,8	5, 12	±10	1,2	
	SMD 8,10	SA1	1	5, 12, 24	±10	1	
	SMD 10	SA1H	1	5, 12, 24	±10	3	
	SMD 8,10	ST1	1	5, 12, 24	±10	1,5	
SIP	SIP 4	BA	0,5, 1, 2	5, 12, 24	1–10	1,3	
		B1	1	5, 12, 24, 48	±10	1,3	
	SIP 7	B3	2	5, 12, 24	±10	1,3	
		B4	1,5	5, 12, 24	±10	V	1,3
	SIP 8	BMA1	1	48	±10	1	
		HBA1H6	1,2	5, 12, 15, 24, 28	±10	6,8	
DIP	DIP 4	BA	0,5, 1, 2	5, 12, 24	±10	1,3	
		B1	1	5, 12, 24	1–10	1,3	
	DIP 14	BMB1	1	48	±10	1	
		B3	2	5, 12, 24	±10	1,3	
		B4	1,5	5, 12, 24	±10	V	1,3
	DIP 16	BB	1,2	9–18, 18–36, 36–75	2:1	V	1,3

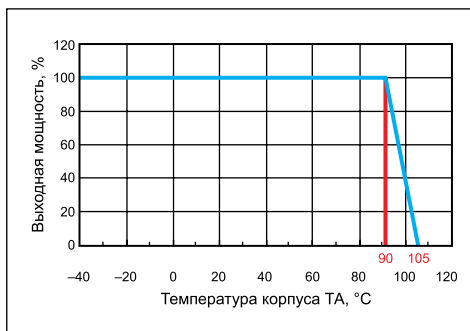


Рис. 11. Зависимость выходной мощности модулей серии ВА от температуры корпуса

При работе на номинальных нагрузках и входных напряжениях модуль работает с КПД до 80% и малыми шумами, что полностью соответствует документации.

Заключение

Мы рассмотрели лишь одно семейство маломощных импульсных источников питания компании Bothhand стандартного ряда. В таблице 9 приведены основные параметры других маломощных источников питания фирмы Bothhand. В следующих статьях будут приведены описания и результаты тестирования этих модулей.

Литература

1. Справочно-информационный портал по источникам питания — <http://powel.ru/producers/bothhand/>
2. Справочно-информационный портал компании Bothhand — <http://www.bothhand.com.tw/home.aspx>
3. Леонов А. Источники питания Agch для промышленности, медицинской техники и телекоммуникаций // Компоненты и технологии. 2009. № 10.
4. Леонов А. Импульсные DC/DC-преобразователи компании Bothhand // Компоненты и технологии. 2012. № 6.