

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный конструктор
группы компаний
AEPS-group

_____ А.Ю. Гончаров

“ _____ ” _____ 2017 г

**ИСТОЧНИКИ ВТОРИЧНОГО
ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ УНИФИЦИРОВАННЫЕ
В МОДУЛЬНОМ ИСПОЛНЕНИИ**

Руководящие технические материалы
на модули серии JETD

Настоящие материалы распространяются на DC-DC модули типов JETND,
TESD, TESND, TESH, JETNH в части основных рекомендаций и
требований по подключению и эксплуатации.

Rev.3

СОГЛАСОВАНО

Технический директор

_____ М.А. Гончаров

“ _____ ” _____ 2017 г

СОГЛАСОВАНО

Ведущий специалист лаборатории

_____ А.Ю. Кузнецов

“ _____ ” _____ 2017 г

2017 г.

Интв. № подл.	
Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
1.1	Область применения.....	3
1.2	Классификация, условное обозначение, основные параметры и размеры	3
2	ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ	6
2.1	Требования к электрическим параметрам	6
2.2	Параметры надежности	7
2.3	Коэффициент полезного действия.....	7
2.4	Параметры по стойкости к внешним воздействиям	7
2.5	Требования к внешнему виду	8
2.6	Параметры безопасности.....	8
2.7	Конструктивные требования.....	9
2.8	Комплектность	9
2.9	Упаковка и и маркировка	9
2.10	Требования к транспортированию и хранению.....	9
3	ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	9
3.1	Безопасность модулей обеспечивается конструкцией изделия, в которое встраиваются модули.....	9
3.2	Все работы с модулем выполняются в строгом соответствии с действующими документами по правилам и мерам безопасности.	9
3.3	К работе с модулем допускается персонал, имеющий специальную подготовку и практические навыки в работе с электронной аппаратурой.....	9
3.4	Запрещается при включенном модуле отключать и подключать соединительные провода.	9
4	ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ	10
4.1	Модули транспортируют в упаковке, предохраняющей от механических воздействий и прямого попадания атмосферных осадков, транспортом всех видов.	10
4.2	Модули хранят в упаковке поставщика или вмонтированными в аппаратуру в составе объектов во всех местах хранения, кроме открытой площадки.	10
5	УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ	10
5.1	Защита модулей от воздействия статического электричества.....	10
5.2	Установка и крепление модулей в аппаратуре.....	10
5.3	Обеспечение теплового режима, тепловые характеристики.....	10
5.4	Подключение модулей.....	12
5.5	Типовые схемы включения для модулей.....	12
5.6	Использование функции дистанционного выключения/включения	16
5.7	Защита от перегрузки по мощности и короткого замыкания выхода	17
5.8	Последовательное соединение выходных каналов.....	17
5.9	Получение двухполярного выходного напряжения	17
5.10	Использование функции выносной обратной связи.....	18
5.11	Параллельное соединение выходов модулей через диоды.....	18
5.12	Использование функции параллельной работы.	19
5.13	Использование функции подстройки выходного напряжения.....	23
5.14	Минимальные токи нагрузки модулей	24
5.15	Максимальные токи нагрузки модулей	24
5.16	Защита от понижения и повышения входного напряжения.....	24
5.17	Защита от повышенного выходного напряжения	24
5.18	Топология печатной платы, объемный монтаж для модулей.	24
5.19	Рекомендации по конструктивному размещению модуля и системному заземлению	25
	Лист регистрации изменений	27

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата										
					DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH Руководящие технические материалы									
					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">Лит.</th> <th style="width: 10%;">Лист</th> <th style="width: 10%;">Листов</th> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">28</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">AEPS-group</td> </tr> </table>	Лит.	Лист	Листов		2	28	AEPS-group		
Лит.	Лист	Листов												
	2	28												
AEPS-group														

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Область применения

1.1.1 Настоящие руководящие технические материалы (РТМ) распространяются на унифицированные источники вторичного электропитания в модульном исполнении серии JETD (далее модули) с питанием от сети постоянного тока напряжением 12 В, 24 В, 27В, 48 В, предназначенные для внутреннего монтажа в аппаратуре промышленного назначения.

1.1.2 Модули выпускаются для температурных диапазонов от минус 60 °С до +110 °С с номинальной выходной мощностью от 25 до 400 Вт и имеют один гальванически развязанный выходных канал.

1.1.3 Модули имеют тепловую защиту, защиту от перенапряжения, короткого замыкания и перегрузки по выходному току основного канала с автоматическим возвратом в рабочий режим при снижении температуры корпуса, снятии короткого замыкания или перегрузки.

1.2 Классификация, условное обозначение, основные параметры и размеры

1.2.1 Типы модулей, их основные характеристики, габаритные размеры (без учета длины выводов), масса модулей и сервисные функции указаны в таблице 1.

1.2.2 Классификация и условное обозначение модулей приведены на рисунке 1.

1.2.3 Модули выпускаются в металлических теплоотводящих корпусах с фланцами без фланцев (обозначение «С») с заливкой элементов компаундом.

1.2.4 Модули неремонтируемые.

1.2.5 Подключение модулей осуществляется пайкой к выводам. Допускается лужение выводов модулей производить бессвинцовым припоем Sn99,3Cu0,7 с применением флюса типа Fluxplus NC-D500 на расстоянии от корпуса не менее 1 мм с предварительной зачисткой от окисных пленок.

1.2.6 Модули мощностью 200 Вт и выше имеют выводы выносной обратной связи для компенсации падений напряжения в цепях нагрузки и выводы для организации параллельного подключения с равномерной нагрузкой нескольких модулей.

1.2.7 Номинальные значения выходного напряжения модулей (U_n) в НКУ выбираются из ряда 5, 12, 15, 24, 27, 48 В. В особых случаях, по согласованию с предприятием-изготовителем, допускается изготовление модулей с номинальным выходным напряжением в диапазоне от 3 до 60 В (указывается при заказе). С входными сетями 12W, 24W, 27 В выпускаются стандартные модели с выходным напряжением до 15 В.

1.2.8 Повышенная температура корпуса должна быть для температурного диапазона «Т» - не более +100°С.

1.2.9 Допускается наличие незначительного изгиба выводов, возникшего в процессе установки модулей в антистатическую прокладку.

1.2.10 На поверхности модуля может быть размещена рекламная этикетка, которую необходимо удалить перед монтажом.

1.2.11 Допускается на поверхности компаунда просматривание элементов конструкции (ЭРИ, моточных изделий и т.п.), наличие единичных воздушных включений (пузырей, раковин), не обнажающих элементов конструкции, рельефное проявление контуров элементов и моточных изделий.

1.2.12 Примеры обозначения модулей при заказе и в КД другой продукции:
Модуль электропитания JETD50-24WS05-UT

1.2.13 Настоящие руководящие материалы распространяются так же на другие DC-DC модули типов JETND, TESD, TESND, TESH в части основных рекомендаций и требований по подключению и эксплуатации.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
											3

Таблица 1 - Типы модулей, их основные характеристики и сервисные функции.

Типоразмер корпуса, BRICK	Тип модуля	Габаритные размеры, (без фланцев) без учета выводов, мм, не более	Тип корпуса	Масса, г, не более	Номинальная выходная мощность, Вт	Обозначение номинального входного напряжения	Количество выходных каналов	Дистанционное выключение	Подстройка выходного напряжения в одноканальных модулях	Выход "CASE"	Параллельная работа	Выносная обратная связь	Температурный диапазон	Стандарт EMC ГОСТ Р 51318.22 (EN55022)		Энергетическая плотность, Вт/дм ³
														Класс В	Класс А	
1/16	JETD25	33,1x23x10,4	С	33	25	12, 12W, 24, 24W, 27, 48	1	+	+	+	-	-	«Т»	с фильтром TEFD2,5	+	3158
1/8	JETD50	58,5x23x10,15		53	50											3792
1/4	JETD100	58,5x36,9x11,6		97	100									4011		
1/2	JETD200	61,1x58,5x11,6		187	200									4824		
Full	JETD400	116,8x61x13		387	400	12, 24, 48								с фильтром TEFD10(12W) TEFD5(24W)	+	4319

Примечания:

1. Знаки «+» и «-» обозначают наличие или отсутствие сервисной функции соответственно.
2. С входными сетями 12W, 24W, 27 В выпускаются стандартные модели с выходным напряжением до 15 В.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Интв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подп. и дата
-----	------	----------	-------	------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------

DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND,
TESH, JETNH - Руководящие технические материалы

Лист

4

JET D 50 – 24W S XX – C T

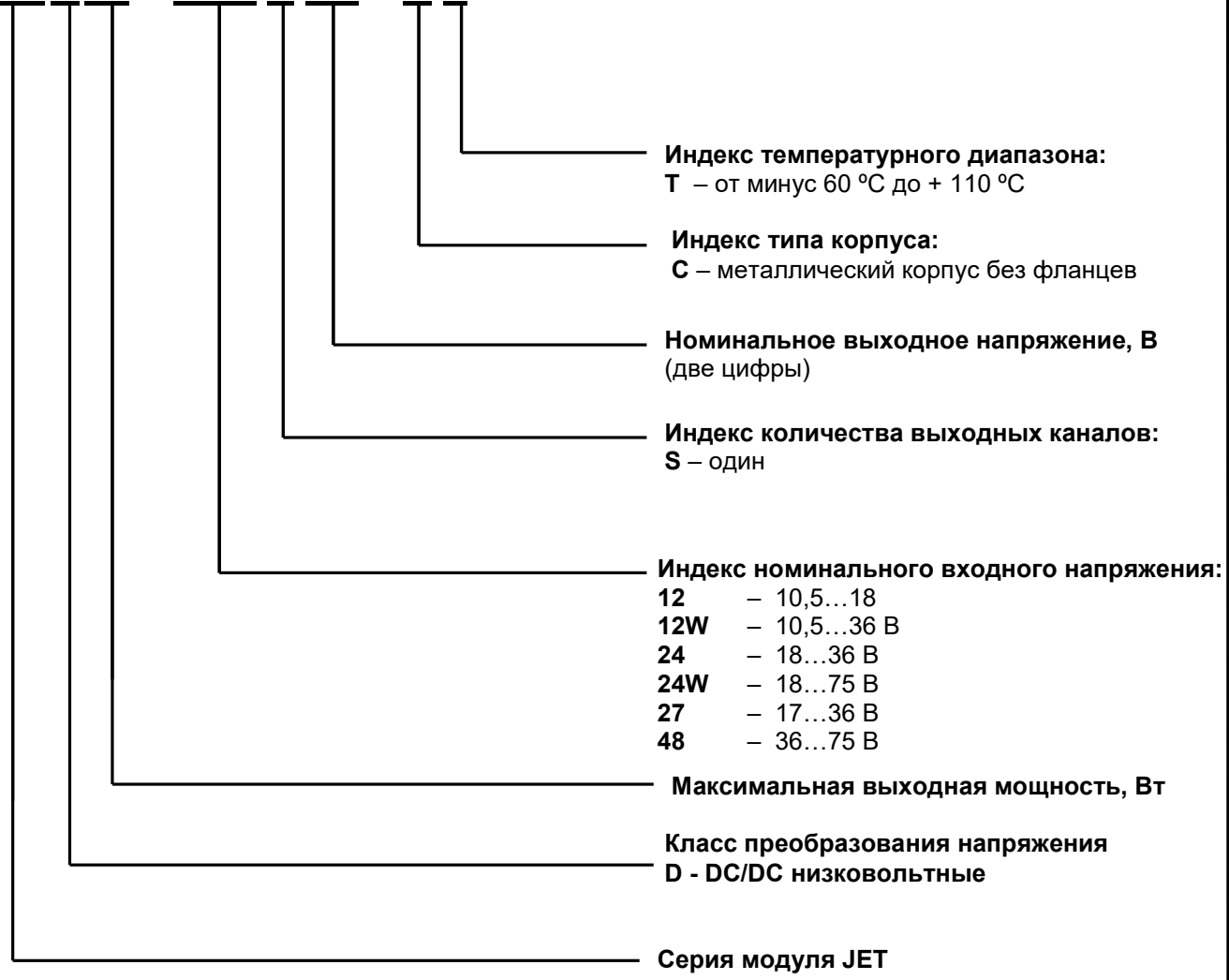


Рисунок 1 - Классификация и условное обозначение модулей

Интв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Интв. № дубл.
Подп. и дата	
Интв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
						5

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.1 Требования к электрическим параметрам

2.1.1 Установившееся отклонение выходного напряжения модулей в НКУ при качестве входной электроэнергии указанной в таблице 2 не превышает $\pm 2\%$.

Таблица 2 - Нормы качества электроэнергии постоянного тока на входе модулей.

Индекс номинального входного напряжения	Номинальное входное напряжение, В	Диапазон установившегося значения, В	Переходное отклонение и длительность переходного отклонения, В
12	12	9...18	9...20 В длительностью 1 с
12W	12	9...36	9...40 В длительностью 1 с
24	24	18...36	17...40 В длительностью 1 с
24W	24	18...75	17...84 В длительностью 1 с
27	27	17...36	17...80 В длительностью 1 с
48	48	36...75	36...80 В длительностью 1 с

2.1.2 Нестабильность выходного напряжения при плавном изменении входного напряжения (U_U) и выходного тока (I_U) не превышает $\pm 2\%$.

2.1.3 Температурная нестабильность выходного напряжения (U_T) модулей не превышает $\pm 3\%$.

2.1.4 Временная нестабильность выходного напряжения модулей (U_t) не превышает $\pm 0,5\%$.

2.1.5 Суммарная нестабильность выходного напряжения (U_Σ) не превышает ± 6 .

2.1.6 Переходное отклонение выходного напряжения модулей ($\delta U_{пер}$) при воздействии переходного отклонения входного напряжения в пределах норм таблицы 2 длительностью фронта не менее 0,5 мс и при скачкообразном изменении выходного тока в пределах от $0,3 \cdot I_n$ до $0,9 I_n$ длительностью фронта не менее 0,5 мс не превышает $\pm 10\%$.

2.1.7 Пульсации выходного напряжения (от пика до пика) $U_{пуль}$ не превышают 2% от номинального значения выходного напряжения.

2.1.8 Модули имеют защиту от перегрузки по выходному току и от короткого замыкания в автоматическим возвратом в рабочий режим после снятия короткого замыкания. Ток, потребляемый модулем при коротком замыкании на выходе любого канала как минимум в 2,5 раза меньше тока, потребляемого модулем при номинальных значениях входного напряжения и тока нагрузки.

Ток начала срабатывания защиты от перегрузки по выходному току для модулей должен быть в диапазоне $1,15 \cdot P_{max}$ до $1,8 \cdot P_{max}$ для модулей мощностью 25...100 ватт и в диапазоне $1,15 \cdot P_{max}$ до $1,4 \cdot P_{max}$ для модулей мощностью 200...400 ватт.

2.1.9 Модули имеют защиту от превышения выходного напряжения и обеспечивают ограничение значения выходного напряжения для первого (основного) канала не более $1,4 \cdot U_{вых.ном}$ с последующим автоматическим возвратом в режим стабилизации после снятия превышения выходного напряжения.

2.1.10 Значение полной потребляемой мощности в установившемся режиме не должно превышать величины

$$P = P_{out} / \eta, \quad (2.1)$$

где: P_{out} – выходная мощность;
 η - КПД.

2.1.11 Абсолютное значение выходного напряжения при работе на холостом ходу не превышает $1,1 \cdot U_n$.

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
						6

2.1.12 Значение тока, потребляемого от сети в момент включения (I_{вкл}) не превышает величин, указанных в таблице 3.

Таблица 3 - Значение тока, потребляемого от сети в момент включения

Обозначение номинального входного напряжения	Значение тока, потребляемого от сети в момент включения, А, при номинальной выходной мощности модулей, Вт				
	25	50	100	200	400
12, 12W	3	5,7	11,5	23,5	47
24, 24W, 27	1,6	3,4	6,8	13,6	28
48	0,8	1,8	3,4	6,8	14

2.1.13 Модули имеют возможность дистанционного выключения путем соединения вывода "ON" с выводом «-IN».

2.1.14 Время установления выходного напряжения первого (основного) канала модулей (с момента снятия управляющего сигнала с вывода «ON») не более 0,1 с.

2.1.15 Модули имеют защиту от перегрева с автоматическим возвратом в рабочий режим после его устранения. Срабатывание защиты от перегрева должна происходить при температуре корпуса модуля для температурного диапазона «Т» - от + 105 до + 115°С.

2.1.16 Модули имеют вывод для регулировки выходного напряжения, обеспечивающий диапазон регулирования (ΔU_p) не менее $\pm 5\%$.

2.1.17 Нормы кондуктивных промышленных радиопомех на входных зажимах модулей соответствуют классу А ГОСТ 51318.22-2006 (EN55022-2006).

2.2 Параметры надежности

2.2.1 Параметры долговечности и сохраняемости приведены в таблице 4.

2.2.2 Средняя наработка на отказ ($T_{нс}$) приводится в даташитах на конкретные модели модулей.

Таблица 4 - Параметры долговечности и сохраняемости.

Показатели надежности	Значение
Средний срок службы ($T_{сл.с.}$), лет	15
Средний срок сохраняемости ($T_{с.с.}$), лет	15
Гамма-процентный ресурс (T_p) при температуре корпуса 50 °С и $0,7 \cdot R_{вх}$ макс, ч	150 000 ($y=0,95$)

2.3 Коэффициент полезного действия

2.3.1 Коэффициент полезного действия (η) приводится в даташитах на конкретные модели модулей.

2.4 Параметры по стойкости к внешним воздействиям

2.4.1 Модули должны выполнять свои функции, сохранять параметры и внешний вид в процессе и после воздействия механических и климатических факторов, приведенными в таблице 5.

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
						7

Таблица 5 - Внешние воздействующие факторы

Наименование воздействующего фактора, единица измерения	Значение воздействующего фактора
Механические факторы	
Синусоидальная вибрация: - диапазон частот, Гц; - амплитуда ускорения, м/сек ² (g); - амплитуда виброперемещения, мм	1 – 2000 200 (20) 0,3
Механический удар одиночного действия: - пиковое ударное ускорение, м/сек ² (g); - длительность действия ударного ускорения, мс	10000 (1000) 0,5 – 2
Механический удар многократного действия: - пиковое ударное ускорение, м/сек ² (g); - длительность действия ударного ускорения, мс	1500 (150) 1 – 5
Акустический шум: - диапазон частот, Гц; - уровень звукового давления (относительно 2·10 ⁻⁵ Па), дБ	50 – 10000 170
Климатические факторы	
Повышенная температура среды, °С	+100
Пониженная температура среды, °С	- 60
Циклическое изменение температуры среды, °С	от - 60 до +125
Повышенная влажность воздуха, %: - относительная влажность при температуре среды +35 °С	100
Атмосферное пониженное давление, Па (мм.рт.ст.)	0,67х10 ³ (5)
Атмосферное повышенное давление, Па (мм.рт.ст.)	2,92х10 ⁵ (2207)
Изменение давления: - диапазон изменения давления, Па (мм рт.ст.) - скорость изменения давления, Па/с	2,92·10 ⁵ -0,67·10 ³ (2207-5) 40
Атмосферные конденсированные осадки (иней и роса): - минимальное значение при эксплуатации, °С	- 20

2.5 Требования к внешнему виду

2.5.1 На поверхности каждого модуля должен быть нанесен знак ОТК, маркировка обозначения модуля, маркировка первого (базового) вывода, заводской номер и дата изготовления (предпоследняя пара цифр указывает месяц, последняя пара цифр указывает год).

2.6 Параметры безопасности

2.6.1 В модулях гальванически развязаны вход и выход, вход и корпус, выход и корпус, выходные каналы между собой. Электрическое сопротивление изоляции токоведущих цепей, не имеющих гальванической связи между собой, а также токоведущих цепей относительно корпуса при воздействии испытательного напряжения постоянного тока величиной 500 В должно быть:

- в НКУ - не менее 20 МОм
- при повышенной влажности - не менее 1 МОм
- при повышенной (пониженной) рабочей температуре - не менее 5 МОм

2.6.2 Электрическая прочность изоляции токоведущих цепей, не имеющих гальванической связи между собой, и токоведущих цепей относительно корпуса должна обеспечивать отсутствие пробоев и поверхностных перекрытий при воздействии постоянного напряжения:

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
						8

- а) между выводами Вход-Выход, Вход-Корпус:
 1) в НКУ - 1500 В;
 2) при повышенной влажности, повышенной (пониженной) температуре среды - 500 В;
 б) между выводами Выход-Корпус:
 1) в НКУ - 1000 В;
 2) при повышенной влажности, повышенной (пониженной) температуре среды - 500 В.

2.7 Конструктивные требования

2.7.1 Габаритные, присоединительные и установочные размеры отражены в даташитах на конкретные модели модулей.

2.7.2 Конструкция модулей обеспечивает их работу в любом положении и отсутствие механического резонанса при воздействии синусоидальной вибрации в диапазоне частот от 5 до 50 Гц при амплитуде виброперемещения 0,3 мм.

2.7.3 Выводы модулей питания выдерживают без механических повреждений воздействие растягивающей силы не более:

- для выводов диаметром 0,8 мм - 10 Н;
- для выводов диаметром 1,0 мм - 20 Н;
- для выводов диаметром 1,5 мм - 40 Н.

2.7.4 Покрытие выводов обеспечивает паяемость без дополнительного облуживания в течение 12 месяцев и допускать трехкратную перепайку без нарушения целостности выводов и ухудшения электрических параметров модуля.

2.7.5 Масса модулей не должна превышать значений, указанных в таблице 1.

2.8 Комплектность

2.8.1 Каждый самостоятельно поставляемый модуль должен быть укомплектован гарантийным листом по форме, принятой на предприятии-изготовителе.

2.8.2 Опционально, каждая партия поставляемых модулей может быть укомплектована теплопроводящей пастой. Оговаривается при заказе модулей.

2.8.3 Опционально, партия поставляемых модулей может быть укомплектована приспособлением для измерения выходных пульсаций.

2.9 Упаковка и маркировка

2.9.1 На поверхности каждого модуля нанесена маркировка изделия.

2.9.2 Маркировка является стойкой к воздействию очищающих растворителей (спирто-бензиновой смеси).

2.9.3 Упаковка соответствует требованиям для условий транспортирования и хранения.

2.10 Требования к транспортированию и хранению

2.10.1 Конструкция модулей и упаковка допускают транспортирование на любое расстояние автомобильным, железнодорожным, водным и авиационным видами транспорта.

2.10.2 Модули допускают хранение в упакованном виде в неотапливаемых хранилищах.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 Безопасность модулей обеспечивается конструкцией изделия, в которое встраиваются модули.

3.2 Все работы с модулем выполняются в строгом соответствии с действующими документами по правилам и мерам безопасности.

3.3 К работе с модулем допускается персонал, имеющий специальную подготовку и практические навыки в работе с электронной аппаратурой.

3.4 Запрещается при включенном модуле отключать и подключать соединительные провода.

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
						9

4 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

4.1 Модули транспортируют в упаковке, предохраняющей от механических воздействий и прямого попадания атмосферных осадков, транспортом всех видов.

4.2 Модули хранят в упаковке поставщика или вмонтированными в аппаратуру в составе объектов во всех местах хранения, кроме открытой площадки.

5 УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1 Защита модулей от воздействия статического электричества

5.1.1 Эксплуатация модулей должна осуществляться с учетом требований по защите от статического электричества.

5.2 Установка и крепление модулей в аппаратуре

5.2.1 Установку модулей и способ их крепления в питаемой аппаратуре необходимо производить с учетом механических нагрузок, в которых работает аппаратура и отвода тепла от модулей.

5.2.2 Модули, имеющие фланцы, могут крепиться к плате и к теплоотводу винтами.

5.2.3 При монтаже модуля в аппаратуру момент затяжки винтов должен быть не более 0,4 Н·м - для резьбы М2,5 и не более 0,7 Н·м - для резьбы М3.

5.2.4 Необходимо учитывать особенности конструкции модулей при их крепении в аппаратуре. В основе конструкции лежит печатная плата с элементами для поверхностного монтажа, размещенная и залитая компаундом в тонкостенном или усиленном алюминиевом корпусе со стороны выводов. В связи с этим недопустимо приложение механических усилий при крепении модуля хомутом, планкой, радиатором и т.п. к компаунду и корпусу модуля.

5.2.5 При крепении модулей в аппаратуре допускается:

- обрезка выводов входного питания («Вход», «IN») и выходного напряжения («Выход», «OUT») не менее 3 мм от поверхности корпуса;

- обрезка остальных выводов заподлицо с поверхностью корпуса, если при этом не ухудшается механическое крепление модуля в составе аппаратуры;

- одноразовый изгиб выводов на угол 90°, на расстоянии не менее 2 мм от корпуса с радиусом изгиба не менее 0,5 мм.

5.2.6 При обрезке, изгибе и формовке выводов необходимо применять специальные шаблоны, обеспечивать неподвижность выводов между местом изгиба и корпусом модуля. Кручение выводов вокруг оси не допускается.

5.2.7 В условиях больших механических воздействий модули рекомендуется клеить к печатной плате клеями-демпферами.

5.2.8 Допускается крепление модуля методом пайки низкотемпературными припоями, при этом время непрерывной пайки не должно превышать 5 секунд, а температура корпуса не должна превышать 125 °С.

5.3 Обеспечение теплового режима, тепловые характеристики

5.3.1 Модули, как правило, требуют установки на теплоотвод (радиатор) с плотным прилеганием их через теплопроводящую пасту (например, КПТ-8, Dow Corning 4490). При этом особое внимание необходимо обратить на площадь и плоскостность контакта соприкосновения модуля и теплоотвода, равномерность распределения пасты и ее минимальную толщину.

5.3.2 Модули мощностью 200 Вт и выше могут использоваться без радиатора только при условии крепления к ним, с использованием теплопроводящей пасты, теплораспределяющего основания длиной и шириной по размерам корпуса, толщиной не менее: - для JETD200 – 2,0 мм; - для JETDD400 – 2,5 мм.

DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND,
TESH, JETNH - Руководящие технические материалы

Лист

10

5.3.3 Предпочтительным является вертикальное расположение модуля, при котором его длинная сторона располагается горизонтально.

5.3.4 Допускается установка модулей на теплоотводы любой конструкции, обеспечивающей заданную температуру корпуса модулей, в том числе использование принудительного обдува.

5.3.5 Для выбора необходимого радиатора или определения возможности работы модуля без радиатора всегда требуется определить два параметра:

- тепловые потери, которые возникают в модуле при его работе;
- тепловое сопротивление теплоотвода относительно окружающей среды, которое обеспечит отвод выделяемого тепла в окружающую среду для предотвращения перегрева модуля.

Тепловые потери определяются как:

$$P_{dis} = P_{out} * (1 - \eta) / \eta \quad (5.1)$$

где P_{dis} – тепловые потери (рассеиваемая мощность);
 P_{out} – выходная мощность;
 η – КПД модуля.

Необходимое (максимальное) тепловое сопротивление определяется как:

$$R_t = (T_c - T_a) / P_{dis} \quad (5.2)$$

где T_c – температура радиатора;
 T_a – температура окружающего воздуха;
 R_t – тепловое сопротивление радиатор – окружающий воздух.

Температура окружающего воздуха T_a – задается максимальное значение для условий эксплуатации. Температуру радиатора T_c – необходимо задать не выше максимально допустимой температуры корпуса модуля. Для модулей с индексом «Т» предельная температура корпуса составляет 100°C, но это уже не рабочая температура, а температура корпуса, выше которой срабатывает термозащита в модуле. Для модулей с индексом «Т» рекомендуется рабочую температуру корпуса при расчете радиатора задавать не выше 95°C. При этом необходимо учитывать, что повышение рабочей температуры на каждые 10°C снижает надежность (наработку на отказ) в 1,5..2 раза.

5.3.6 После определения требуемого теплового сопротивления радиатора R_t согласно формулам (5.1), (5.2) необходимо сравнить это значение с тепловым сопротивлением корпуса модуля без дополнительного радиатора. Значения тепловых сопротивлений корпус – среда без радиатора для модулей приведены в даташитах. Эти значения приведены для условий естественной конвекции при вертикальном расположении модуля, как указано в п.5.3.3. Если рассчитанное значение R_t больше, чем тепловое сопротивление корпус – среда модуля, то в применении радиатора нет необходимости. В качестве примера рассмотрим расчет R_t для модуля JETD100, при его работе на мощности 80 ватт, при максимальной температуре окружающей среды 30°C, КПД с учетом даташита примем 91%. Предельную температуру корпуса зададим 95°C.

Тогда согласно (5.1): $P_{dis} = 80 * 0,09 / 0,91 = 7,9$ ватта; согласно (5.2) $R_t = (95 - 30) / 7,9 = 8,2$ °C/Вт.

Согласно даташиту тепловое сопротивление корпус-окружающая среда без радиатора для модуля JETD100 составляет 7,7 °C/Вт. Поскольку это значение меньше, чем рассчитанное значение, то для указанных условий применение дополнительного радиатора не требуется.

5.3.7 Если рассчитанное значение R_t меньше, чем тепловое сопротивление корпус-окружающая среда без радиатора, то необходимо выбрать радиатор с тепловым сопротивлением не более рассчитанного. Значения R_t приводятся в даташитах на радиаторы (радиаторные профили) или предоставляются производителем по запросу.

5.3.8 Рекомендации по расчету радиатора приведены на нашем сайте в разделе «Документация».

5.3.9 В расчеты тепловых потерь входит КПД модуля, значение КПД при нагрузке 100% приведено в даташитах. В реальных условиях применения модулей нагрузка может значительно отличаться от максимальной. Следует учитывать, что максимальный КПД обычно соответствует 70..75 % выходной мощности. При 100% выходной мощности КПД снижается на 1..3%, а при 30% выходной мощности КПД снижается на 3..6%.

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

					DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

5.3.10 Зависимость предельной мощности модуля от температуры окружающего воздуха и теплового сопротивления радиатора с учетом предельной температуры корпуса модуля и его КПД в общем случае определяется с помощью выражений (5.1), (5.2). В даташитах приведены типичные графики этой зависимости.

5.3.11 При тепловых испытаниях и проверках тепловых сопротивлений необходимо тщательно контролировать температуру корпуса модулей, чтобы не допускать превышений предельных значений. Датчик температуры необходимо устанавливать на высоте 1-3 мм от основания (радиатора) по центру длинной стороны, сторона для замера - правая при виде на модуль со стороны входа, когда штыри (разъемы) модуля направлены вверх, при этом необходимо применять теплопроводящую пасту для уменьшения теплового сопротивления между датчиком и металлическим основанием, измерительная часть датчика температуры (10-15мм) должна проходить вдоль контролируемого места и должна быть полностью погружена в теплопроводящую пасту.

5.3.12 Корпуса модулей представляют собой тонкостенную конструкцию (толщина стенки корпуса от 0,8 до 1,0 мм), в связи с чем, в модулях JETD200, JETD400 происходит образование «тепловых пятен» - локальных участков, непосредственно под силовыми элементами, имеющих более высокую температуру, чем в среднем по корпусу. Температура корпуса модуля в зоне «тепловых пятен» на 10 °С (ΔT) выше, чем температура на боковой поверхности модуля или срезе модуля и радиатора. Поэтому при измерении температуры на боковой поверхности корпуса модуля максимальная температура не должна превышать 95 °С (для температурного диапазона «Т»).

5.4 Подключение модулей

5.4.1 Пайку выводов модулей рекомендуется производить электропаяльником мощностью не более 60 Вт при температуре не более 300 °С в течение не более 5 с на один вывод. Допускается пайка выводов не более трех раз на расстоянии не менее 1 мм от корпуса. Изгиб выводов при пайке не допускается.

5.4.2 Запрещается включать модули во время проверок с помощью контактных устройств, допускающих кратковременные перерывы контактов (дребезг).

5.4.3 Запрещается производить монтаж и подключение модулей к электрическим цепям, находящимся под напряжением.

5.5 Типовые схемы включения для модулей

5.5.1 Типовые схемы включения модулей приведены на рисунках 5.1 и 5.2. Для улучшения качества питания аппаратуры необходимо шунтировать входные и выходные цепи модуля конденсаторами $C_{вх}$, $C_{вых}$ с низким полным сопротивлением соответствующего напряжения. Ёмкость и рекомендуемые типы входных и выходных конденсаторов для одноканальных модулей, указаны для $C1...C2$, $C_{вх}$, $C_{вых_к}$ в таблице 6, для $C_{вых}$ в таблице 7. В таблице 8 указаны максимальные суммарные величины емкости конденсаторов $C_{вых}$, при которых возможен запуск модуля.

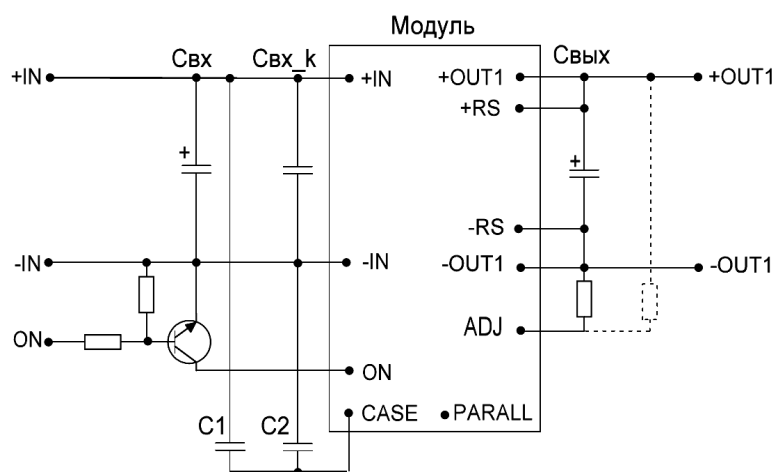


Рисунок 5.1 - Типовая схема включения одноканального модуля

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы
------	------	----------	-------	------	--

Лист	12
------	----

Таблица 6 - Рекомендуемые значения емкости разделительных и входных конденсаторов для типовой схемы включения модуля.

Номинальная выходная мощность, Вт	C1, C2, нФ	Cвх	Cвх_к
Номинальное входное напряжение 12 В («12», «12 W»)			
25	1500pF 2000V X7R (LD06GC152KAB1A AVX)	33uF 50V	10uF 50V (CGA6P3X7S1H106K TDK)
50		68uF 50V	2 x 10uF 50V (CGA6P3X7S1H106K TDK)
100		120uF 50V	2 x 10uF 50V (CGA6P3X7S1H106K TDK)
200		220uF 50V	3 x 10uF 50V (CGA6P3X7S1H106K TDK)
400		470uF 50V	4 x 10uF 50V (CGA6P3X7S1H106K TDK)
Номинальное входное напряжение 24 В, 27В («24 », «24 W», 27)			
25	1500pF 2000V X7R (LD06GC152KAE 1A AVX)	22uF 100V	4.7uF 100V (CGA6M3X7S2A475K TDK)
50		47uF 100V	2 x 4.7uF 100V (CGA6M3X7S2A475K TDK)
100		68uF 100V	3 x 4.7uF 100V (CGA6M3X7S2A475K TDK)
200		100uF 100V	3 x 4.7uF 100V (CGA6M3X7S2A475K TDK)
400		220uF 100V	4 x 4.7uF 100V (CGA6M3X7S2A475K TDK)
Номинальное входное напряжение 48 В («48»)			
25	1500pF 2000V X7R (LD06GC152KAE 1A AVX)	10uF 100V	2,2uF 100V (CGA6M3X7S2A225K TDK)
50		22uF 100V	4.7uF 100V (CGA6M3X7S2A475K TDK)
100		47uF 100V	6,8uF 100V (CGA6M3X7S2A475K TDK)
200		68uF 100V	6,8uF 100V (CGA6M3X7S2A475K TDK)
400		100uF 100V	2 x 4.7uF 100V (CGA6M3X7S2A475K TDK)

Примечания к таблице 7:

1. Для модулей других типов с аналогичными входными сетями 12, 12W, 24, 24W, 27, 48, например, для модулей JETND, TESD и TESND можно использовать рекомендуемые значения входных конденсаторов с учетом мощности, т.е. увеличение/уменьшение мощности соответствует пропорциональному изменению значения рекомендованного входного конденсатора.
2. Для модулей TESH с входными сетями 110 и 230 вольт постоянного тока наличие входных электролитических конденсаторов Cвх является обязательным. Значения входной емкости должно выбираться из расчета 0,1 мкФ/Вт для сети 230 и 0,4 мкФ/Вт для сети 110. Предельное рабочее напряжение входной емкости должно быть не менее 1,2 от предельного входного напряжения согласно даташита на модуль.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Интв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подп. и дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
												13

Таблица 7 - Рекомендуемые значения емкости выходных конденсаторов Свых для типовой схемы включения модуля.

Выходная мощность, Вт	Выходное напряжение, В			
	св. 3 В до 6 В вкл	св. 6 В до 15 В вкл	св. 15 В до 32 В вкл	св. 32 В до 80 В вкл
25	47UF 10V (TPSB476M010R0650 AVX)	15UF 25V (TPSC156K025R0300 AVX)	6,8UF 50V (T495D685M050ATE300 Kemet)	5,6uF 100V (ELXV101ELL5R6MEB5D Nippon Chemi-Con)
50	220UF 10V (T495D227M010ATE100 Kemet)	68UF 25V (T495D686K025ATE200 Kemet)	2 x 10UF 50V (T494D106K050AT Kemet)	12uF 100V (ELXV101ELL120MFB5D Nippon Chemi-Con)
100	2 x 150UF 10V (T495D157M010ATE050 Kemet)	2 x 68UF 25V (T495D686K025ATE200 Kemet)	2 x 10UF 50V (T494D106K050AT Kemet) и 39UF 50V (ELXV500ELL390MFB5D Nippon Chemi-Con)	33uF 100V (ELXV101ELL330MH15D Nippon Chemi-Con)
200	2 x 220UF 10V (T495D227M010ATE100 Kemet)	3 x 68UF 25V (T495D686K025ATE200 Kemet)	3 x 10UF 50V (T494D106K050AT Kemet) и 68uF 50V (ELXV500ELL680MH12D Nippon Chemi-Con)	68uF 100V (ELXV101ELL680MJ25S Nippon Chemi-Con)
400	нет	нет	6 x 10UF 50V (T494D106K050AT Kemet) и 1000uF 50V (ELXV500ELL102ML30S Nippon Chemi-Con)	470uF 100V ELXV101ELL471ML40S Nippon Chemi-Con)

Таблица 8 - Максимальная суммарная емкость выходных конденсаторов Свых для типовой схемы включения.

Номинальная выходная мощность, Вт	Максимальная суммарная емкость выходных конденсаторов Свых, мкФ					
	5	12	15	24	27	48
JETD25	4 500	780	500	200	150	50
JETD50	13 000	2 200	1400	550	450	150
JETD100	21 000	3 600	2 300	900	700	220
JETD200	40 000	7 000	4 400	1 700	1 400	400
JETD400	-	12 000	7 700	3 000	2 400	800

Примечание к таблице 8:

1. Максимальная суммарная емкость выходных конденсаторов Свых указана для нагрузки 50% при номинальном входном напряжении.

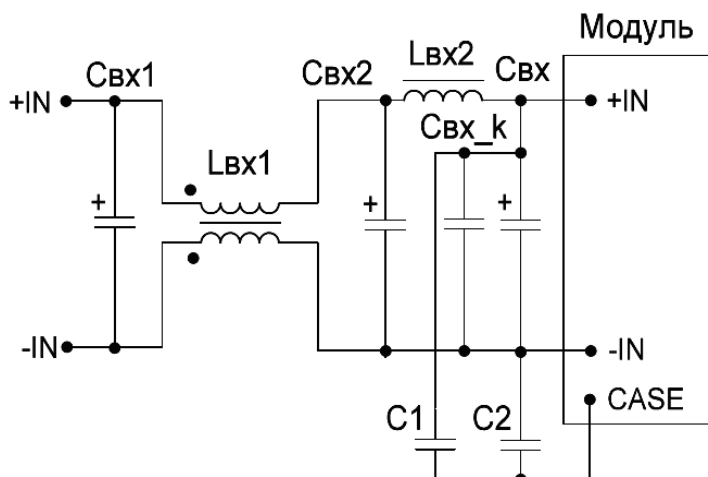
2. При не стандартных выходных напряжениях, не указанных в таблице 8, максимальную суммарную выходную емкость можно рассчитать исходя из того, что для модуля значение $C_{вых} \cdot U_{вых}^2$ является константой.

5.5.2 Конденсаторы должны быть расположены в непосредственной близости от выводов модуля на расстоянии не более 10 мм от корпуса. Конденсаторы C1, C2 – керамические чип-конденсаторы, температурной группы X7R с максимальным напряжением, соответствующим требуемому напряжению прочности изоляции «вход-корпус», «выход-корпус».

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

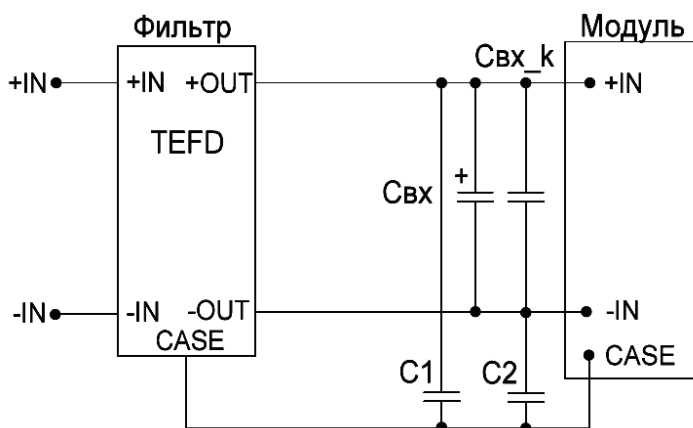
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
						14

5.5.3 В случае если к аппаратуре предъявляются требования по уровню излучаемых помех в сеть питания, применяются схемы включения модулей с внешним фильтром в соответствии с рисунками 5.2, 5.3 и таблицей 1.



Lvx1 – 70мкГн, 80А (С-36А29-06, CWS Coil Winding);
 Lvx2 – 1мкГн, 85А (IHLP8787MZER1R0M5A, Vishay);
 Cvx1, Cvx2 – 33мкФ, 100В (ELXV101ELL330MH15D, NIPPON CHEMI-CON);
 Cvx, Cvx_k, C1, C2 – в соответствии с таблицей 10

Рисунок 5.2 – Типовая схема включения модулей JETD200, JETD400 с внешним фильтром для подавления кондуктивных промышленных радиопомех.



Cvx, Cvx_k, C1, C2 – в соответствии с таблицей 11

Рисунок 5.3 Схема включения модулей JETD25...JETD200 с внешним фильтром серии TEFD для подавления кондуктивных промышленных радиопомех.

5.5.4 Дроссели Lvx1 и Lvx2 могут быть изготовлены на тороидальных нанокристаллических сердечниках, имеющих высокое значение магнитной проницаемости, например РМЕС 403/В (Nanocrystalline core R201205 РМЕС) фирмы РМЕС. Обмотки дросселя должны быть намотаны в один слой до равномерного покрытия половин сердечника, количество витков в обмотках одинаковое. Обмотки должны располагаться каждая в своем секторе сердечника.

5.5.5 Выбор типоразмера сердечника и индуктивности зависит от требуемого уровня подавления помех, габаритных размеров и т.п. Сечение проводов дросселя выбирается, исходя из величины максимального входного тока и допустимой величины падения напряжения на элементах фильтра.

5.5.6 Для измерения пульсаций выходного напряжения необходимо использовать специальное приспособление для измерения пульсаций. Схема приспособления с указанными номиналами используемых элементов приведена ниже. Конструкция должна обеспечивать

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

непосредственное протекание выходного тока через выводы элементов C1, C2. Слева, провода, уложенные в витую пару (длина около 15 см), идущие от выходных разъемов модуля. Справа, провода для подключения нагрузки, также уложенные в витую пару. Сечение проводов для выходных токов до 40А не менее 2,5мм², для выходных токов более 40А не менее 3,5мм². Стандартный измерительный щуп осциллографа подключается к BNC разьему X1, который конструктивно расположен непосредственно у C1, C2. Приспособление для измерения выходных пульсаций выпускается и может быть заказано.

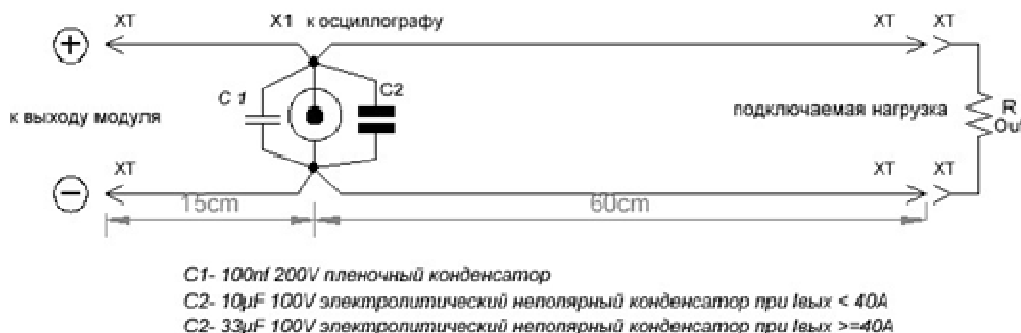


Рисунок 5.4 - Приспособление для измерения пульсации выходного напряжения.

5.5.7 Использование в качестве измерителя пульсаций стандартного щупа от осциллографа с относительно длинным земляным выводом (около 15 см.) приводит к наведению большого уровня высокочастотных помех на измеряемый сигнал. Причиной является «петля», образованная земляным выводом, на которую наводятся излучаемые помехи.

5.6 Использование функции дистанционного выключения/включения

5.6.1 Дистанционное выключение/включение может осуществляться с помощью механического контакта реле или электрического ключа типа разомкнутый коллектор. Выключение модуля должно осуществляться соединением вывода «ON» с выводом «- IN». При этом через ключ может протекать ток до 5 мА, а максимальное падение напряжения на ключе должно быть не более 0,5 В. Включение модуля осуществляется размыканием ключа за время не более 5 мкс. В разомкнутом состоянии к ключу приложено напряжение до 20 В, допустимый ток утечки через ключ не должен превышать 50 мкА.

5.6.2 Типовой пример реализации дистанционного выключения/включения для двух модулей приведен на рисунке 5.5.

Если функция дистанционного выключения/включения не используется, то вывод «ON» оставить не подключенным.

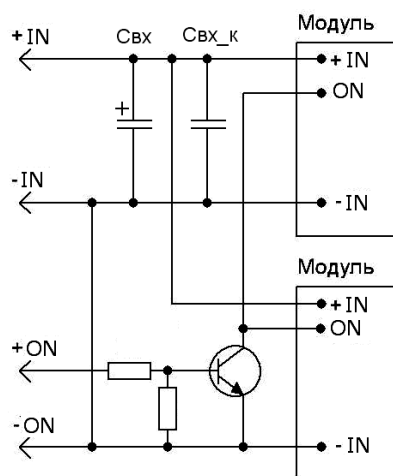


Рисунок 5.5 - Типовая схема реализации функции дистанционного выключения/включения

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
						16

5.7 Защита от перегрузки по мощности и короткого замыкания выхода

5.7.1 Защита от перегрузки осуществляется путем ограничения выходной мощности. При превышении выходной мощности порога срабатывания защиты, система управления начинает понижать выходное напряжение модуля, ограничивая максимальную выходную мощность. В случае если, выходная нагрузка продолжает увеличиваться и выходное напряжение снижается до 60-70% от своего номинального значения, модуль переходит в режим релаксации. Когда перегрузка или короткое замыкание будет устранены, работоспособность модуля восстановится автоматически.

5.7.2 Контроль и ограничение выходной мощности модуля осуществляется по первичной стороне модуля.

5.7.3 Защита модулей от короткого замыкания - мгновенного действия, поэтому даже кратковременное превышение номинальной выходной мощности воспринимается модулем как режим короткого замыкания. Значительные величины емкости на выходе модуля или работа на энергоемкие нагрузки (реле, электродвигатели), приводящие к кратковременному превышению номинальной выходной мощности, могут вызвать незапуск или не выход его в рабочий режим. Максимальная суммарная емкость выходных конденсаторов Свых для типовой схемы включения приведена в таблице 8.

5.8 Последовательное соединение выходных каналов

5.8.1 Допускается соединять последовательно выходные каналы модулей для увеличения выходного напряжения. При этом выход каждого из каналов необходимо шунтировать обратновключенными диодами с максимальным прямым током не менее тока нагрузки и максимальным обратным напряжением более удвоенного номинального выходного напряжения канала.

Примеры последовательного соединения выходных каналов модулей для увеличения выходного напряжения приведены на рисунке 5.6.

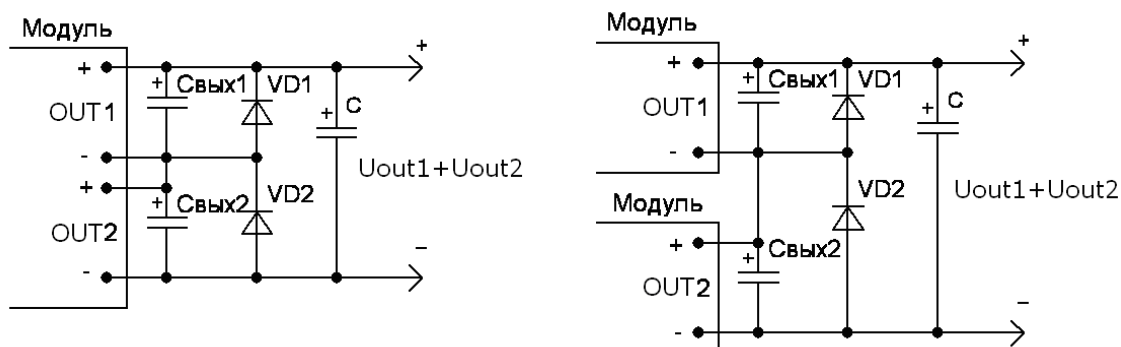


Рисунок 5.6 - Примеры последовательного соединения выходных каналов модулей для получения повышенного выходного напряжения.

5.9 Получение двухполярного выходного напряжения

5.9.1 На рисунке 5.7 показаны примеры получения двухполярного выходного напряжения от модуля с двумя гальванически развязанными выходами и от двух одноканальных модулей.

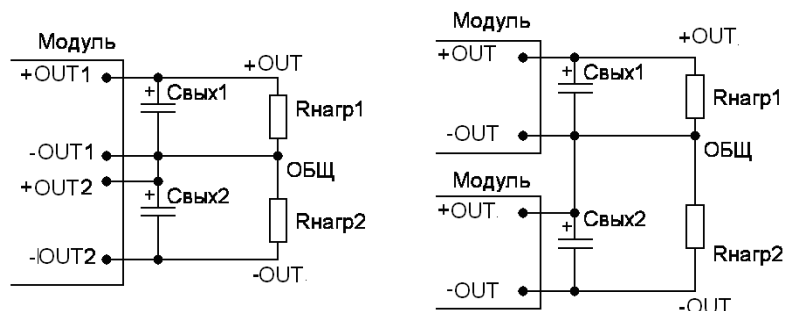


Рисунок 5.7 - Примеры получения двухполярного выходного напряжения от модуля с двумя гальванически развязанными выходами и от двух одноканальных модулей.

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
						17

5.10 Использование функции выносной обратной связи

5.10.1 Применение функции выносной обратной связи позволяет компенсировать падение выходного напряжения на соединительных проводах и развязывающих диодах до 5% от значения выходного напряжения при номинальной мощности на выходе. Для использования выносной обратной связи выводы «+RS» (+OC) и «-RS»(-OC) модулей должны быть подключены непосредственно к нагрузке с соблюдением полярности. Подключение осуществляется витой парой проводников сечением не менее 0,1 мм². Пример включения приведен на рисунке 5.8.

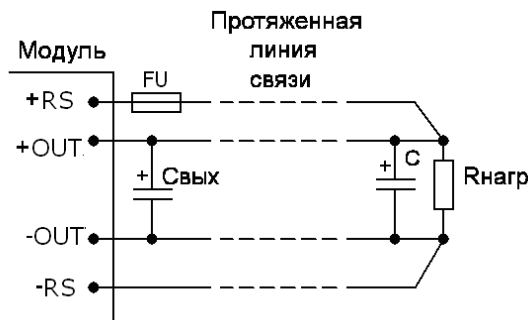


Рисунок 5.8 - Пример реализации функции выносной обратной связи

5.10.2 Величина емкости конденсатора С зависит от динамических характеристик нагрузки. Суммарная емкость конденсаторов Свых и С не должна превышать значений, приведенных в таблице 13.

5.10.3 В случае, когда функция выносной обратной связи не используется, выводы «+RS» и «-RS» необходимо напрямую соединить с выводами «+OUT» и «-OUT» соответственно.

5.10.4 Категорически запрещается включение и эксплуатация модуля с неподключенными выводами «+RS» и «-RS».

5.10.5 Категорически запрещается коммутировать выходные цепи модуля во включенном состоянии при подключенных выводах «+RS» и «-RS».

5.10.6 Рекомендуется устанавливать предохранители на ток от 0,1 до 0,125 А в цепи выносной обратной связи для исключения выхода из строя цепей управления при обрыве цепи нагрузки (при включенной цепи выносной обратной связи).

5.11 Параллельное соединение выходов модулей через диоды

5.11.1 Во многих случаях для увеличения выходной мощности системы электропитания или для реализации резервирования можно объединять выходы нескольких модулей через разделительные диоды. При этом необходимо следить, чтобы выходные напряжения параллельно соединяемых модулей отличались не более чем на 1%. Для подстройки выходного напряжения можно воспользоваться функцией регулировки выходного напряжения. В качестве разделительных диодов для снижения тепловых потерь рекомендуется применять специальные ORing-диоды Шоттки с минимальным падением напряжения. Пример реализации параллельного соединения выходов модулей через диоды приведен на рисунке 5.9.

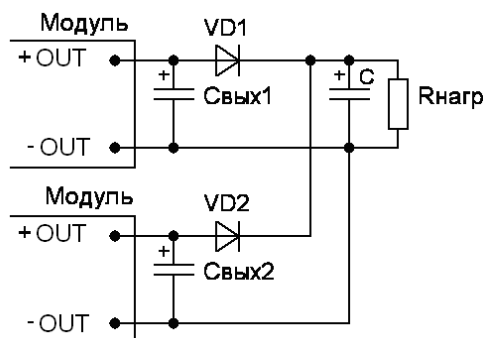


Рисунок 5.9 - Пример реализации параллельного соединения выходов через разделительные диоды

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
						18

5.12 Использование функции параллельной работы.

5.12.1 Для выравнивания токов параллельно подключенных модулей в модулях JETD200, JETD400 предусмотрен специальный вывод PAR (ПАР) который должен быть соединен у всех параллельно подключенных модулей.

5.12.2 Модули JETD25...JETD100 не имеют функции параллельной работы, для увеличения выходной мощности системы электропитания их выходы можно объединять только через разделительные диоды.

5.12.3 Возможность параллельного соединения выходов модулей для работы на общую нагрузку при использовании функции параллельной работы позволяет увеличить суммарную выходную мощность модулей до значения

$$P_{\text{сумм}} = 0,7 \cdot N \cdot P_n, \quad (5.3)$$

где: 0,7 – рекомендуемый коэффициент загрузки модулей,

N – количество модулей, включаемых параллельно,

P_n – номинальная выходная мощность модуля, Вт.

При правильно выполненном подключении модулей разброс токов модулей, включенных параллельно, на номинальной суммарной выходной мощности не превышает 10...15 %. Указанное значение разброса токов параллельно подключенных модулей справедливо при количестве модулей не более 3-х или 3+1 в системе с резервированием. При количестве параллельно подключенных модулей более 3-х разброс токов может увеличиваться и параллельное включение с целью повышения мощности становится не эффективным. В этом случае целесообразно переходить на модули большей мощности. Так, например, для требуемой мощности 600 ватт вместо 4 модулей JETD200 правильной применить 2 модуля JETD400.

5.12.4 Подключение модулей для параллельной работы осуществляется запараллеливанием выходных цепей модулей на мощные сборные шины и объединением у них выводов параллельной работы в соответствии с рисунками 5.10 - 5.14. При этом необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- модули должны располагаться в непосредственной близости друг от друга. Разделительные диоды и предохранители должны кратчайшим путем соединяться с соответствующими выводами модулей;
- проводники, соединяющие выходные выводы модулей со сборными шинами должны быть одинаковыми, минимальной длины и большого сечения. При этом особое внимание следует обратить на «минусовые» выходы модулей, они должны быть расположены так близко друг к другу как это только возможно. Падение напряжения в этом соединении может быть причиной дополнительного сдвига напряжения на выводе «PAR», результатом которого будет увеличение разбаланса входных токов модулей. Подключение в «минусовые» выходные цепи разделительных диодов и токоизмерительных резисторов не допускается;
- сборные шины должны проходить в непосредственной близости от выходных выводов модуля и иметь сечение в N раз большее, чем проводники, соединяющие модули с шиной, где N - количество модулей, включенных параллельно;
- соединение сборных шин с нагрузкой должно находиться в средней части шин;
- цепи выносной обратной связи каждого из модулей необходимо соединять витой парой проводов непосредственно с нагрузкой с соблюдением полярности;
- проводник, соединяющий выводы «PAR» модулей, располагать подальше от источников помех, имеющих в аппаратуре. К выводу «PAR» запрещается подключать конденсаторы, резисторы или RC-цепи, в связи с возможной нестабильной работой модулей.

5.12.5 Категорически запрещается коммутировать выходные цепи модулей во включенном состоянии. Нарушение данных требований ведет к выходу из строя системы управления параллельной работой модуля и влечет за собой отказ от гарантийных обязательств.

Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы					Лист 19

5.12.6 Амперметры для контроля равномерного распределения мощности по модулям рекомендуется включать во входные цепи модулей.

5.12.7 В качестве разделительных диодов VD1, VD2, VD3 применяются диоды Шоттки, имеющие минимальное падение напряжения. Их максимальное обратное напряжение должно быть в 1,5 - 2 раза больше, чем номинальное выходное напряжение модулей. Максимальный прямой ток диодов должен минимум в два раза превосходить максимальный выходной ток одного модуля.

5.12.8 Для параллельной работы использовать модули эквивалентной мощности с одинаковым номинальным выходным напряжением, имеющие разброс не более 1 %. Рекомендуется использовать модули из одной производственной партии.

5.12.9 Напряжение на выводе «PAR» относительно «-OUT» при 100% нагрузке модуля должно быть $2В \dots \pm 0,2 В$ и меняться прямо пропорционально выходному току.

5.12.10 Построение резервированной системы по принципу N+M с равнозначными модулями (Рис. 5.10). На выходе каждого из модулей необходимо установить разделительные диоды. Выходное напряжение непосредственно на нагрузку будет меньше выходного напряжения модуля на величину падения напряжения на VD1 – VD3 и соединительных проводах. Падение напряжения можно скомпенсировать с помощью функции подстройки выходного напряжения, посредством переменного резистора ADJ установленного в модуле, в пределах 5 % от значения выходного напряжения модулей. Для этого, перед параллельным включением модулей, выходное напряжения каждого модуля в отдельности настраивается на необходимую величину.

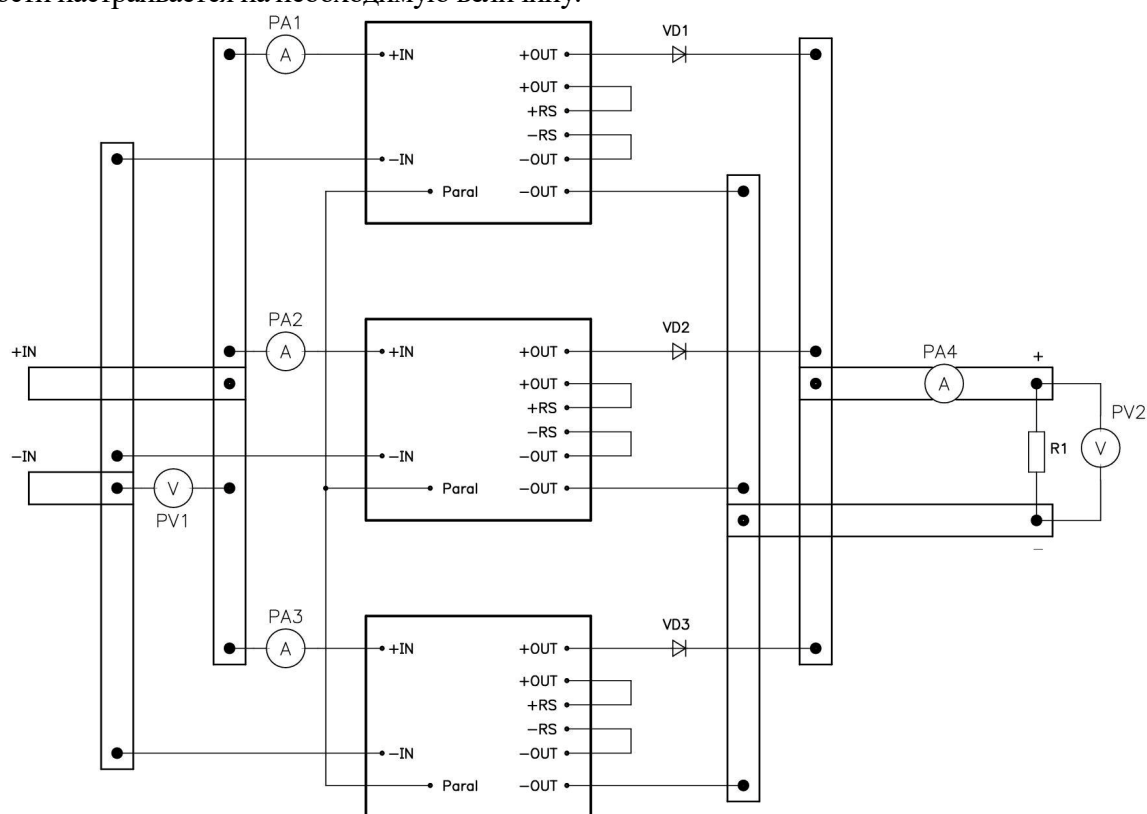


Рисунок 5.10 Резервированная система, построенная по принципу N+M с равнозначными модулями

5.12.11 Построение резервированной системы по принципу N+M с равнозначными модулями (Рис. 5.11) и использованием функции выносной обратной связи. Выводы «+RS» и «-RS» каждого из модулей подключают непосредственно к анодам диодов VD1-VD3 и нагрузке с соблюдением полярности. Выносная обратная связь может скомпенсировать падение напряжения на соединительных проводах в пределах 10%.

Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
						20

5.12.12 Возможны и другие варианты построения резервированных систем электропитания, которые могут быть обусловлены особенностями питаемой аппаратуры и первичных источников. В этом случае необходимо запрашивать изготовителя модулей в целях консультации.

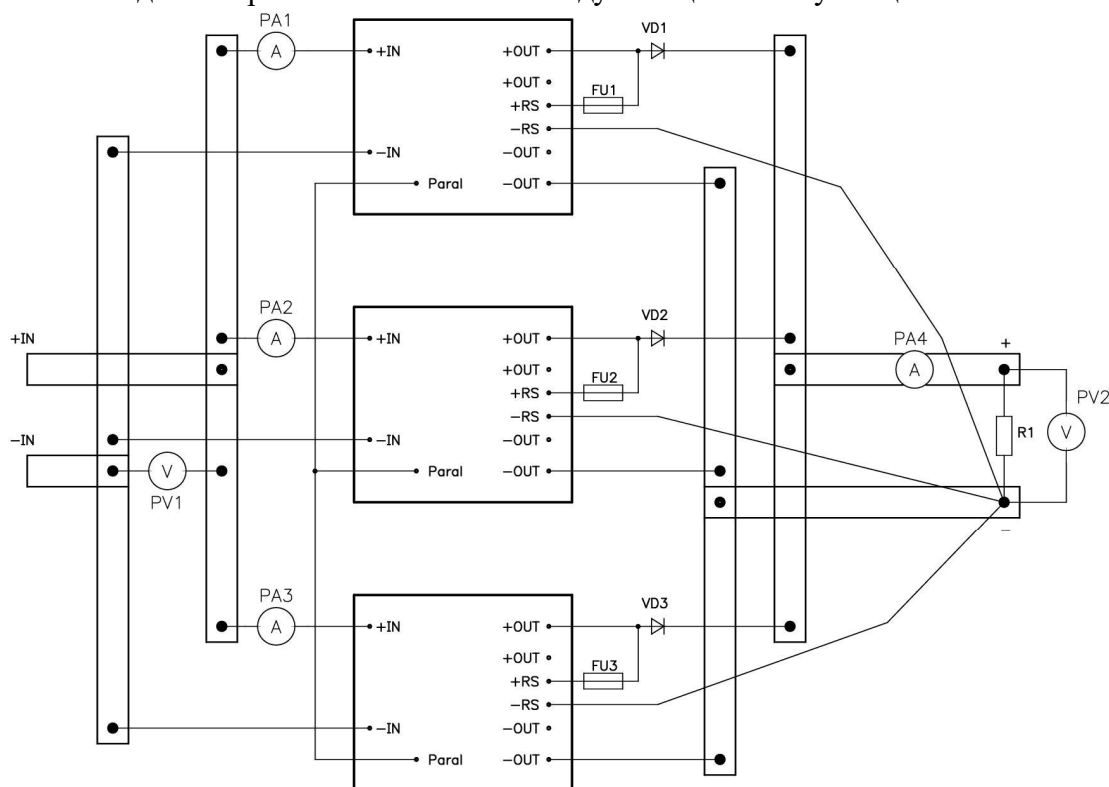


Рисунок 5.11 Резервированная система, построенная по принципу N+M с равнозначными модулями и использованием функции выносной обратной связи

5.12.13 Построение системы по принципу «ведущий-ведомый», ограниченное резервирование (Рис. 5.12). Выводы выносной обратной связи «+RS» и «-RS» подключают непосредственно к нагрузке с соблюдением полярности только у одного модуля. Данный модуль будет ведущим в системе электропитания, остальные ведомыми. У ведомых модулей выводы выносной обратной связи «+RS» и «-RS» подключают напрямую с выводами «+OUT» и «-OUT» соответственно.

5.12.14 Нарастивание выходной мощности. В случаях, когда построение резервированной системы не нужно, а необходимо только нарастить выходную мощность возможно использование схемы без установленных разделительных диодов (Рис.5.13). При использовании данной схемы включения, необходимо тщательно проверить все режимы, в которых будет работать аппаратура, на предмет устойчивой работы модулей (стабильность выходного напряжения, разбаланс входных токов, запуск). С точки зрения устойчивости работы, схема с разделительными диодами на выходе модулей является более предпочтительной, т.к. диоды исключают влияние модулей друг на друга.

5.12.15 Подстройка общего выходного напряжения модулей, включенных параллельно по выходу (Рис.5.14). Подстройка выходного напряжения осуществляется от плюс 10% до минус 30% от значения номинального выходного напряжения. Выводы «ADJ» параллельно включенных модулей соединить вместе и подключить к среднему выводу внешнего регулировочного потенциометра. Для обеспечения стабильной работы параллельно включенных модулей, плюсовой и минусовой проводники потенциометра необходимо подключить к выводам «+RS» и «-RS» одного из модулей. Проводники к внешней регулировке по возможности должны быть короткими и свиты между собой. Подстройка выходного напряжения не имеет влияния на распределение входных токов между модулями.

5.12.16 При использовании схем параллельного соединения выходов модулей, запрещается осуществлять подстройку выходного напряжения с помощью переменного резистора ADJ

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы

установленного в модулях в момент работы модулей, для этих целей необходимо пользоваться рекомендациями п.5.14.15.

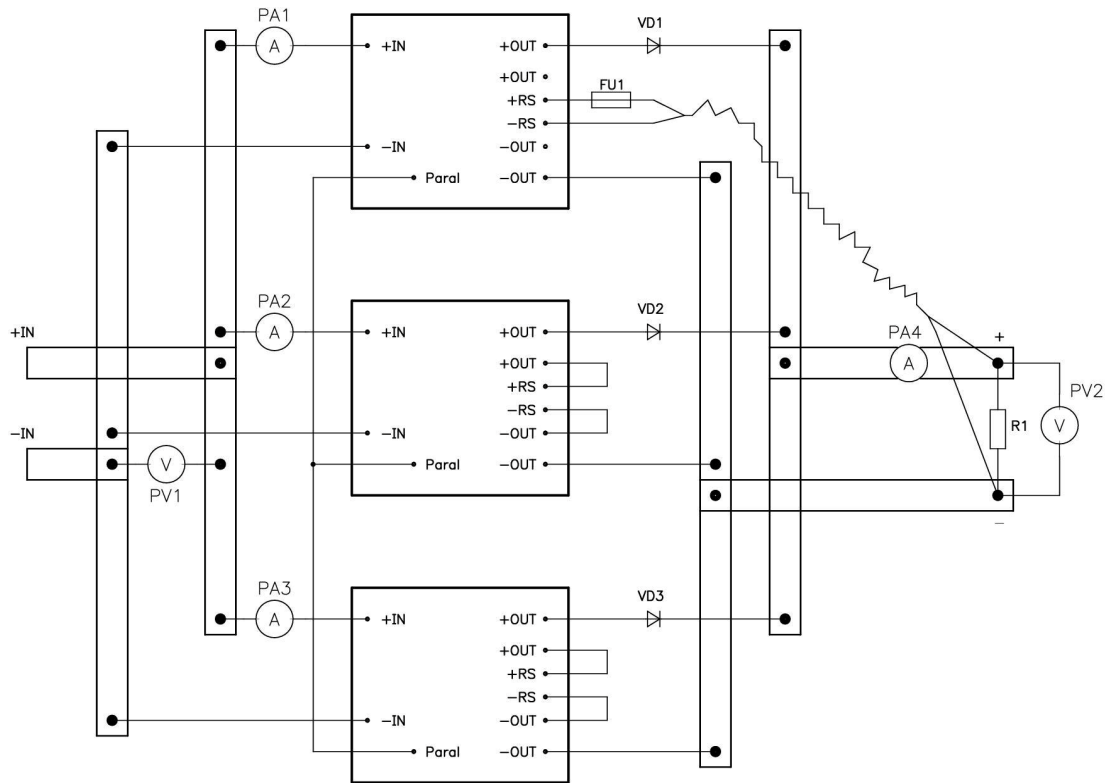


Рисунок 5.12 Система, построенная по принципу «ведущий-ведомый»

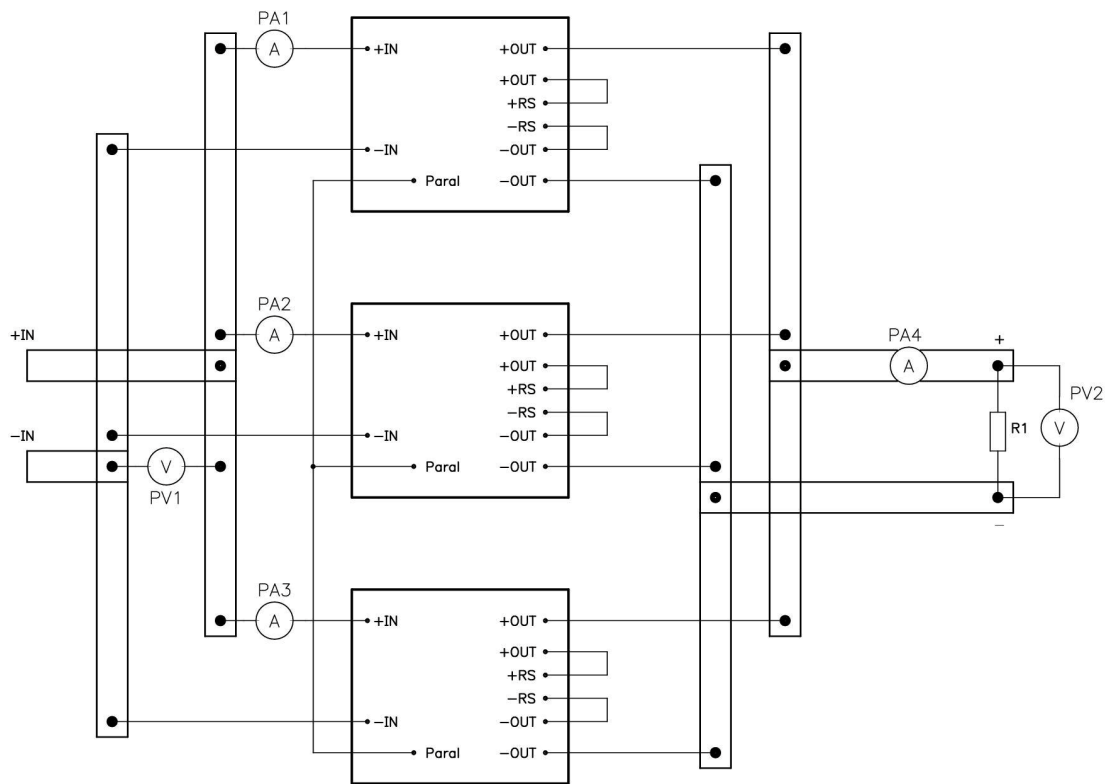


Рисунок 5.13 Схема для наращивания выходной мощности

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
														22

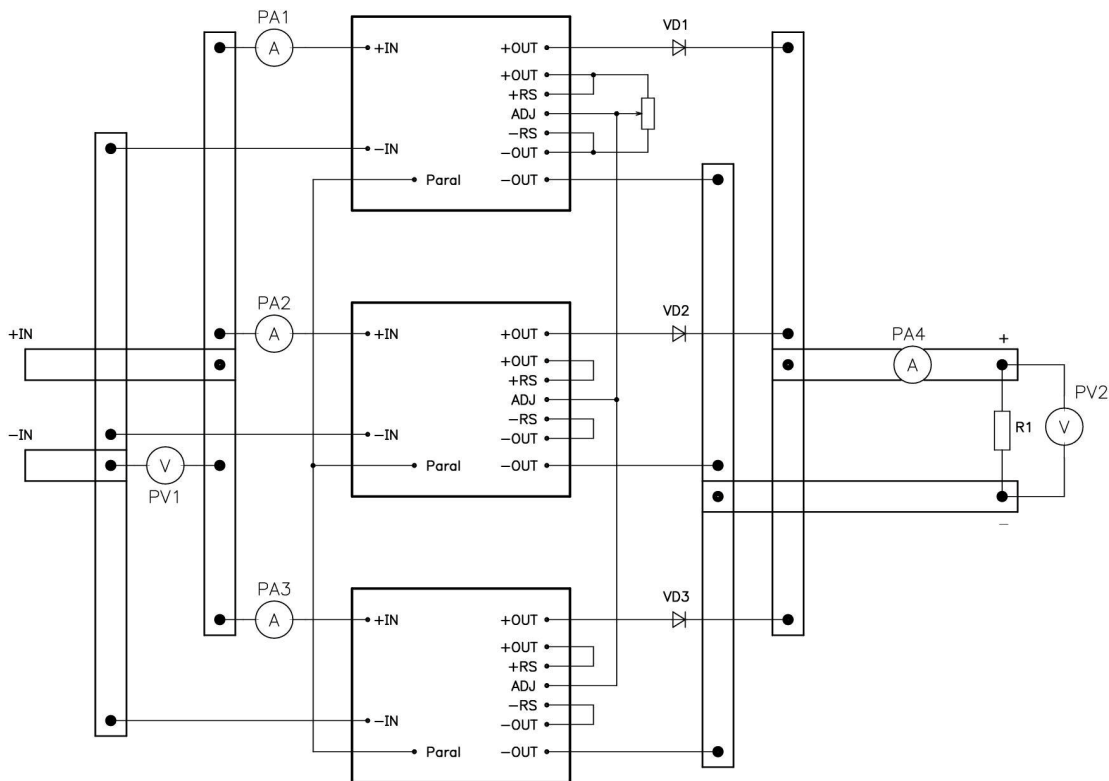


Рисунок 5.14 Использование функции подстройки общего выходного напряжения параллельно включенных модулей.

5.12.17 Общий выход параллельно включенных модулей необходимо шунтировать танталовыми или алюминиевыми конденсаторами с низким полным сопротивлением соответствующего напряжения (Low ESR). Емкость и рекомендуемые типы выходных конденсаторов указаны в таблице 11, емкость необходимо увеличить в N-раз. Где N- количество модулей, включаемых параллельно.

5.13 Использование функции подстройки выходного напряжения

5.13.1 Подстройка выходного напряжения в диапазоне не менее $\pm 5\%$ в модулях, имеющих вывод «ADJ» (PEГ) может осуществляться, например, путем подключения вывода «ADJ» через резистор к выводу «-OUT» (для увеличения выходного напряжения, см. рисунок 5.15) или к выводу «+OUT» (для уменьшения выходного напряжения, см. рисунок 5.16).

5.13.2 Для увеличения выходного напряжения рекомендуется использовать значения сопротивлений в диапазоне от 4,7 кОм до 47 кОм, для уменьшения выходного напряжения у модулей с выходным напряжением 3 В рекомендуется использовать значения сопротивлений в диапазоне от 750 Ом до 7,5 кОм, у модулей с выходным напряжением 5В – от 4,7 кОм до 47 кОм, у модулей с выходным напряжением 12 В – от 75 кОм до 750 кОм, у модулей с выходным напряжением 24 В – от 240 кОм до 2,4 МОм, у модулей с выходным напряжением 48 В – от 560 кОм до 5,6 МОм (данные приведены как справочные). Точный номинал резистора определяется экспериментально в процессе обработки аппаратуры.

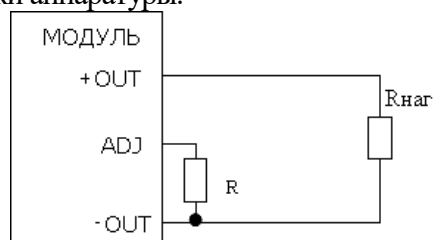


Рисунок 5.15 Увеличение выходного напряжения

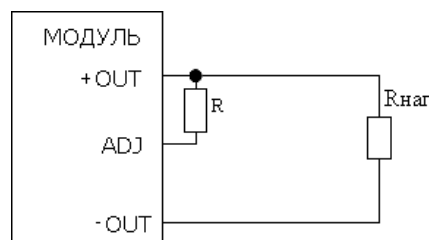


Рисунок 5.16 Уменьшение выходного напряжения

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

5.14 Минимальные токи нагрузки модулей

5.14.1 Допускается использование модулей с токами нагрузки менее величин $0,1 \cdot I_n$. При этом амплитуда пульсаций выходного напряжения не превышает 20% от номинального напряжения, абсолютное значение выходного напряжения в этом случае не превышает $1,1 \cdot U_n$.

5.15 Максимальные токи нагрузки модулей

5.15.1 Запрещается длительная эксплуатация модуля (более 1 мин) с токами нагрузки, превышающими номинальные значения.

5.15.2 При подключении выходных контактов модуля для более равномерного распределения токовой нагрузки необходимо использовать все имеющиеся контакты.

5.16 Защита от понижения и повышения входного напряжения

5.16.1 Модули JETD имеют встроенную схему выключения, срабатывающую в случае падения входного напряжения на 2 - 10 % ниже минимально допустимых значений, указанных в таблице 2 или повышения входного напряжения выше на 2-10% максимально допустимых пределов согласно таблицы 2.

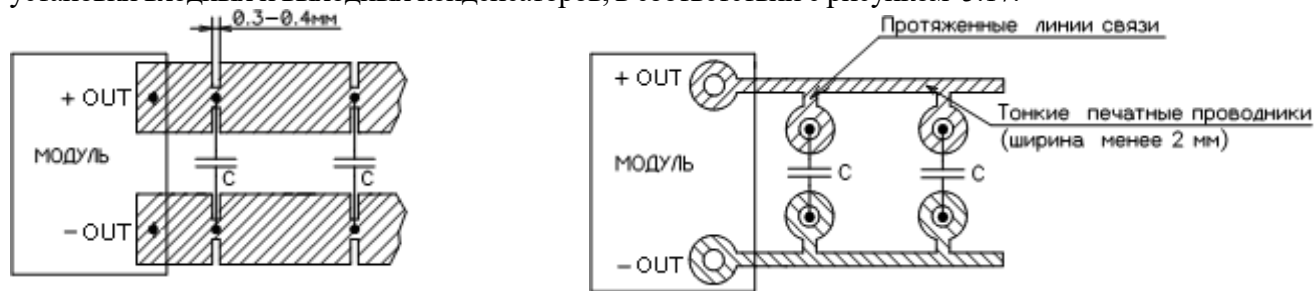
5.16.2 Во время броска тока в момент включения, а также при работе модулей на динамическую нагрузку входное напряжение должно оставаться выше минимально допустимого значения. При больших токах применяют параллельное соединение проводников кабеля и контактов соединителя.

5.17 Защита от повышенного выходного напряжения

5.17.1 Модули JETD имеют встроенную схему выключения модуля, срабатывающую при достижении значения выходного напряжения $1,1 \dots 1,4 \cdot U_{вых.ном}$ с последующим автоматическим возвратом в режим стабилизации после снятия превышения выходного напряжения.

5.18 Топология печатной платы, объемный монтаж для модулей.

5.18.1 Рекомендуется подключение модулей к аппаратуре с помощью двух- и более слойных печатных платы из материала FR4 с толщиной фольги 0,07-0,105 мм. Необходимо обращать особое внимание на топологию печатных плат (правильность подключения объемных проводников) в местах установки входных и выходных конденсаторов, в соответствии с рисунком 5.17.



а) Правильно

б) Неправильно

Рисунок 5.17 - Варианты топологий печатных плат для модулей в местах установки входных и выходных конденсаторов

5.18.2 Толщину фольги, ширину трасс для печатных плат необходимо выбирать исходя из величины входных и выходных токов модуля. Их длину необходимо делать как можно меньше.

5.18.3 Силовые цепи и цепи управления аппаратуры необходимо разнести как можно дальше друг от друга в пространстве. Недопустимо размещение под модулем каких-либо проводников для того, чтобы исключить возможность наводок от модуля в цепи управления аппаратуры.

5.18.4 Необходимо заземление корпуса модуля через вывод «CASE» или методом пайки корпуса к заземленным проводникам.

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND, TESH, JETNH - Руководящие технические материалы	Лист
						24

5.18.5 Для обеспечения заданной прочности изоляции между первичной и вторичной стороной схемы электропитания расстояние между ближайшими проводниками этих цепей должно быть не менее 1 мм.

5.18.6 Важными моментами рекомендуемых топологий с позиций электромагнитной совместимости и теплоотвода являются:

- максимальное использование металлизации платы с обеих сторон для экранировки излучений со стороны выводов модуля и поверхности заливки герметиком;

- между модулем и печатной платой должен находиться заземленный слой металлизации максимальной площади с открытыми площадками для непосредственной припайки корпуса модуля, сам модуль должен быть осажен на печатную плату до непосредственного касания корпуса модуля и металлизации печатной платы;

- в районе выводов фильтрующих входных и выходных конденсаторов на печатных проводниках выполняются просечки (рис. 5.17а) для исключения паразитных путей распространения помех.

5.18.7 Ближнее поле излучаемых помех, действующее на расстоянии от 5 до 15 мм от поверхности корпуса модуля в диапазоне частот от 100 кГц до 100 МГц практически не поддается эффективному экранированию, поэтому необходимо избегать попадания в эту зону каких либо чувствительных цепей и устройств аппаратуры.

5.19 Рекомендации по конструктивному размещению модуля и системному заземлению

5.19.1 Модули удовлетворяют требованиям стандартов, EN55022 класс А по кондуктивным помехам в диапазоне частот от 10 кГц до 30 МГц на входе при условии, что нагрузка расположена на расстоянии не более 10 см. Для подключения нагрузки необходимо применять скрученные пары проводов или проложенные параллельно вплотную друг к другу; общие провода необходимо объединять шиной, обеспечивающей минимальное сопротивление между точками подключения. Длинные соединительные проводники, обеспечивающие подключение нагрузки, могут излучать помехи общего вида с частотами выше 20 МГц на провода, подводящие входную электроэнергию.

5.19.2 Распространению помех по проводам следует препятствовать на системном уровне. В случае, когда модуль не соответствует требованиям класса А на частотах выше 20 МГц в результате выполнения разводки электрических проводов системы, необходимо подключить дополнительный Y конденсатор между общей шиной источника входной электроэнергии и общей точкой заземления выходных питающих напряжений для развязки от помехи общего вида в определенном месте. Рекомендуемый тип конденсатора — 250VAC 2200pF class Y2 (DE2E3KY222MA2BM01) фирмы Murata или эквивалентный ему.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Интв. № подл.	Подп. и дата	Интв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
-----	------	----------	-------	------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------

DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND,
TESH, JETNH - Руководящие технические материалы

Лист

25

Лист регистрации изменений

Изм	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) докум.	№ докум.	Входящий № сопроводительного докум. и дата	Подп.	Дата
	Измененных	Замененных	Новых	Аннулированных					

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

DC/DC модули типов JETD, JETND, TESD, TESND,
TESH, JETNH - Руководящие технические материалы