

МОЩНЫЕ DC/DC-КОНВЕРТЕРЫ СЕРИИ "МИСТРАЛЬ" ДЛЯ ЖЕСТКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Продолжаем рассказ* о новых модулях электропитания группы компаний "Александр Электрик" для особо жестких применений с выходной мощностью 80–1000 Вт. Их отличают весьма малые габариты, удельная мощность до 4200 Вт/дм³, рабочая температура от -60 до 125°С, а также возможность наращивания выходной мощности до 2000 Вт и более.

ОСОБЕННОСТИ МОЩНЫХ МОДУЛЕЙ "МИСТРАЛЬ"

Основное отличие группы мощных модулей серии "Мистраль" (табл. 1 и 2, рис. 1) от маломощных преобразователей, рассмотренных в предыдущей статье, – выносная обратная связь и возможность параллельной работы. **Параллельное включение** модулей питания необходимо для:

- построения отказоустойчивой системы с избыточностью (по принципу "N + M");
- наращивания выходной мощности;
- получения низкопрофильной конструкции в системах электропитания большой мощности;
- распределения мощности потерь модулей по большей поверхности радиатора, уменьшения локального перегрева;
- сокращения числа типонаименований модулей электропитания и как следствие – снижения их цены.

Однако при параллельном включении модулей электропитания возможны проблемы. В основном они связаны с тем, что выходное напряжение модулей имеет некоторый технологический разброс. Рассмотрим параллельное включение трех модулей, работающих на общую нагрузку с током потребления 45 А. Если их включить без дополнительных цепей параллельной работы (рис.2а), конвертер с самым высоким выходным напряжением будет отдавать весь ток в нагрузку (остальные модули окажутся запертыми), пока его значение не достигнет $I_{ном} \cdot 1,2 = 26,7 \cdot 1,2 = 32$ А. В этой точке активизируется защита от перегрузки по току и выходное напряжение начнет снижаться до 12 В, т.е. пока не откроется выход второго конвертера, который начнет отдавать в нагрузку недостающие 13 А. Третий же конвертер будет работать в режиме холостого хода. В результате тепловые режимы модулей окажутся различными, что увеличит интенсивность отказов преобразователей, работающих с большей выходной мощностью.

Поэтому очень важно, чтобы суммарный выходной ток равномерно распределялся между модулями, включенными параллельно, и чтобы они работали в одинаковых тепловых режимах. Эта задача решена введением дополнительной цепи обратной связи по току, которая корректирует выходное напряжение модуля, обеспе-

чивая этим равномерное распределение тока нагрузки. При ее использовании (рис.2б) модуль с наибольшим выходным напряжением играет роль ведущего преобразователя. Отрицательная обратная связь принудительно повышает выходные напряжения других модулей, подтягивая их к значению ведущего конвертера. При этом ток нагрузки равномерно распределяется между всеми преобразователями. При отказе одного из модулей нагрузка автоматически распределяется между рабочими. В этом случае один из оставшихся модулей с большей установкой выходного напряжения берет на себя роль ведущего.



Рис. 1. Модули линии MR в корпусах с фланцами и без фланцев

Выносная обратная связь наиболее востребована в мощных модулях с низким выходным напряжением и большим выходным током. В результате падения напряжения на печатных проводниках и соединительных проводах реальное его значение на нагрузке оказывается ниже номинального (рис.3а). Выносная обратная связь позволяет компенсировать падение выходного напряжения на соединительных проводах в пределах до 5% от номинального значения (рис.3б).

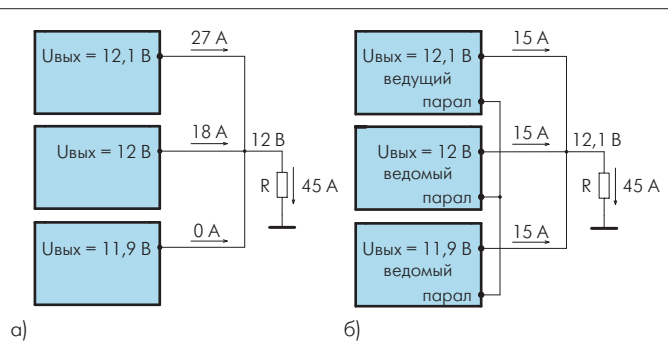


Рис. 2. Принцип активного выравнивания токов в DC/DC-конвертерах серии "Мистраль"

*Лукьянов И., Гончаров А. Высокоэффективные DC/DC-преобразователи серии "Мистраль" для жестких применений. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2005, №4, с. 70–73.



Таблица 1. Основные параметры и состав модулей серии "Мистраль" на 80–320 Вт

Тип модуля	Ориентировочная цена для крупных партий (без НДС), EURO, линии MR / MR-T	Мощность, Вт	Удельная мощность, Вт/дм ³	Типовые выходные напряжения, В	Максимальный выходной ток, А	Типоразмер корпуса, мм	Возможные диапазоны рабочих температур, °С
MR80 / MR80T	43 / 78	80	1590	5; 9; 12; 15; 24; 27	16	53x13x3	Для линии MR: -10...+85 -50...+85 -60...+85 Для линии MR-T: -60...+125
MR160 / MR160T	63 / 120	160	1905	5; 12; 15; 24; 27	30	95x68x13	
95x68x13	109 / 208	320	2664	12; 15; 24; 27	30	110x84x13	

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ

Наработка на отказ модулей серии "Мистраль" достаточно высока – около 2,4 млн. часов при температуре корпуса 25°С. Однако если этот показатель не удовлетворяет разработчика системы электропитания и требуется почти 100%-ная надежность, необходимо построение системы электропитания, устойчивой к отказам. При построении такой системы должны выполняться четыре требования:

- избыточность: в системе должен быть по крайней мере один модуль, способный работать вместо вышедшего из строя, пока неисправный не будет заменен;
- изолирование неисправности: модуль, вышедший из строя, должен изолировать себя от системы так, чтобы это не создало помех для работы других модулей или системы электропитания в целом. Самый простой способ – соединение модулей посредством диодов по схеме "ИЛИ" и применение предохранителей на входе;
- обнаружение неисправности и ее мониторинг: после возникновения неисправности система сохраняет работоспособность, но ее надежность снижается из-за меньшего числа функционирующих модулей. Следовательно, система должна определить, что возникла неисправность и выдать сообщение об этом на компьютер контроля либо подать звуковой или световой сигнал;
- горячая замена: ремонт неисправного модуля должен проводиться при работающей системе электропитания. Для этого необходимы легкий доступ к неисправной единице и возможность горячего включения.

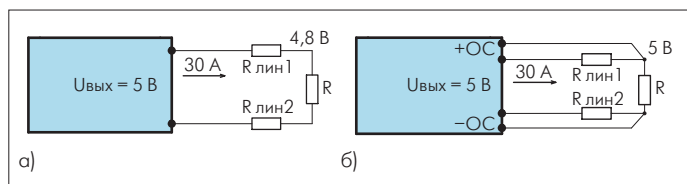


Рис.3. Принцип действия выносной обратной связи

В избыточной архитектуре число модулей, требуемых для питания нагрузки, обозначают как N, число дополнительных, или "запасных", модулей – как M. Тогда различные схемы построения избыточной архитектуры системы электропитания можно записать как "N + M" (рис.4). Во всех примерах на рис.4 выходная мощность нагрузки составляет 300 Вт. Рисунок 4г показывает систему с конвертерами мощностью 150 Вт, которая требует как минимум два рабочих модуля и один запасной (схема "2+1"). Несмотря на то, что данное решение минимизирует занимаемое аппаратурой место, при его реализации увеличивается накопленная норма отказов, поскольку для запитывания нагрузки требуется больше конвертеров. Число дополнительных конвертеров частично определяется наличием свободного места в конструкции и оптимальным соотношением стоимость / надежность.

Таблица 2. Общие технические характеристики модулей электропитания серии "Мистраль"

Входное напряжение	
Номинал, В	Диапазон входного напряжения/ допустимое переходное отклонение (1 с), В
12 (только для модулей типа MR80 / MR80T)	10,5–15 / 10,5–16,8
24	18–36 / 18–37,8
27	17–36 / 17–80
48	36–75 / 36–84
110	82–154 / 82–170
160	130–185 / 130–252
230	175–350 / 175–400
Выходные характеристики	
Диапазон подстройки выходного напряжения	±5%
Установившееся отклонение выходного напряжения	±2%
Суммарная нестабильность выходного напряжения	±4%
Размах пульсаций (пик-пик)	<2% U _{вых.ном.}
Уровень срабатывания защиты от перегрузки	>120% I _{вых.ном.}
Защита от короткого замыкания	>150% U _{вых.ном.}
Уровень срабатывания защиты от перенапряжения	>120% U _{вых.ном.}
Порог срабатывания тепловой защиты для MR / MR-T	90 / 130°С
Общие характеристики	
КГД	80%
Частота преобразования (постоянная)	120 – 200 кГц
Прочность изоляции	
Напряжение выход/ корпус	500 В постоянного тока
Напряжение вход / выход, вход / корпус: при U _{вх} =12; 27 и 48 В	500 В постоянного тока
при U _{вх} =110; 160 и 230 В	1500 В переменного тока
Сопротивление при 500 В постоянного тока	20 МОм
Стойкость к внешним воздействующим факторам	
Повышенная влажность	98–100 % при 35°С
Циклическое изменение температуры для MR / MR-T	-60...+85 °С / -60 ...+125 °С
Многочисленные механические удары	150г, 5–10 мс
Однократный механический удар	1000г, 0,5–2 мс
Синусоидальная вибрация (устойчивость)	2–2000 Гц, 20г
Синусоидальная вибрация (прочность)	20–2000 Гц, 23г
Наработка на отказ	2,4 млн. часов при 25°С

ПРИМЕР ПРАКТИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ СИСТЕМЫ

Практическое построение отказоустойчивой системы электропитания рассмотрим на примере системы "1+1" (принцип "N+1") (рис.5). Эта схема позволяет получить резервированную систему электропитания с минимальной стоимостью. Мощность нагрузки может поддерживать один из преобразователей. При параллельном их включении ток нагрузки равномерно распределен между конвертерами.

В схеме использованы разделительные диоды Шоттки VD1 и VD2, имеющие минимальное падение напряжения. Максимальное

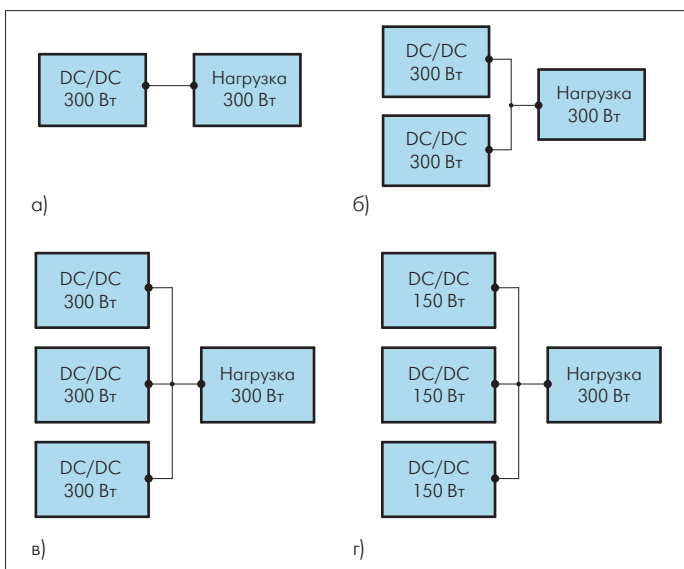


Рис.4. Варианты построения избыточной архитектуры: а) без резервирования; б) резервирование по схеме "1+1"; в) схема "1+2"; г) схема "2+1"

обратное напряжение диодов должно с некоторым запасом превышать номинальное выходное напряжение модулей. Необходимо, чтобы максимальный прямой ток диода примерно в два раза превышал максимальный выходной ток одного модуля. Предохранители FU1 и FU2 рассчитаны на ток, в 1,5–2 больший, чем максимальный входной ток модулей. Сопротивление резисторов R1–R4 составляет 10–50 Ом.

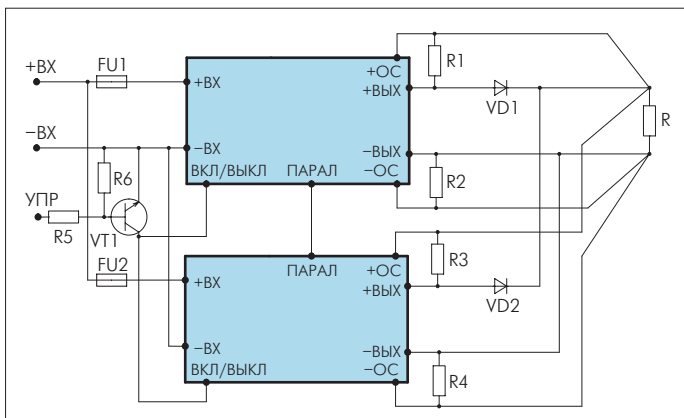


Рис. 5. Принципиальная схема силовой части отказоустойчивой системы

Предохранители на входе и выходные разделительные диоды изолируют неисправный модуль в случае отказа от остальной системы электропитания. На транзисторе VT1 реализовано дистанционное управление системой. Если в системе электропитания не требуется дополнительного резервирования, а задача проектирования сводится только к наращиванию выходной мощности, разделительные диоды и предохранители не требуются.

В следующей статье будут рассмотрены низкопрофильные DC/DC-блоки электропитания серии "Мирабель" мощностью 600 Вт с входным напряжением 27 В для жестких применений. Они построены на основе модулей MR320 и MR320T на принципах, рассмотренных в данной работе.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!

Фирма "Александр Электрик источники электропитания" вышла из состава группы компаний "Александр Электрик" (ГКАЭ). Все публикации от имени ГКАЭ не имеют никакого отношения к вышеупомянутой фирме. Группа компаний "Александр Электрик" продолжает работу в следующем составе: ООО "Александр Электрик Дон" (г. Воронеж), ООО "Александр Электрик источники" (Москва), НТЦ "ИСТЭЛ" (Воронеж), ООО "Юго-Восточная Лаборатория" (Воронеж), AEPS-group s.r.o. (Прага), DEVIST s.r.o. (Прага).