

Модули DC/DC с входным напряжением до 400 В предприятия «Александр Электрик источники электропитания»

И.Твердов, И.Плоткин, В.Тюшевский

Одной из важных проблем энергетической электроники специального назначения является разработка ИВЭП, работающих от входной сети постоянного тока повышенного напряжения. Использование таких сетей в спецобъектах позволяет значительно (до 10 раз) сократить массу и объем энергетического оборудования [1].

Для решения этой проблемы предприятие «АЭИЭП», которое специализируется на создании модульных источников питания для военной техники и вооружения, разработало серию модулей МДМ-М, рассчитанных на бортсети с напряжением 110, 160, 230 В [2].



Модули электропитания МДМ-М созданы на основе ранее разработанной серии МДМ с использованием типовой линейки корпусов.

Модули серий МДМ и МДМ-М имеют одинаковую структуру и базируются на однотактном преобразователе, работающем на частотах 100...250 кГц с ШИМ стабилизацией выходного напряжения. В структурную схему (рис.1) входят входные и выходные фильтры радиопомех и полный комплекс защит.

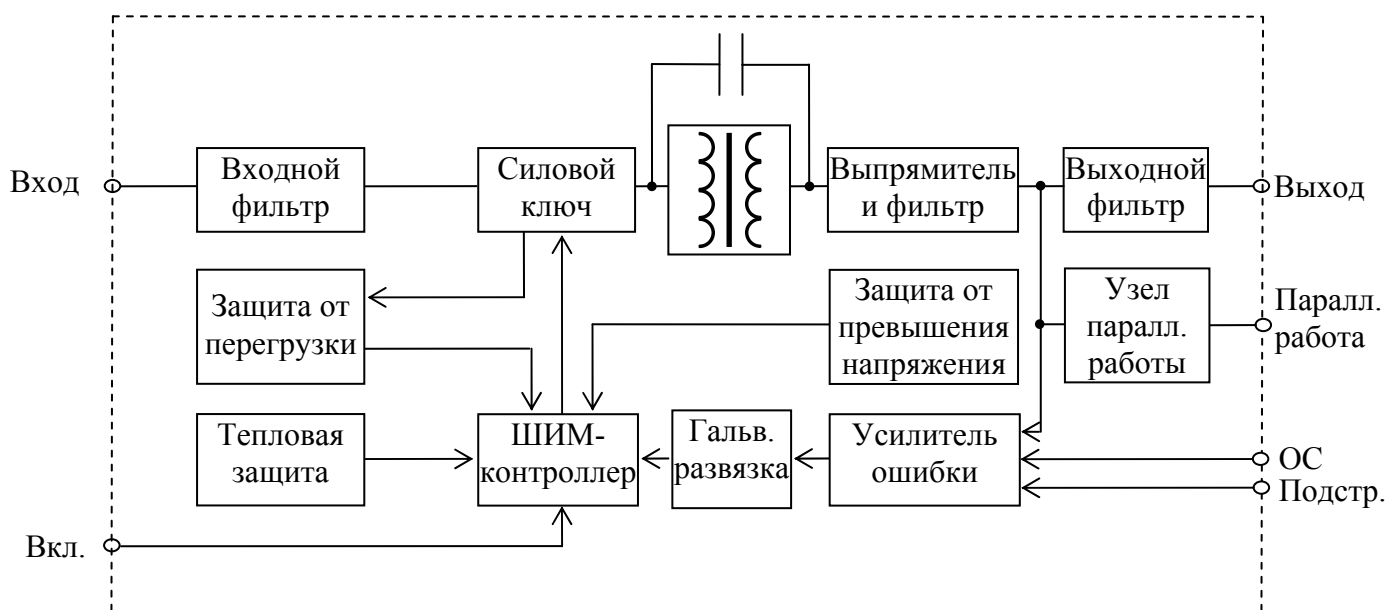


Рис.1.

К достоинствам модулей питания МДМ-М мощностью 60 и 120 Вт можно отнести наличие таких сервисных функций – опций, как параллельная работа, подстройка выходного напряжения, выносная обратная связь по напряжению. Параллельная работа модулей используется для повышения надёжности всей системы (принцип N+1), в том числе резервирования, для увеличения мощности в нагрузке и для уменьшения типоминималов модулей. Используя данную функцию, возможно наращивание выходной мощности до 1 кВт. Подстройка выходного напряжения позволяет корректировать выходное напряжение модулей в пределах $\pm 5\%$, выносная обратная связь по напряжению используется для компенсации падения на проводах и необходима для параллельной работы модулей.

Защита модуля от перегрузки по току ограничивает выходную мощность модуля при увеличении выходного тока более $1,1 \dots 1,4 \cdot I_{ном}$, также модули питания имеют защиту от коротких замыканий в цепи нагрузки, которая срабатывает при увеличении выходного тока до $1,5 \cdot I_{ном}$, с последующим автоматическим возвратом в режим стабилизации напряжения после снятия короткого замыкания. Защита от короткого замыкания – длительная.

Модуль имеет защиту от превышения напряжения на выходе модуля, она срабатывает при достижении значения выходного напряжения $1,2 \cdot U_{ном}$ за время не более 1мс. Используемая защита от перенапряжения на выходе не предусматривает защиту от приложения внешнего напряжения на выход модуля, а защищает только при неисправностях в собственной системе управления модуля.

Тепловая защита обеспечивает защиту модуля от перегрева, выключая его при превышении температуры корпуса модуля определенного значения. При снижении температуры корпуса модуля автоматически восстанавливает свою работоспособность.

Модули имеют командный вход дистанционного выключения-включения, который гальванически связан с минусом входного напряжения и по параметрам согласован с ТТЛ с открытым коллектором.

Мощностной ряд представлен модулями от 30 до 120 Вт. Основные параметры модулей приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование	Мощность, Вт	Uвх, В	Uвых, В	Iвых.макс, А	Кол-во вых. каналов	Габариты, мм	Масса, г
МДМ30-М(У) ¹	30	82...154, 130...185, 175...350	5; 12; 24; 27 (3...70) ²	6	1, 2	72,5x52,5x12,7	100
МДМ60-М(У)	60			10	1	95x67,5x12,7	170
МДМ120-М(У)П	120			20	1	95x67,5x12,7	170
МДМ120-М(У)	120			20	1	110x84x12,7	240

¹ – суффикс «У» добавляется в обозначении при исполнении в усиленных корпусах с крепёжными фланцами, отсутствие суффикса – исполнение в тонкостенных штампованных корпусах.

² – по заказу могут поставляться модули с нестандартными выходными напряжениями от 3...70 В и максимальными выходными токами 20 А.

Модули серии МДМ-М имеют гальваническую развязку 1500 В между входом, выходом и между входом, корпусом, а также развязку 500 В между выходом, корпусом и выходными каналами для многоканальных исполнений. Технические характеристики модулей питания МДМ-М приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Входные характеристики	
Диапазон входного напряжения/переходное отклонение (1 сек.)	110В 82...154В/ 82...170В 160В 130...185В/ 130...252В 230В 175...350В/ 175...400В
Входной фильтр	Двухзвенный
Выходные характеристики	
Суммарная нестабильность выходного напряжения	
- для одноканального исполнения ($I_{ном} 10 - 100\%$)	$\pm 4\%$
- для многоканального исполнения ($I_{ном} 10 - 100\%$)	$\pm 4\%$ для выхода 1 $\pm 7\%$ для выхода 2
если $U_{вых2}$ отличается от $U_{вых1}$ более чем на 20%, то	
- для многоканального исполнения ($I_{ном1} 30 - 100\%$, $I_{ном2} 50-100\%$)	$\pm 4\%$ для выхода 1 $\pm 14\%$ для выхода 2
Размах пульсаций (пик-пик)	<2% $U_{вых.ном.}$
Уровень срабатывания защиты от перегрузки	>110 % $I_{вых.ном.}$
Защита от короткого замыкания	>150 % $I_{вых.ном.}$, автоматическое восстановление
Уровень срабатывания защиты от перенапряжения	>120...140 % $U_{вых.ном.}$
Уровень срабатывания тепловой защиты	>90-95 °С
Дистанционное вкл./выкл.	Выкл.: 0...1,1 В или соединение

		выводов Вкл и -Вх, $I \leq 5$ мА
Общие характеристики		
Температура	- окружающей среды и хранения	- 60 °С...+85 °С
КПД		80 % тип.
Частота преобразования		180 кГц тип.
Прочность изоляции	- напряжение	вх\вых: ~ 1 500 В вх\корпус: ~ 1 500 В вых\корпус: ~ 500 В
	- сопротивление @ 500 В пост.тока	20 МОм
Стойкость к внешним воздействующим факторам (с дополн.)		класс 1 и 2 по ГОСТ РВ 20.39.301 - 98
	- повышенная влажность	98 % @ 35°С
	- циклическое изменение температуры	- 60 °С...+85 °С
	- однократный механический удар	10000м/с ² 0,1...2мс
	- многократные механические удары	1500м/с ² 5...10мс
	- синусоидальная вибрация	200м/с ² 1...2000Гц
	- пониженное атмосферное давление	0,67х10 ³ Па
	- повышенное атмосферное давление	2,5х10 ⁵ Па
Наработка на отказ		> 100 000 час. @ 70°С
Охлаждение		естественная конвекция или исп. теплоотвода
Материал корпуса		металл

Как видно из таблицы 2 средняя наработка на отказ для модулей составляет 100 тыс. час. при температуре корпуса +70°С, что в пересчете на температуру +20°С составляет величину около 3,2 млн. час. В случае необходимости можно оценить надежность модуля питания по следующему критерию: интенсивность отказов увеличивается примерно в 2 раза при повышении температуры на 15 градусов. Минимальный срок службы составляет 15 лет.

Конструкция модулей представляет собой тонкостенный алюминиевый корпус, внутри которого размещена печатная плата с элементами поверхностного монтажа, защищённая компаундом с теплопроводящим наполнителем. В аппаратуре модули могут устанавливаться на радиатор охлаждения или на печатную плату. Для различных вариантов установки модули могут изготавливаться в двух типах корпусов – штампованном или усиленном фрезерованном с фланцами. В корпусах для крепления предусмотрены резьбовые втулки или отверстия во фланцах. Габаритные чертежи модуля МДМ120-М в двух исполнениях типа корпуса изображены на рис.2. Со стороны выводов модуль защищает металлизированная пластина, припаянная к корпусу и служащая одновременно экраном для радиопомех по электромагнитному полю.

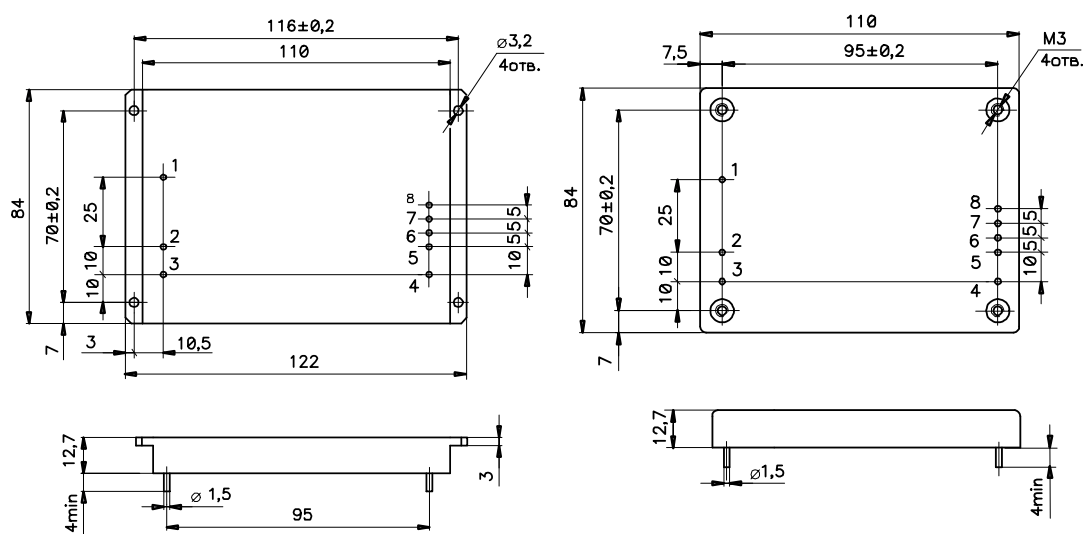


Рис.2

Модули МДМ-М открывают новые возможности в построении систем электропитания (СЭП). Так значительное снижение массогабаритных показателей в системах переменного тока достигается за счет бестрансформаторного выпрямления переменного тока непосредственно на входе объекта (Рис. 3а). Обычно такие объекты питаются от двух сетей, которые обеспечивают резервирование при аварии.

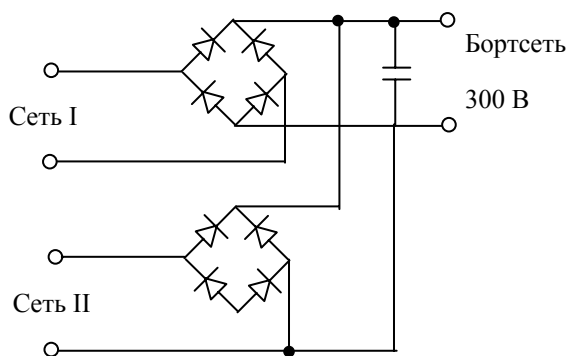


Рис. 3а

Величина выпрямленного напряжения при использовании однофазных источников электроэнергии составляет 300 В. Дальнейшее преобразование напряжения осуществляется с помощью модулей МДМ-М. Расчеты показывают, что относительный объем модулей, входящих в систему преобразования параметров электроэнергии (СППЭ) составляет 2,5%, а масса менее 3% от общего объема и массы энергетического оборудования подвижного объекта, что на порядок меньше относительного объема и массы существующих СППЭ переменного тока. Примерно в 2 раза снижаются потери в СППЭ. Одновременно бестрансформаторное выпрямление непосредственно на входе объекта обеспечивает быстродействующее переключение и защиту, если в вентильном мосту два диода заменить тиристорами (Рис. 3а). В результате значительно упрощается блок коммутации, распределения и защиты, который в существующих системах электропитания занимает значительный объем.

Начиная с 90-х годов при проектировании СЭП спецобъектов, предпринимались попытки использования распределенных систем питания (РСП), которые выдавались как очередное прогрессивное направление развития СЭП. Потребовалось примерно 10 лет, чтобы понять, что распределенное питание означает в большинстве случаев увеличение массы, объема, стоимости, потерь электроэнергии и снижение надежности систем.

В единственной РСП (Рис. 3б), где удастся избежать таких недостатков, напряжение сети с помощью входного выпрямительного модуля – 4 диода и конденсатор, (КПД более 99%) выпрямляется в напряжение 300 В постоянного тока и шина с этим напряжением подводится к функциональным печатным платам, на которых для получения необходимых номиналов напряжений устанавливаются один или несколько унифицированных модулей МДМ-М, преобразующих постоянное напряжение в постоянное, или такие модули устанавливаются рядом и питают несколько функциональных плат.

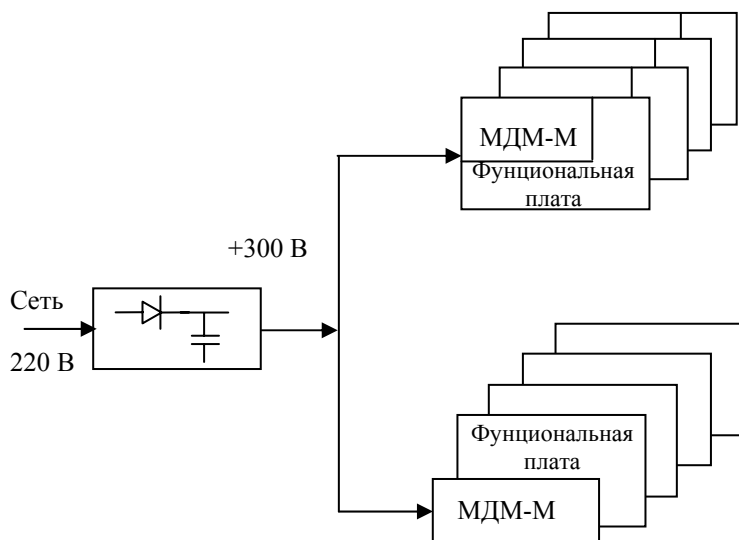


Рис. 36

Во многих аппаратных системах электропитания, кроме функции преобразования и стабилизации, должна обеспечиваться бесперебойность подачи электроэнергии. Для этих целей предлагают источник бесперебойного питания как дополнение к СЭП. В результате количество последовательных преобразователей энергии достигает пяти и КПД не превышает 50%. К сожалению, проекты таких СЭП все чаще приходится рассматривать для станций космической связи, аппаратных управления с ПК и т.д. Но если предусмотреть бесперебойность заранее и применить модули МДМ-М, то количество преобразований можно уменьшить до одного и КПД поднять до 80 – 85% (Рис. 3в).

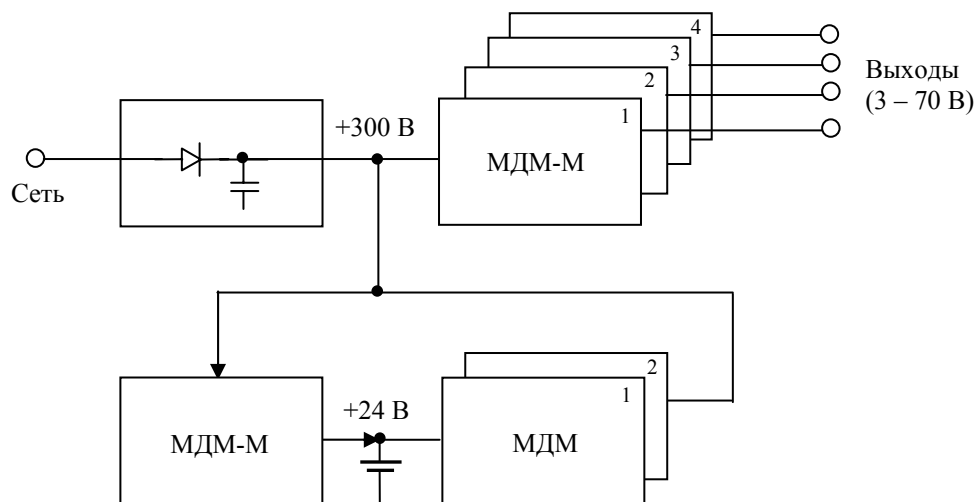


Рис. 3в

Модули МДМ-М в такой СЭП обеспечивают преобразование напряжения 300 В в номиналы 3, 5, 12 В и т.д., необходимые для питания электронной аппаратуры, и заряд аккумуляторной батареи. Для бесперебойности выходных напряжений используется преобразователь постоянного напряжения в постоянное, повышающий напряжение батареи до 300 В. Преобразователь может быть построен на основе двух двухканальных модулей МДМ [3], соединенных по входу параллельно, выходы которых с напряжением 75 В соединены последовательно.

И в заключение еще об одном важном использовании новых модулей.

На основе модулей МДМ-М можно получить источник класса AC/DC. Для этого потребителю достаточно самостоятельно поставить на входе модуля четыре диода и конденсатор или использовать готовый выпрямительный модуль, выпускаемый предприятием.

Модули выпрямительные малогабаритные МВМ выпускаются с максимальными выходными токами 0,15 А, 0,3 А и 1,3 А (для входной сети ~220 В 50 Гц), а также 0,5 А, 2 А и 3,5 А (для входной сети ~115 В 400 Гц) и комплектуются соответственно с модулями питания МДМ30-М, МДМ60-М, МДМ120-М. В таблице 3 приведены основные параметры модулей МВМ.

Таблица 3.

Название	$U_{\text{вх эфф.}}$ В	$U_{\text{вых.}}$ В	$I_{\text{вых. макс.}}$ А	Габариты, мм	Масса, г
МВМ5-КМ(У) ¹	88...138	124...195	0,5	72,5x52,5x12,7	110
МВМ5-СМ(У)	187...242	264...341	0,15	(84,5x52,5x12,7)	
МВМ6-КМ(У)	88...138	124...195	2	95x67,5x12,7	180
МВМ6-СМ(У)	187...242	264...341	0,3	(107x67,5x12,7)	
МВМ7-КМ(У)	88...138	124...195	3,5	110x84x12,7	250
МВМ7-СМ(У)	187...242	264...341	1,3	(122x84x12,7)	

¹ – буква «У» в конце обозначения указывает на тип корпуса с крепёжными фланцами, её отсутствие указывает на корпус без фланцев.

Модули МВМ выпускаются с диапазоном рабочих температур $-55^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$.

В состав модуля МВМ кроме выпрямительного моста, терморезистора и конденсатора входит фильтр радиопомех и варистор для снятия импульсных перенапряжений с амплитудой до 1000 В по ГОСТ В 24425-90.

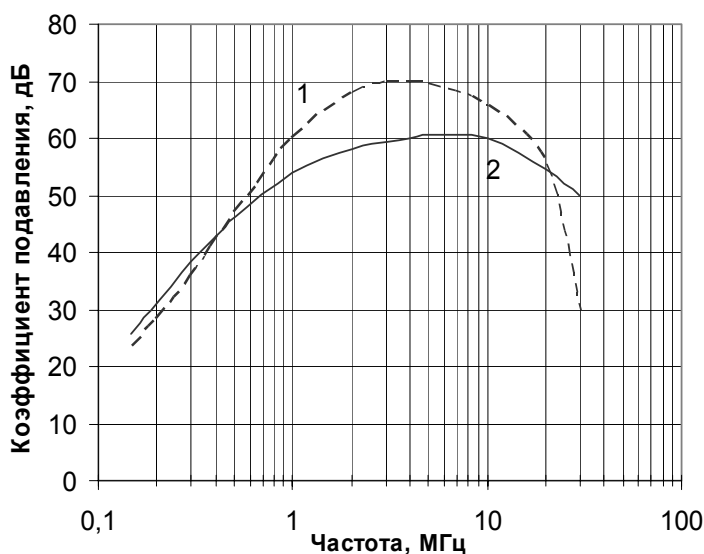


Рис. 4

Фильтры радиопомех для выпрямительных модулей были проверены в испытательной лаборатории технических средств по параметрам электромагнитной совместимости. Испытания проведены методом отношения напряжения, изложенным в ГОСТ 13661-92. Результаты измерений вносимого затухания в диапазоне частот 0,1 – 30 МГц для модулей МВМ5 (кривая 1) и МВМ7 (кривая 2) приведены на рис. 4. Как видно из рисунка 4, коэффициент подавления помех, начиная с частоты 150 кГц, превышает 30 дБ, а в диапазоне частот 0,3 – 30 МГц составляет 40-70 дБ.

В настоящее время модули серии МДМ-М выпускаются для общепромышленного применения. Поставка опытных образцов с приёмкой «5» ведётся в рамках ОКР «Разработка модулей электропитания с входным напряжением до 400 В», шифр «Мираж-М» в соответствии

с техническими условиями БКЮС.436437.004 ТУ. Работа выполняется в интересах ФГУП НПО «Агат» в соответствии с ТЗ, согласованным военными представительствами.

Литература.

1. В. Исаев, Ю. Конев, Ю. Степанов «Проблемы энергетической электроники военного назначения». ЭП/ТОМ №8-9, 1999.
2. И.Р. Плоткин, С.М. Маняшин, О.И. Комаров. «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания» - производитель унифицированных модульных вторичных источников для вооружения и военной техники». Электронные Компоненты №4 2005.
3. Каталог ООО «Александр Электрик источники электропитания» - 2005.

Москва

Тел.: (095)181-19-20

Факс: (095)181-05-22

e-mail: alecsan@aeip.ru

<http://www.aeip.ru>