

## МОДУЛИ СЕРИИ МДМ-ЕП С КПД 90%

М. Кравченко

ООО «Александр Электрик  
источники электропитания» (АЭИЭП)  
129226, Москва, пр-т Мира, 125  
Тел./факс: (495) 181-05-22,  
[alecsan@aeip.ru](mailto:alecsan@aeip.ru) [www.aeip.ru](http://www.aeip.ru)

**В статье рассматривается основная проблема энергетической электроники – повышение КПД преобразователей. Увеличение КПД достигается за счет применения в преобразовательном модуле ключа с активным ограничением, планарного трансформатора и синхронного выпрямления.**

Повышение частоты преобразования до единиц МГц и современные технологии позволили создавать миниатюрные модули питания с удельной конструктивной мощностью в несколько тысяч Вт/дм<sup>3</sup>. КПД модулей на протяжении многих лет менялось незначительно, и конструктивно-технологические успехи сверхминиатюрных модулей приводили не к увеличению реальной удельной мощности, а к её уменьшению. В таких модулях, имеющих небольшую контактную поверхность с теплоотводом, из-за локализации тепловыделения уменьшается эффективность радиатора и растет его объем и масса.

В настоящее время повышение КПД является основной задачей при создании новых модулей. В модулях серии МДМ-ЕП приняты все возможные меры для уменьшения потерь: использовано резонансное переключение силового ключа, применен планарный трансформатор и синхронный выпрямитель на MOSFET-ах.

В основу модулей МДМ-ЕП положен прямоходовой преобразователь с активным ограничением (Рис. 1), работающий на частоте 500 кГц. Резонансное переключение обеспечивает включение и выключение силового ключа VT1 при нуле напряжения, что ограничивает коммутационные потери, уменьшает перенапряжения на MOSFET-ах. Это позволяет использовать низковольтные ключи с меньшим падением напряжения. В преобразователе есть резонансный контур: индуктивность рассеяния трансформатора T1, конденсатор C1, который работает только во время переключения силовых ключей. Такое решение дает возможность сочетать низкие коммутационные потери с экономичностью процесса передачи мощности схемы с ШИМ, поскольку колебания напряжения и тока имеют прямоугольную форму. Перечисленные преимущества резонансного переключения позволяют на частотах сотни кГц получать КПД силового ключа ( $\eta_{\text{кл}}$ ) до 96% [1].

Дальнейшее повышение КПД может быть достигнуто за счет трансформатора, выполненного на планарном сердечнике с обмоткой в виде плоских медных дорожек на многослойной печатной плате. Трансформатор по сравнению с проволочной обмоткой имеет

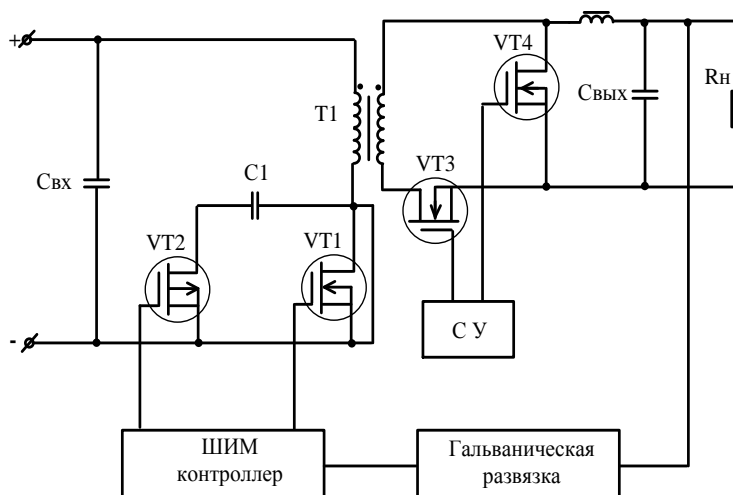


Рис. 1 Схема преобразователя

меньшие потери в меди, обусловленные скинэффектом и в сердечнике, имеющем малый объем. В результате КПД планарных трансформаторов ( $\eta_{тр}$ ) достигает 98%. [2].

Выпрямитель на диодах Шоттки с падением напряжения 0,5 В, применяемый в модулях АЭИЭП более ранних серий, не может иметь КПД более 90,9%, если выходное напряжение равно 5 В. Применение синхронного выпрямителя на MOSFET-ах с падением напряжения 0,1 В повышает КПД ( $\eta_{св}$ ) до 98% [3].

Рассмотренные технические решения позволяют ожидать КПД ( $\eta_M$ ) новых модулей:

$$\eta_M = \eta_{кл} \times \eta \times \eta_{св} = 0,96 \times 0,98 \times 0,98 = 0,92$$

На основе перечисленных перспективных схем предприятие АЭИЭП разработало новую серию модулей МДМ-ЕП(ИП) мощностью от 5 до 160 Вт (таблица 1).

Таблица 1 – Технологические характеристики модулей МДМ-ЕП и МДМ-ИП

Серия модуля	Номинальная выходная мощность, Вт		Максимальный выходной ток, А	Диапазон входного напряжения/переходное отклонение (1сек.), В	Выходное напряжение, В	Диапазон рабочей температуры корпуса, °С	Количество выходных каналов	Гальваническая развязка выходных каналов	Дистанционное управление	Подстройка выходного напряжения в одноканальных модулях	Параллельная работа, выносная обратная связь	Габаритные размеры, (с фланцами), мм	Масса, г	Конструкторская документация, приемка
	5	1,5												
МДМ-ЕП	10	3	«Е» – 27(9...36/9...80) «И» – 48(18...72/15...84)	3...80	«В» – минус 60...+115	±5%	1	—	+	—	—	30x20x10 (40x20x10)	25	БКЮС.430609.002 ТУ, приемка «ОТК» опытные образцы приемка «5»
	20	6					1,2	—	+	—	40x30x10 (50x30x10)	25		
	40	10					1,2,3	+	+	—	48x33x10, (58x33x10)	35		
	80	20					1	—	+	—	58x40x10 (68x40x10)	45		
	160	40					1	—	+	—	73x53x13 (85x53x13)	100		
							1	—	+	+	95x68x13 (107x68x13)	150		

Экспериментально полученные зависимости КПД серийного образца МДМ40-1Е05ВП с входным напряжением 27 В и выходным 5 В от тока нагрузки и входного напряжения (Рис. 2) подтвердили расчетные значения. КПД модулей при номинальном входном напряжении и типовой нагрузке  $0,8 I_{ном}$  составляет 90% и незначительно меняется в диапазоне нагрузок от 0,5 до  $1,0 P_{ном}$  и входного напряжения.

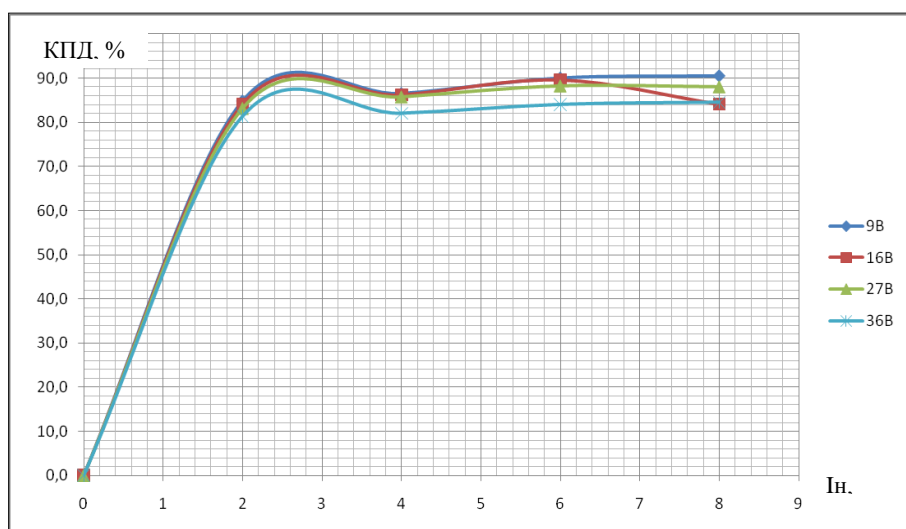


Рис. 2 График зависимости КПД от входного напряжения и тока нагрузки МДМ40-1Е05ВП

За счет высокого КПД новой серии модулей удалось решить ещё одну из важных проблем энергетической электроники - создание ИВЭП, работающих от борсетей с широким (4 : 1) диапазоном изменения входного напряжения.

Так в борсетях самолетов и вертолетов напряжение 27 В в установившихся режимах изменяется от 17 до 36 В, а в переходных от 8 до 80 В, при этом длительность выбросов и провалов напряжения находится в пределах от 0,1 до 10 с.

Ранее разработанная серия модулей МДМ-П широко использовалась в борсетях самолетов и вертолетов, хотя разработчикам приходилось применять дополнительные устройства защиты от переходных процессов. Новая серия рассчитана на качество входной электроэнергии в соответствии с ГОСТ 19705-89 без ограничений, как при запуске авиадвигателя, так и при аварийной работе системы электроснабжения.

Модули МДМ-ЕП сохраняют КПД при расширенной сети на уровне КПД модулей со стандартной сетью (Рис. 2). Как видно из полученных зависимостей КПД модуля МДМ40-ЕП с выходным напряжением 5 В при изменении входного напряжения от 9 до 36 В изменяется незначительно от 91 до 89 %.

Модули МДМ-ЕП (Рис. 3) созданы на основе ранее разработанной серии МДМ-П с использованием типовой линейки корпусов, что немаловажно для потребителей уже применяющих модули МДМ-П. По сравнению с предыдущей серией, мощность модулей в тех же габаритах выросла примерно в 1,2 – 1,4 раза.

Упрощение проблемы отвода тепла – одно из основных преимуществ высокоэффективных модулей. В широком диапазоне температур модули могут быть использованы без радиаторов при номинальной мощности, или при её незначительном уменьшении, так, например, модуль МДМ40-ЕП может работать при номинальной мощности без радиатора до температуры 85°C.

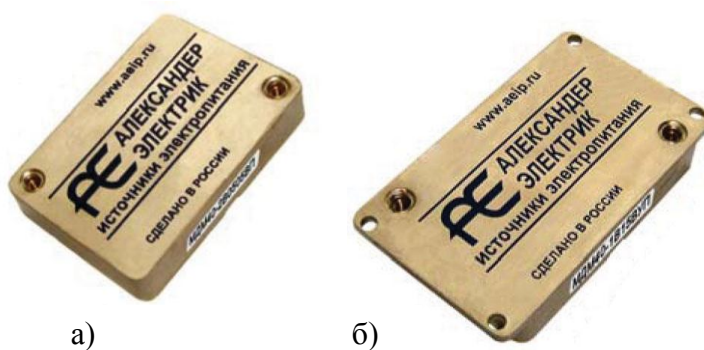


Рис. 3 МДМ40-ЕП а) без фланцев, б) с фланцами

#### Литература

1. Лукин А.В. Высокочастотные преобразователи с резонансным переключением. Сб. Электропитание М., 1993 г.
2. Макаров В.В. Применение планарных трансформаторов в импульсных источниках электропитания. Электрическое питание №3/2005 г.
3. Миронов А.А. Синхронное выпрямление в модулях питания . Электрическое питание №2, 2011 г.