

# Модули фильтрации и защиты от перенапряжений фирмы Vicor

**Обеспечение электромагнитной совместимости импульсных источников питания с другим оборудованием и их защита от импульсов перенапряжений, присутствующих в первичных сетях питания, часто оказывается сложной задачей, стоящей перед системными разработчиками. Данные проблемы помогают решить модули фильтров фирмы Vicor.**

**Владимир Белотуров**

vib@efo.ru

В настоящее время при конструировании источников и систем электропитания все больше применяются стандартные импульсные преобразовательные модули (DC/DC-конвертеры) различных фирм. Связано это с несомненными преимуществами импульсных преобразователей, такими как малогабаритность и высокий КПД, а также с тем, что системному разработчику нет необходимости досконально знать и изучать принципы и схемотехнические особенности преобразователей. Он использует их как готовые блоки с нужными входными и выходными параметрами. В современных DC/DC-конвертерах преобразование энергии осуществляется на высокой (порядка нескольких сотен килогерц) частоте при коммутации ключевым элементом значительной по величине мощности. Поэтому конвертер принципиально является генератором паразитных электромагнитных помех, которые распространяются как в пространство (радиочастотные), так и по соединительным проводам. Принято считать, что частотный спектр значимых помех лежит в пределах от 100 кГц до 30 МГц, и они могут наводиться на расположенную рядом электронную аппаратуру, вызывая в ней сбои и ложные срабатывания, что ведет к снижению надежности функционирования. Особенно актуальной данная проблема является в медицинской, военной технике, системах управления технологическими процессами — то есть там, где требу-

ется повышенная надежность и безопасность работы РЭА. Поэтому во всем мире принят целый ряд нормативных документов, определяющих уровень радио- и электромагнитных помех, которым должны удовлетворять электронные устройства.

Большинство DC/DC-модулей имеют встроенные фильтры, более того, в конвертерах Vicor преобразование энергии ведется в режиме переключения силовых транзисторов при нулевом токе (квазирезонансный режим), что значительно снижает уровень помех, но в ряде случаев этого оказывается недостаточно. Кроме того, для различных видов аппаратуры уровни допустимых помех различаются в несколько раз. Поэтому для производителей модулей является экономически нецелесообразным комплектовать их полноценными фильтрами для снижения помех до минимального уровня. В таких случаях разработчик вынужден принимать решение о применении внешних фильтров.

Стандартным решением для борьбы с помехами является использование индуктивных и индуктивно-емкостных фильтров на входе конвертера. Но при этом разработчик должен самостоятельно рассчитывать параметры фильтра, грамотно сделать разводку, элементы фильтра получаются достаточно крупных размеров, что в целом снижает преимущество малогабаритности DC/DC-модулей. Кроме того, часто встает задача тестирования устройства на удовлетворение соответствующим стан-

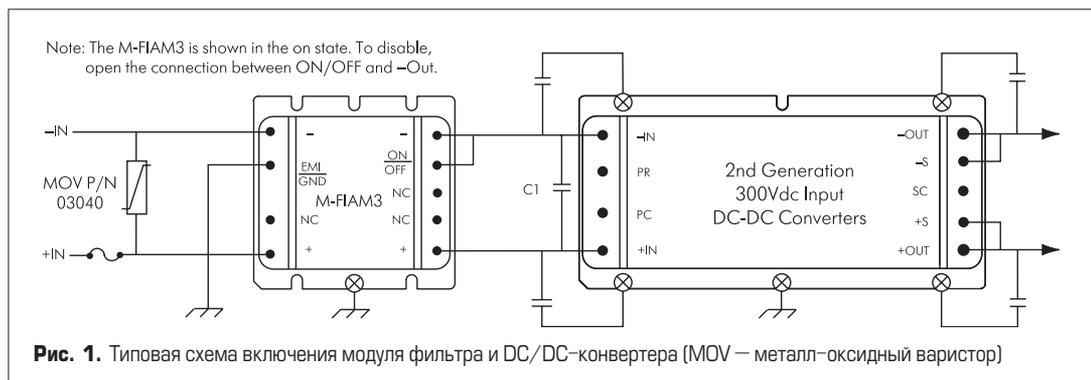


Таблица 1. Основные характеристики фильтров

Параметр	VI-IAM	FIAM 1	M-FIAM3	M-FIAM5	QPI-1L	QPI-2L
Входное напряжение, В	24 (18...36) 48 (36...76) 300 (200...400)	48 (36...76)	270 (180...375)	24 (18...36)	30...80	10...40
Выходная мощность (макс.), Вт	24 В...200 Вт 48; 300 В...400 Вт				576	488
Выходной ток, А		10 20	3	20	12	
Ограничение пускового тока, А/мкФ		0,014	0,018	0,007		
Защита от перенапряжений. Удовлетворяет стандартам	Bellcore TR-TSY British Telecom BTR 2511	Bellcore TR-NWT ETS 300 386-1	MIL-STD-704E	MIL-STD-704E	Бросок 100 В 100 ms	
ЭМС удовлетворяет стандартам	EN55022B FCC Part 15	EN55022 B FCC Part 15	MIL-STD-461E	MIL-STD-461E	Подавление помех >55 dB синфазные >70 dB дифференциальные	
КПД (типовой), % @ P <sub>вых.</sub> макс.	97	97	98	98	99	
Внешняя емкость фильтра, мкФ	470 (макс.)@24 В 220 (макс.)@48 В 27 (макс.)@300 В	10...150	100...330	10...22	330...1000	
Внутреннее падение напряжения, В		1,4	3,0	0,5	+Вх...+Вых. -300 мВ -Вх...+Вых. 20 мВ	
Температурный диапазон эксплуатации*	E; C; I; M	C; I	I; M	I; M	I	

Примечание: E: -10... +85 °C; C: -25... +100 °C; I: -40... +100 °C; M: -55... +100 °C.

дартам и нормам по ЭМС, что само по себе является трудоемким и сложным процессом, так как требует соответствующей специальной аппаратуры, методик испытаний и т. д. Эффективность такого подхода к решению проблемы с ЭМС становится сомнительной.

Второй важной задачей по обеспечению надежности функционирования источника питания и, соответственно, всего электронного устройства, признана необходимость защиты самого источника от импульсных помех и перенапряжений, которые могут присутствовать в первичной цепи и вывести элементы преобразователя из строя или нарушить его функционирование. Под первичной цепью питания понимается как промышленная выпрямленная сеть 300 В, где по ГОСТу допускается присутствие импульсов микросекундной длительности амплитудой 1...1,5 кВ, так и бортовая или другая шина питания 24, 28, 48 В, где могут возникать выбросы напряжения длительностью около нескольких миллисекунд, превосходящих номинальное напряжение на десятки процентов.

Для защиты источника питания, а вместе с ним и питаемой аппаратуры от помех и бросков напряжения в сети признаны целесообразными различные технические решения,

такие как использование металло-оксидных варисторов, газовых разрядников, сетевых фильтров, кондиционеров (нормализаторов) питания. Под нормализаторами питания подразумевается активные электронные устройства, защищающие преобразователь от микросекундных импульсных помех, выбросов напряжения амплитудой до 100% от номинальной.

Таким образом, использование малогабаритных DC/DC-конвертеров не решает всех задач, связанных с конструированием ИП для обеспечения потребителей качественным и надежным электропитанием. Для облегчения работы разработчиков фирма Vicor, следуя принципу конструирования ИП из отдельных функциональных модулей, предлагает ряд модулей фильтров с различными наборами параметров.

Модули входных фильтров Vicor одновременно осуществляют следующие функции:

- подавление электромагнитных помех (ЭМС);
- защиту от коротких импульсов перенапряжений большой амплитуды;
- защиту от выбросов напряжения миллисекундной длительности;
- ограничение тока при резком увеличении нагрузки;

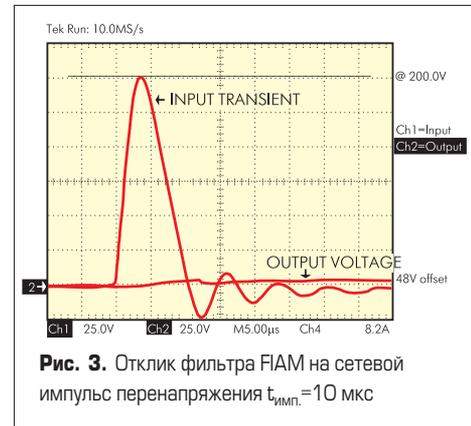


Рис. 3. Отклик фильтра FIAM на сетевой импульс перенапряжения  $t_{имп.}=10$  мкс

- дистанционного включения и отключения модуля.

Ограничение пускового тока осуществляется за счет резистора с отрицательным ТКС, зашунтированным управляемым транзистором. Защита от миллисекундных импульсов осуществляется электронной схемой, где роль силового элемента выполняет проходной транзистор. В номинальном режиме транзистор находится в режиме насыщения. При появлении импульса перенапряжения транзистор переходит в активный режим работы, ограничивая выходное напряжение на безопасном уровне, близком к номинальному. Фильтр электромагнитных помех представляет собой набор стандартных индуктивно-емкостных фильтров для подавления синфазных и дифференциальных помех до уровня, соответствующего стандарту EN55022 (B).

Конструктивно модули выполнены в стандарте «полкирпича» (half-brick) размерами 58×61×12,7 мм. Основные технические характеристики приведены в таблице. Подробные технические описания доступны на сайте [www.vicorpower.com](http://www.vicorpower.com). На рис. 1 приведена схема подключения, а на рис. 2-4 — графические иллюстрации работы фильтров. Как и другие модули Vicor, фильтры выпускаются в коммерческом, промышленном и военном исполнениях.

Vicor (дочерняя компания Vicor) производит активные фильтры серии QPI (рис. 5) для подавления синфазных и дифференциальных помех для источников с шинами питания 24 и 48 В. Использование метода ак-

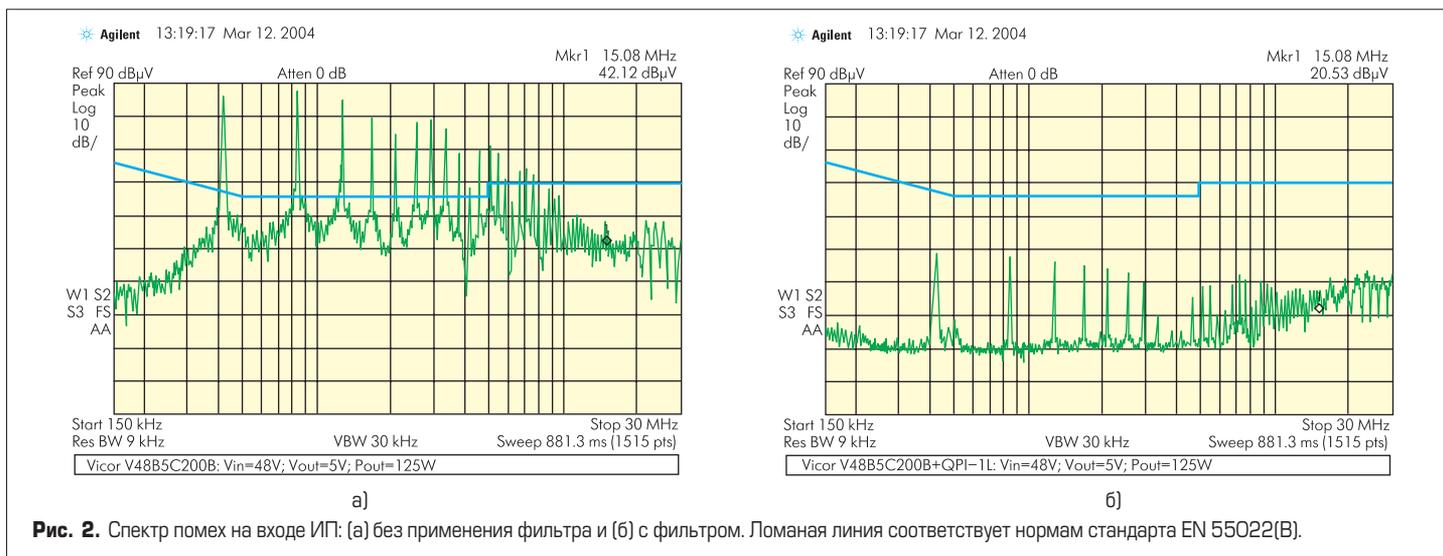


Рис. 2. Спектр помех на входе ИП: (а) без применения фильтра и (б) с фильтром. Ломаная линия соответствует нормам стандарта EN 55022(B).

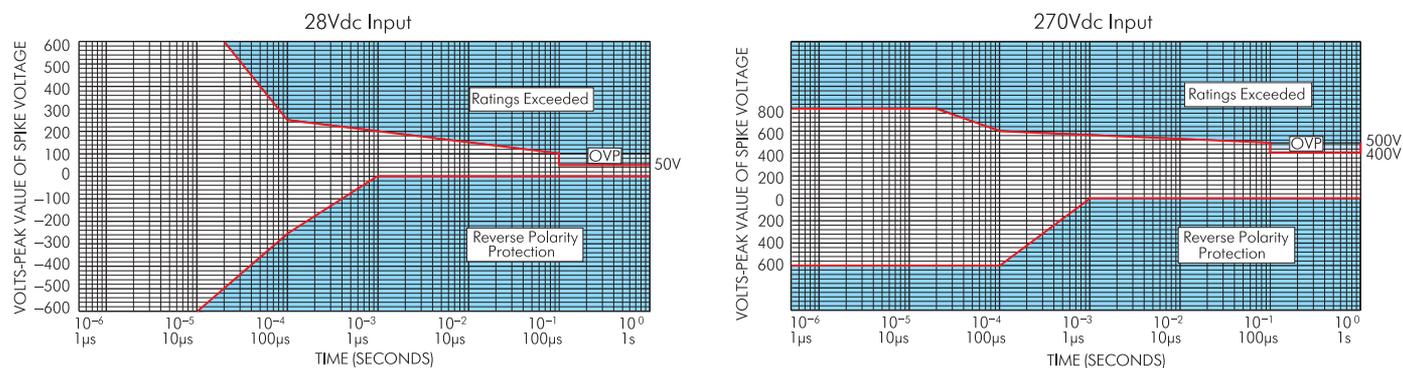


Рис. 4. Амплитудно-временная диаграмма области безопасной работы фильтров M-FIAM5 (входное напряжение 28 В) и M-FIAM3 (входное напряжение 270 В)

тивной фильтрации позволяет значительно уменьшить размеры модулей и избавиться от резонансных явлений, свойственных пассивным LC-фильтрам. На рис. 6 приведены частотные характеристики коэффициента подавления синфазных и дифференциальных помех при использовании фильтров QPI. Модули Picor выполнены в форматах BGA и LGA размерами 25×25×5 мм и допускают последовательное (для большей степени подавления помех) и параллельное (для увели-

чения тока) соединение. Доступны для заказа макетные платы со смонтированными на них модулями. На сайте [www.picorpower.com](http://www.picorpower.com) приведены рекомендации по оптимизации разводки печатной платы.

Фильтры разрабатывались в основном для применения совместно с соответствующими по напряжению DC/DC-конвертерами Vicor, но также могут быть использованы и с преобразователями других фирм.



Рис. 5. Модуль фильтра QPI-1 Picor (размеры 25×25×5 мм)

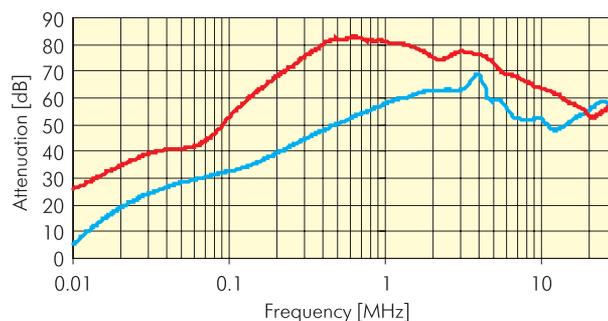


Рис. 6. Частотная характеристика подавления помех фильтра QPI-1 (верхняя кривая для дифференциальных помех, нижняя — для синфазных)