

## Модули Vicor семейства FIAM

Владимир БЕЛОТУРОВ

Дмитрий ИВАНОВ, к. т. н.  
di@efo.ru  
Игорь КРИВЧЕНКО, к. т. н.  
ik@efo.ru

**Продолжаем цикл публикаций, посвященных построению систем вторичного электропитания на базе модулей американской компании Vicor. В пятой статье этого цикла рассмотрены модули семейства FIAM, которые предназначены для подавления электромагнитных помех и защиты DC/DC-конвертеров Vicor от входных импульсных перенапряжений, а также для ограничения пусковых токов.**

### Введение

В предыдущих статьях мы рассказали о DC/DC-конвертерах Vicor первого [1] и второго [2] поколений, AC/DC-модулях, которые служат для сопряжения DC/DC-конвертеров Vicor с входной сетью переменного тока [3], и AC/DC-конвертерах с активной коррекцией коэффициента мощности [4].

В этой статье речь пойдет о входных фильтрах-аттенюаторах FIAM (Filter Input Attenuator Module) для DC/DC-конвертеров Vicor семейств Maxi, Mini и Micro. Мы рассмотрим модули серий FIAM1 (рис. 1) и FIAM2, уже знакомые опытным разработчикам источников электропитания на базе модулей Vicor, а также совсем новые серии FIAM072 и FIAM110, анонсированные компанией Vicor в марте 2012 года.

Целевая область применения модулей FIAM — источники питания электронной аппаратуры, используемой на железнодорожном транспорте. Но они с успехом могут найти применение и в других областях, где требуется обеспечить электромагнитную совместимость источника питания и защитить его от входных электромагнитных помех (Electromagnetic Interference, EMI) и импульсных перенапряжений.

Традиционным путем борьбы с помехами на входе импульсного источника питания является использование пассивного EMI-фильтра. Теория этого вопроса разработана хорошо, и имеется много готовых решений, практическая реализация которых потребует

от разработчика источника питания самостоятельного расчета параметров фильтра, подбора компонентов с требуемыми параметрами и грамотной разводки печатной платы. Кроме того, разработчик должен будет сам решить большое число сложных организационных и технических проблем, связанных с тестированием своего устройства на соответствие требованиям стандартов по электромагнитной совместимости и сертификацией устройства [5]. Чтобы упростить задачу проектирования и снизить затраты на реализацию проекта, компания Vicor предлагает ряд функционально законченных входных модулей-фильтров. Далее мы расскажем только о некоторых из них. Информацию о других модулях компании Vicor можно найти на сайте производителя [6].

### Входные фильтры-аттенюаторы семейства FIAM

В составе импульсного источника питания, построенного на базе модулей Vicor (рис. 2), входной фильтр-аттенюатор семейства FIAM выполняет следующие функции:

- Подавление электромагнитных помех, поступающих на вход источника питания из первичной питающей сети, а также помех, создаваемых самим источником питания, в состав которого входит импульсный DC/DC-конвертер с высокой частотой преобразования.
- Защиту источника питания от входных импульсных перенапряжений при переходных процессах в первичной питающей сети.
- Ограничение пускового тока при включении источника питания.
- Дистанционное включение и выключение источника питания.

В структуру модуля FIAM входят TVS-диод, который служит для ограничения импульсных перенапряжений (Transient Voltage Suppression, TVS) на входе модуля, пассивный EMI-фильтр для подавления синфазных и дифференциальных кондуктивных помех, электронный выходной каскад, предназначенный для ограничения скорости изменения выходного напряжения при включении модуля или при броске входного напряжения, и устройство управления выходным каскадом.

Роль силового элемента в выходном каскаде модуля FIAM выполняет проходной МОП-транзистор, исток которого соединен непосредственно с выходом +OUT модуля [5]. В установившемся режиме работы транзистор полностью открыт и представляет собой замкнутый ключ, который почти не оказывает влияния на работу модуля. При включении модуля или при возникновении переходного процесса в первичной питающей сети МОП-транзистор переходит в активный режим и начинает работать как истоковый повторитель. Напряжение на затворе транзистора в этом режиме задается устройством управления модуля, которое ограничивает скорость зарядки внешнего конденсатора C1, защищая систему питания от броска пускового тока и не позволяя импульсу перенапряжения проходить на выход модуля.



Рис. 1. Модуль FIAM1

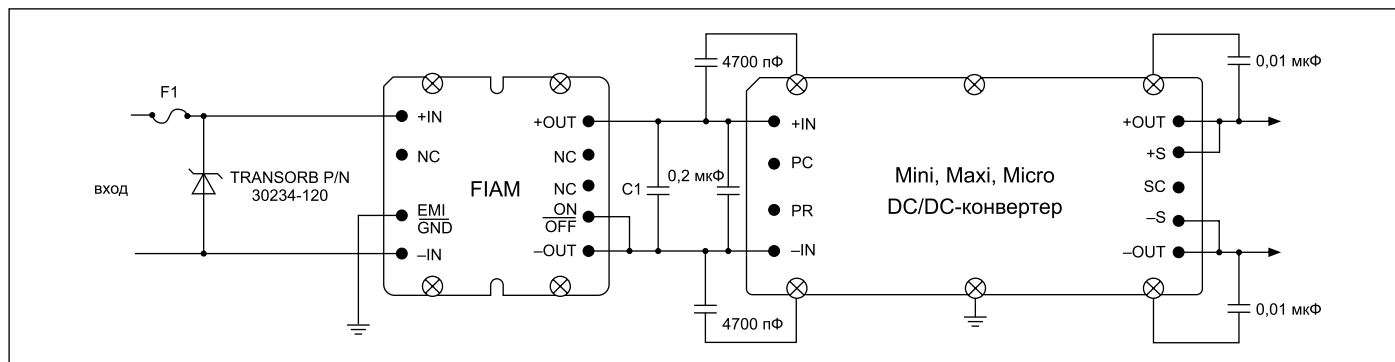


Рис. 2. Схема импульсного источника питания с модулем FIAM на входе

Устройство управления имеет логический вход ON/OFF, предназначенный для дистанционного управления модулем. Если вход ON/OFF соединен с выходом -OUT, как показано на рис. 2, модуль находится в состоянии «Включено». Разрыв этого соединения приводит к выключению модуля.

Полная принципиальная схема источника питания (рис. 2) кроме модулей Vicor содержит всего несколько внешних компонентов: плавкий предохранитель F1, металлооксидный варистор, выходной конденсатор C1 модуля FIAM и стандартную «обвязку» DC/DC-конвертера, состоящую из четырех помехоподавляющих конденсаторов Y-типа и одного конденсатора X-типа [2]. Внешние помехоподавляющие конденсаторы служат для снижения помех, создаваемых при работе DC/DC-конвертера.

Встроенный EMI-фильтр модуля FIAM имеет специальный вывод EMI/GND, к которому подключены помехоподавляющие конденсаторы Y-типа, входящие в состав фильтра. Для обеспечения корректной работы фильтра необходимо соединить вывод EMI/GND с шиной «земля». С этой же шины следует соединить металлическое основание DC/DC-конвертера.

Все модули семейства FIAM выпускаются в корпусе Half Brick с габаритными размерами 57,9×55,9×12,7 мм (рис. 1).

### Фильтры-аттенюаторы серий FIAM1 и FIAM2

Модули серий FIAM1 и FIAM2 предназначены для работы совместно с DC/DC-конвертерами Vicor семейств Maxi, Mini и Micro [2] с номинальным входным напряжением 48 В. Серия FIAM2 отличается от FIAM1 только двумя параметрами — максимальным выходным током, который у модулей FIAM2 равен 20 А, а у модулей FIAM1 — 10 А, и емкостью внешнего конденсатора (таблица).

Рабочие пределы изменения входного напряжения модулей FIAM1 и FIAM2 — от 36 до 76 В, но в течение короткого интервала времени (до 100 мс) модули способны выдерживать входное напряжение, значительно

Таблица. Параметры и эксплуатационные характеристики модулей FIAM

Параметр	FIAM1	FIAM2	FIAM072	FIAM110
Совместимость с DC/DC-конвертерами Vicor	V48		V72 VI/VE-24x VI/VE-J4x	V110 VI/VE-2Tx VI/VE-JTx
Номинальное входное напряжение, В	48		72	110
Пределы изменения входного напряжения, В	36–76		43–110	66–154
Максимальный выходной ток, А	10	20	н/н	н/н
Максимальная выходная мощность, Вт	н/н	н/н	500	500
Кoeffициент полезного действия, %	97,5		98	
Максимальная емкость внешнего конденсатора C1, мкФ	150	330	150	100
Отношение максимального пускового тока к емкости внешнего конденсатора C1, А/мкФ	0,014		0,05	0,06
Устойчивость к импульсным перенапряжениям на входе, В: • Тимп = 1–100 нс • Тимп = 1 мкс • Тимп = 50 мкс, Тф = 5 мкс • Тимп = 20 мс • Тимп = 100 мс • Тимп = 1 с	250 200 200 н/н н/н н/н	н/н н/н н/н 252 115 112,5	н/н н/н н/н 385 176 165	н/н н/н н/н 385 176 165
Габаритные размеры, мм	57,9×55,9×12,7			
Максимальная масса, г	113			
Рабочий температурный диапазон, °С: • класс «Е» • класс «С» • класс «Т» • класс «Н» • класс «М»	-10...+100 -20...+100 -40...+100 -40...+100		-10...+100 -20...+100 -40...+100 -40...+100 -55...+100	
Температура хранения, °С: • класс «Е» • класс «С» • класс «Т» • класс «Н» • класс «М»	-20...+125 -40...+125 -40...+125 -55...+125		-20...+125 -40...+125 -40...+125 -55...+125 -65...+125	

Примечания: н/н — параметр не нормируется производителем; Тимп — длительность импульса; Тф — длительность переднего фронта импульса.

но превышающее верхний рабочий предел. Причем, чем короче импульс перенапряжения на входе модуля, тем выше устойчивость модуля к такому импульсу (таблица). Например, при длительности импульса до 50 мкс и длительности переднего фронта импульса 5 мкс максимальное допустимое значение входного напряжения равно 200 В, что соответствует требованиям стандарта ETS 300 386-1 (Class 2).

Реакция модуля FIAM1/FIAM2 на импульсное воздействие микросекундной длительности показана на рис. 3, на котором приведены осциллограммы входного и выходного напряжений модуля на отрезке времени длительностью 50 мкс (масштаб по оси абсцисс — 5 мкс/дел.).

В течение первых 10 мкс модуль работает в установившемся режиме, и выходное напряжение модуля приблизительно равно входному напряжению (около 48 В). На 11-й микросекунде на входе модуля начинается

переходный процесс, который имеет характер затухающего колебания. В течение пяти микросекунд входное напряжение увеличивается до 200 В, а затем начинает снижаться.

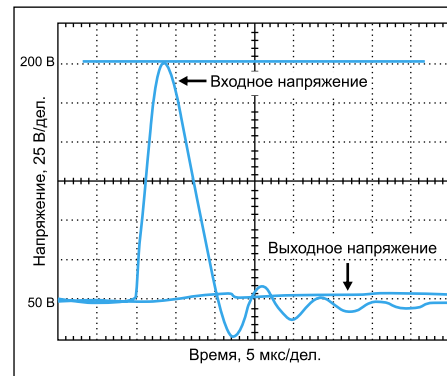


Рис. 3. Отклик модуля FIAM1/FIAM2 на входной импульс перенапряжения

Длительность первой полуволны входного возмущения равна 10 мкс (рис. 3).

В ответ на переходный процесс во входной цепи устройство управления ограничивает скорость изменения выходного напряжения на уровне 0,014 А/мкФ (таблица), что равно 14 мВ/мкс. В результате входной импульс микросекундной длительности с амплитудой 200 В не окажет заметного влияния на выходное напряжение модуля, которое за время переходного процесса изменится лишь на несколько милливольт.

Электромагнитная совместимость модулей FIAM1 и FIAM2 соответствует требованиям международных стандартов EN55022 (Class B) и FCC (Class B).

### Фильтры-аттенюаторы серий FIAM072 и FIAM110

Рассмотренные выше модули FIAM1 и FIAM2 — самые старшие представители семейства FIAM. В марте 2012 года компания Vicor объявила о начале производства новых модулей — FIAM072 и FIAM110, целевой областью применения которых является железнодорожный транспорт.

Источники питания, работающие в электропоездах, подвержены воздействию достаточно сильных электромагнитных помех и импульсных перенапряжений, которые возникают при переходных процессах в первичной питающей сети. Если эти по-

мехи надлежащим образом не фильтруются, они могут привести к выходу из строя таких систем, как освещение, связь, информационные дисплеи и другие устройства. Новые модули семейства FIAM помогают решить проблему защиты источников питания и питаемой аппаратуры от опасных для них входных воздействий.

В отличие от своих предшественников модули FIAM072 и FIAM110 позволяют защитить источник питания от импульсных перенапряжений не только микросекундной, но и миллисекундной длительности (таблица). По степени защиты от входных перенапряжений они соответствуют требованиям международных стандартов EN50155/EN50121-3-2, а по степени ЕМI-фильтрации — требованиям стандарта EN50121-3-2. Кроме того, модули соответствуют требованиям стандарта RIA12 «Общие технические условия на защиту электронного оборудования тягового подвижного состава от переходных процессов и перенапряжений в системах управления постоянного тока».

Модуль FIAM072 совместим с DC/DC-конвертерами Vicor серии V72, а модуль FIAM110 — с конвертерами серии V110. Модули также могут работать совместно с DC/DC-конвертерами Vicor семейств VI-200 и VI-J00 с соответствующими номинальными входными напряжениями (72 и 110 В). Оба модуля имеют номинальную выходную мощность 500 Вт и КПД до 98%.

В составе серий FIAM072 и FIAM110 есть устройства температурного класса «М» (таблица) с рабочим температурным диапазоном от –55 до +100 °С.

### Заключение

В будущих выпусках журнала «Компоненты и технологии» мы расскажем о других модулях, выпускаемых компанией Vicor для построения импульсных источников питания с высокими техническими характеристиками. ■

### Литература

1. Белотуров В., Иванов Д., Кривченко И. Построение источников питания на базе модулей компании Vicor // Компоненты и технологии. 2011. № 12.
2. Белотуров В., Иванов Д., Кривченко И. DC/DC-конвертеры Vicor второго поколения // Компоненты и технологии. 2012. № 1.
3. Белотуров В., Иванов Д., Кривченко И. AC/DC-модули компании Vicor // Компоненты и технологии. 2012. № 4.
4. Белотуров В., Иванов Д., Кривченко И. AC/DC-конвертеры Vicor с коррекцией коэффициента мощности // Компоненты и технологии. 2012. № 6.
5. Белотуров В. Модули фильтрации и защиты от перенапряжений фирмы Vicor // Силовая электроника. 2004. № 2.
6. [www.vicorpower.com](http://www.vicorpower.com)