

# Модули защиты от помех

**ИГОРЬ ТВЕРДОВ**, научный консультант, ООО «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания»  
**СЕРГЕЙ ЗАТУЛОВ**, нач. отд., ООО «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания»

*Предприятие ООО «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания» (АЭИЭП) выпускает для бортовых унифицированный ряд модулей фильтрации радиопомех и защиты РЭА от импульсных выбросов напряжения в питающих цепях постоянного тока (МФЗ). МФЗ имеют две модификации — МРМ и МРО — и рассчитаны как на двухпроводные, так и на однопроводные сети постоянного тока. В настоящее время идут Государственные испытания (ГИ) модулей. Предприятие подготовило материалы для включения МФЗ БКЮС.468240.003-01 ТУ в новую редакцию перечня МОР 44001.18. В статье рассмотрены характеристики МФЗ, полученные на ГИ, приведены схемы включения МФЗ, позволяющие получить максимальный коэффициент подавления помех.*

Предприятие АЭИЭП работает на российском рынке свыше 10 лет, разрабатывая и выпуская модули питания (МП) класса AC/DC и DC/DC в диапазоне мощностей 5...1200 Вт. Надежность работы МП зависит не только от выбора схемотехнических решений и элементной базы, но и от степени невосприимчивости к внешним помехам. В бортовых импульсные помехи появляются при включении/выключении (сбросах/набросах) активных и реактивных нагрузок, от наводок электромагнитных полей, из-за влияния грозовых разрядов и т.д. Известно, что наведенные помехи в бортовых достигают амплитуды 1000 В и длительности 10 мкс, а кондуктивные — до 150 В, и часто выводят МП из строя. Вместе с тем, и сами МП — высокочастотные импульсные преобразователи электрической энергии являются источниками радиопомех для электронной аппаратуры (ЭА). Чтобы не оставлять предприятия, заказывающие МП, один на один с этими проблемами, АЭИЭП выпускает МФЗ [1–3].

МП имеют на входе и выходе встроенные фильтры, которые подавляют радиопомехи до уровней, допустимых для многих применений. Для различной ЭА эти уровни отличаются более чем в 2,5 раза, и было бы экономически нецелесообразно для предприятия, выпускающего универсальные МП, встраивать фильтры, которые подавляют помехи до самого низкого уровня. Если для нормальной работы ЭА недостаточно подавления радиопомех за счет встроенных фильтров, используются внешние фильтры.

МФЗ решают основную задачу подавления радиопомех от импульсных высокочастотных источников питания — противодействуют их распространению по проводам на входе/выходе.

Помехи по проводам распространяются на большие расстояния, мешая работе расположенных рядом радиоприемных устройств. При выборе фильтров радиопомех учитывалось, что помехи могут распространяться как по симметричному, так и по несимметричному пути (см. рис. 1).

Поскольку токи симметричной помехи  $I_{nc}$  циркулируют только по проводам, устранить их воздействие значительно проще (достаточно конденсатора между проводами), чем от несимметричной помехи  $I_{пн1}$  и  $I_{пн2}$ , распростра-

няющихся одновременно по обоим проводам и затем по земле. Такие пути трудно поддаются учету, к тому же на антенны радиоприемников воздействуют электромагнитные помехи, образующиеся между помехонесущими проводами и землей, т.е. за счет распространения несимметричных токов радиопомех. По этим причинам нормирование и подавление радиопомех осуществляется по несимметричному пути.

При разработке фильтров было установлено, что несимметричное высокочастотное входное/выходное сопротивление МП имеет высокое сопротивление индуктивного характера, и фильтры должны начинаться с емкости. В то же время в модуль фильтрации целесообразно установить большое число емкостных элементов, так как изготовление малогабаритных дросселей с удовлетворительными частотными характеристиками возможно только на специализированных предприятиях. С целью трансформации внутреннего высокочастотного сопротивления на входе и выходе МП устанавливаются конденсаторы (см. рис. 2).

Конденсаторы C1, C3, C4, C6 использованы для коррекции сопротивления несимметричной помехи, а C2, C5 — симметричной. Одновременно с трансформацией внутреннего высокочастотного сопротивления МП внешние конденсаторы C1–C6 позволяют незначительно (до 5 дБ) снизить радиопомехи. Дальнейшее их снижение достигается за счет модулей фильтрации.

Выпускаемые АЭИЭП унифицированные ряды фильтров для двухпроводных сетей с изолированными шинами питания типа МРМ и для однопроводных сетей (с общей шиной) типа МРО представлены модулями на токи 2,5...20 (40) А в двух номиналах входного напряжения — 27 и 60 В. Модули выпускаются в двух исполнениях — в типовом корпусе и в корпусе с фланцами.

Основные характеристики модулей приводятся в таблице 1.

Модули МРМ (МРО) имеют малые габариты и массу (см. таблицу 2). Эти показатели в десятки раз лучше, чем у МФЗ других отечественных производителей.

Во время ГИ модули МРМ и МРО проверялись в испытательной лаборатории технического средств по пара-

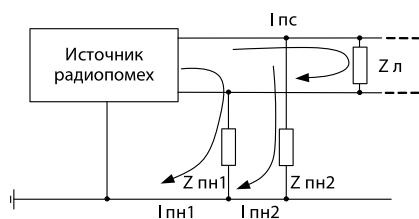


Рис. 1. Пути распространения радиопомех



Рис. 2. Рекомендованная схема трансформации внутреннего высокочастотного сопротивления модуля питания

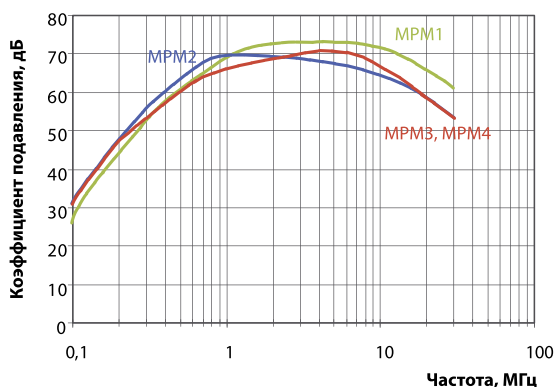


Рис. 3. Частотные характеристики коэффициента подавления сетевых модулей фильтрации и защиты тока

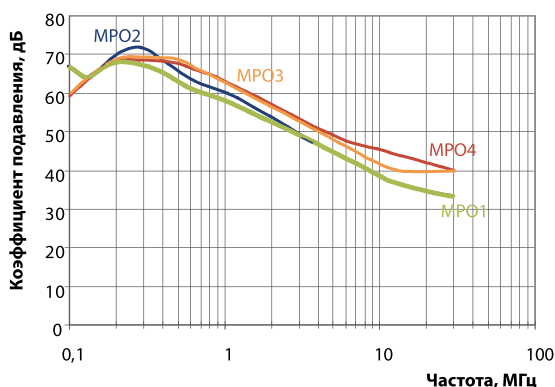


Рис. 4. Частотные характеристики коэффициента подавления сетевых модулей фильтрации и защиты тока

Таблица 1. Основные характеристики модулей

Диапазон входного напряжения/переходное отклонение (1 с):	
- 27 В	0...40
- 60 В	0...84
Коэффициент ослабления радиопомех, дБ, для МРМ (МРО) в диапазоне частот, МГц:	
- 0,15...0,3	≥ 30 (30)
- 0,3...1,0	≥ 40 (40)
- 1,0...10	≥ 60 (40)
- 10...30	≥ 55 (30)
Падение напряжения на модуле, % Uвх ном.	≤ 2
Температура (рабочая и хранения), °С	среды: -60...70, корпуса: -60...85
Повышенная влажность при 35°С, %	98
Прочность изоляции для МРМ:	
- напряжение (ампл. значение), В:	
±вх., ±вх./±вых., ±вых.	~500
±вх./корп., ±вых./корп.	~500
- сопротивление, МОм (при =500 В)	20
Наработка на отказ, ч:	
- при 25°С	6,4 млн
- при 85°С	100 тыс.
Способы охлаждения	естественная конвекция/радиатор
Материал корпуса	металл

Таблица 2. Некоторые параметры модулей МРМ (МРО)

Наименование модуля	Проходной ток, А	Габаритные размеры, мм		Масса не более, г	
		типовой корпус	усиленный корпус с фланцами	типовой корпус	усиленный корпус
МРМ1 (МРО1)	2,5	30×20×10	40×20×10	25	30
МРМ2 (МРО2)	5	40×30×10	50×30×10	30	35
МРМ3 (МРО3)	10	47,5×33×10	57,5×33×10	35	40
МРМ4 (МРО4)	20	57,5×40×10	67,5×40×10	45	55
МРО5	40	72,5×52,5×12,7	84,5×52,5×12,7	80	90

**АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК**  
Источники электропитания

**Фильтры МРО МРМ**

**Модули защиты и фильтрации 2,5 А ... 40 А**

Для сетей постоянного тока напряжением до 1000 В  
Коэффициент ослабления помех до 30...60 дБ  
Диапазон рабочих температур минус 60°С...+105°С  
Защита от выбросов напряжения до 1000 В  
Приемка "5"

ООО "АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания"  
129226, Москва, пр-т Мира, 125,  
тел/факс: (499)181-05-22, факс: (916)950-87-53,  
тел: (499)181-19-20, (499)181-26-04,  
e-mail: alecsan@aeip.ru www.aeip.ru

метрам электромагнитной совместимости (ИЛ ТС ЭМС). Испытания проведены методом отношения напряжения, изложенным в ГОСТ 13661. Результаты измерений вносимого затухания в диапазоне 0,1...30 МГц приведены на рисунках 3, 4.

Сравнение результатов измерений и данных таблицы 1 (таблица заимствована из ТУ), показывает, что разработанные МФЗ имеют производственные запасы по этому основному показателю.

С 2006 г. корпуса модулей изготавливаются с покрытием, обеспечивающим пайку низкотемпературными припоями, что позволяет разработчикам электронной аппаратуры соединять корпус с конденсаторами фильтров радиопомех, увеличивая их эффективность на частотах 1 МГц и выше более чем на 10 дБ. Также на модули устанавливаются оплавляемые доньшки, которые обеспечивают механическую защиту элементов и являются экраном от излучаемых радиопомех. С целью увеличения прочности изменена технология изготовления модулей: давление и фрезерование корпусов заменено на литье.

В модулях, выпускаемых по БКЮС.468240.003 ТУ одновременно с фильтром помех, размещены варисторы для защиты аппаратуры от выбросов напряжения в питающих цепях. Для каждого номинала входного напряжения модуля был выбран варистор класса С фирмы EPCOS, обеспечивающий наименьшее пропускаемое напряжение на выходных клеммах при воздействии импульса. В модули с проходными токами 2,5; 5; 10; 20; 40 А установлены варисторы с максимальными импульсными токами, соответственно 250; 500; 1000; 2000; 4000 А для импульса с амплитудой 1000 В и длительностью 50 мкс (фронт 1 мкс). Максимальное значение напряжения на выходе при воз-

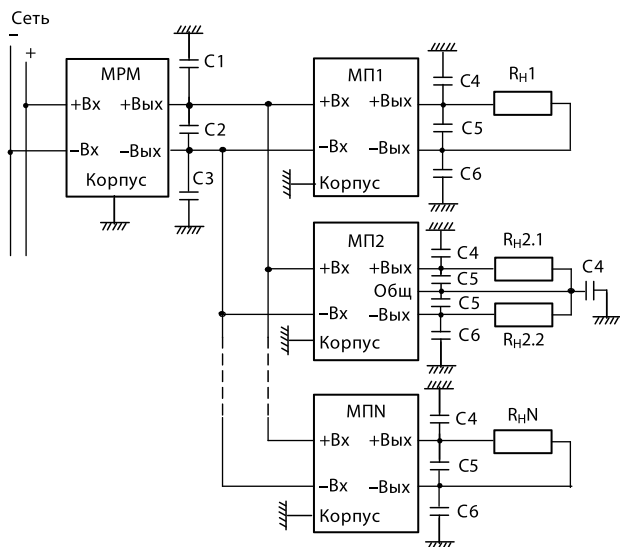


Рис. 5. Схема включения модулей питания с модулем фильтрации и защиты МРМ на входе

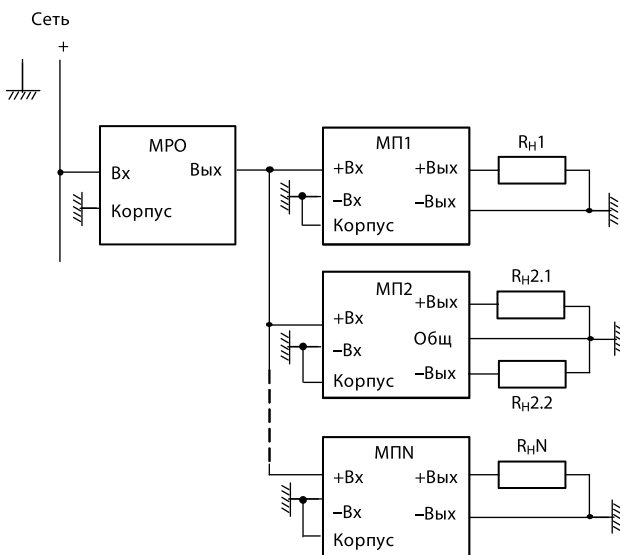


Рис. 6. Схема включения модулей питания с модулем фильтрации и защиты МРО на входе

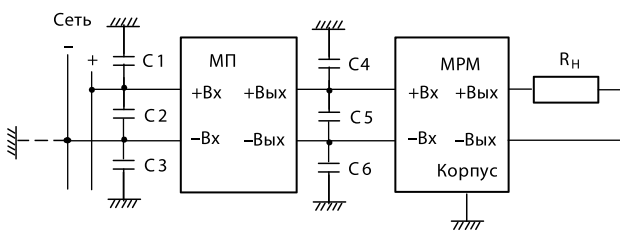


Рис. 7. Схема включения модуля питания с модулем фильтрации и защиты МРМ на выходе

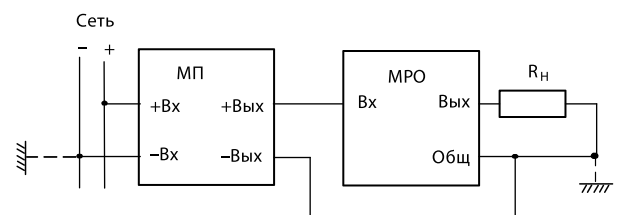


Рис. 8. Схема включения модуля питания с модулем фильтрации и защиты МРО на выходе

действию на входе импульса с этими параметрами для модулей с номинальным входным напряжением 27, 60 В не превышает 80 и 110 В, соответственно.

**Рекомендации по применению.** Эффективность подавления помех модулем фильтрации при работе совместно с МП зависит от емкости корректирующих конденсаторов, тщательности заземления и разводки печатной платы.

Согласно ГОСТ 13661-92, коэффициент подавления измеряется при сопротивлении 50 Ом на входе и выходе МФЗ. Однако на практике входное высокочастотное сопротивление МП меняется в широких пределах, и реальный коэффициент системы модуль фильтрации — МП может значительно отличаться от измеренного, причем в обе стороны. Чтобы исключить это нежелательное явление обязательна установка (см. рис. 2) внешних керамических конденсаторов типа К10-47, К10-67 (для С2, С5 — танталовых К52, К53), емкость которых выбирается из таблицы 3.

МФЗ имеют выводы «Корпус» для заземления корпуса. Заземление корпусов МФЗ обязательно, оно может выполняться также через резьбовые втулки или фланцы крепления. Предпочтительна пайка корпуса по периметру непосредственно к заземляющему проводнику или в четырех точках по углам корпуса. Заземление корпуса модуля по периметру или в четырех точках позволяет увеличить коэффициент ослабления помех на частотах свыше 6 МГц более чем на 10 дБ.

**Типовые схемы включения.** При установке на входе МП, к одному МФЗ можно подключить несколько МП, если их суммарный входной ток не превышает номинальный проходной ток МФЗ. На рисунках 5, 6 показаны схемы включения МФЗ серий МРМ, МРО совместно с N-м количеством МП.

Модули МРО имеют возможность параллельного включения для увеличения тока нагрузки. Параллельное соединение МРМ недопустимо из-за насыщения двухобмоточных дросселей.

Схемы включения МФЗ на выходе МП представлены на рисунках 7, 8.

Итак, в статье были рассмотрены параметры и даны рекомендации по применению МФЗ для цепей постоянного тока. Кроме МФЗ серий МРМ и МРО, предприятие выпускает МФЗ для цепей переменного тока в широком диапазоне проходных токов и входных напряжений [2, 3].

Авторы выражают благодарность начальнику ИЛ ТС ЭМС А.Г. Мартыросову за оказанную помощь при измерениях и за рекомендации при оптимизации параметров фильтров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Твердов И.В. и др. Новые модули фильтрации радиопомех и защиты от перенапряжения//Chip News. 2004. № 3.
2. Твердов И.В., Мартыросов А.Г., Затулов С.Л. Модернизация сетевых фильтров радиопомех на предприятии «Александр Электрик источники электропитания»//Электронные компоненты № 8. 2005.
3. Твердов И., Мартыросов А., Затулов С. Модули фильтрации радиопомех и защиты от перенапряжения для питающих цепей постоянного и переменного тока//Силовая электроника №4. 2007 г.

Таблица 3. Выбор емкости внешних конденсаторов

Проходной ток фильтра, А	С1, С3, мкФ	С4, С6, мкФ	С2, мкФ	С5, мкФ
2,5	0,047	0,047	0,47	0,47
5	0,1	0,1	1,5	1,5
10	0,33	0,33	3,3	3,3
20	0,47	0,47	5,0	5,0