

Модули фильтрации и защиты от перенапряжений для питающих сетей постоянного тока

Виктор Жданкин (Москва)

Одним из главных направлений оптимизации и повышения эффективности систем вторичного электропитания является создание специализированных функциональных узлов, которые дополняют существующие компоненты широкого применения.

Введение

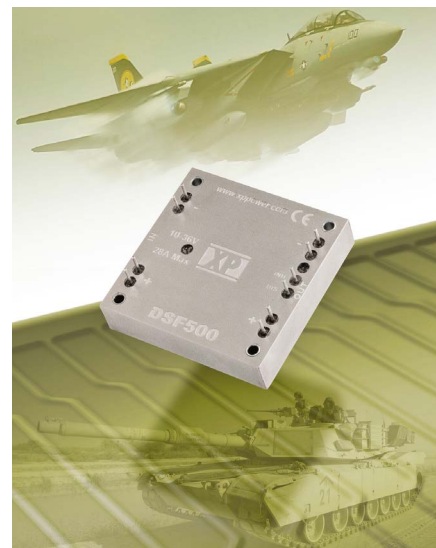
Функционально-модульное проектирование систем электропитания позволяет снизить затраты на проектирование и повысить надёжность и качество электрического питания. Широкое внедрение модульных принципов построения радиоэлектронных средств коммерческого, общепромышленного и специального назначения является основой создания современных источников вторичного электропитания в виде стандартных электронных модулей, надёжно работающих в условиях воздействия импульсных помех и перенапряжений.

Для подавления помех во входных и выходных цепях импульсных источников питания используются встроенные помехоподавляющие фильтры. Но для различной радиоэлектронной аппаратуры нормируются разные допустимые уровни помех, поэтому экономически нецелесообразно встраивать в источники питания фильтры, подавляющие помехи до самого низкого уровня. Если же эффективности встроенного фильтра недостаточно, можно использовать внешние фильтры.

Многие ведущие зарубежные и российские компании, выпускающие универсальные модули питания, разрабатывают и помехоподавляющие фильтры, которые предназначены для совместного использования. Компания XP Power выпускает модули фильтров для широкого диапазона токов, удовлетворяющие высоким требованиям стандартов подавления радиопомех. Некоторые модули фильтров снабжены варисторами для ограничения выбросов напряжения. Модули фильтров и ограничители импульсных напряжений XP Power предназначены для применения с DC/DC-преобразователями серии MTC, которые соответствуют требованиям военных стандартов по стойкости к внешним воздействующим факторам и помехоустойчивости, а также для использования с преобразователями промышленного класса.

Модуль помехоподавляющего фильтра и защиты от импульсных помех MTF50

Помехоподавляющий фильтр MTF50 разработан для систем электропитания авиационной аппаратуры и назем-



ной аппаратуры специальной техники. Это изделие характеризуется широкими функциональными возможностями и обеспечивает экономический эффект от применения компонентов, доступных на коммерческом рынке (Commercial Off-The-Shelf, COTS). Модуль MTF50 предназначен для ослабления кондуктивных помех, создаваемых в цепях питания и коммутации постоянного тока радиоэлектронной аппаратуры DC/DC-преобразователями серии MTC, и для защиты от воздействия кондуктивных помех, определённых стандартом MIL-STD-461E, а также выбросов напряжения и импульсных помех, заданных стандартами MIL-STD-1275A-D и MIL-STD-704A-F. Структурная схема модуля MTF50 показана на рисунке 1.

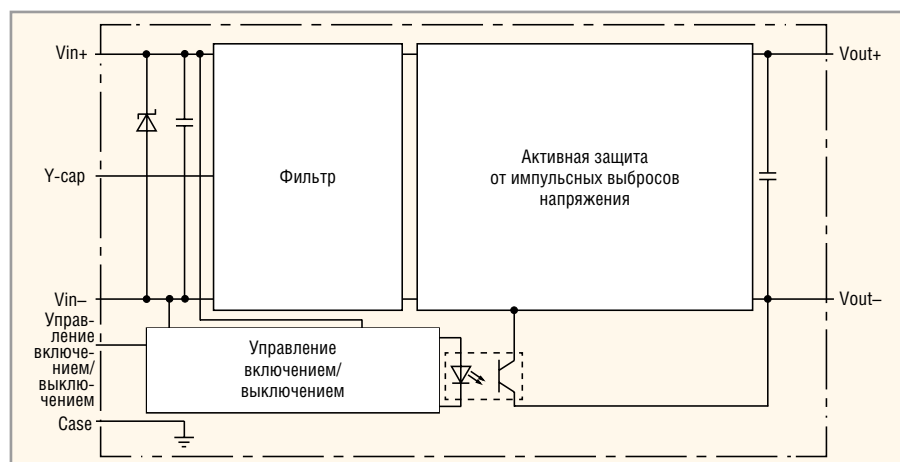


Рис. 1. Структурная схема модуля фильтрации MTF50

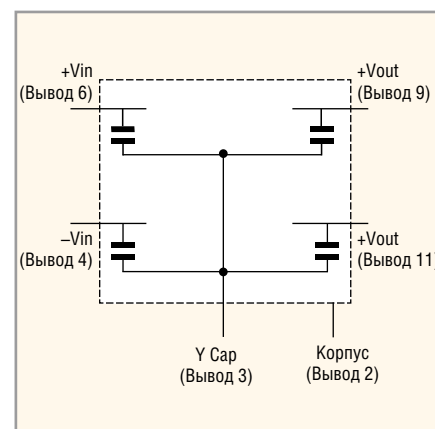


Рис. 2. Схема включения четырёх конденсаторов типа Y внутри модуля MTF50

Модуль MTF50 имеет четыре встроенных конденсатора типа Y, подключённых к выводу 3 (см. рис. 2). В зависимости от назначения и конфигурации системы, этот вывод может быть соединён с корпусом (Case), выводом –Vin, либо оставлен не подключённым. Типовая схема применения модуля MTF50 приведена на рисунке 3.

Внешний вид модуля MTF50 показан на рисунке 4. Функциональные узлы и элементы модуля размещены в металлическом корпусе с размерами 40,0 × 26,0 × 12,7 мм. Корпус обеспечивает защиту функциональных узлов и элементов модуля от механических повреждений, а также эффективный отвод тепла во внешнюю среду. Корпус модуля герметизирован компаундом,

что гарантирует целостность изделия и успешное прохождение испытаний на стойкость к воздействию соляного (морского) тумана [1], а также других видов климатических факторов. Кроме того, компаунд имеет хорошую теплопроводность.

Показатели стойкости модуля MTF50 к внешним воздействующим факторам и его технические характеристики приведены в таблицах 1 и 2, соответственно. Значения среднего времени наработки на отказ (MTBF), вычисленные для различных условий эксплуатации по стандарту MIL-HDBK-217F, приведены в таблице 3. Схема соединения модуля MTF50 с DC/DC-преобразователями серии MTC показана на рисунке 5. На рисунке 6 приведены спектро-

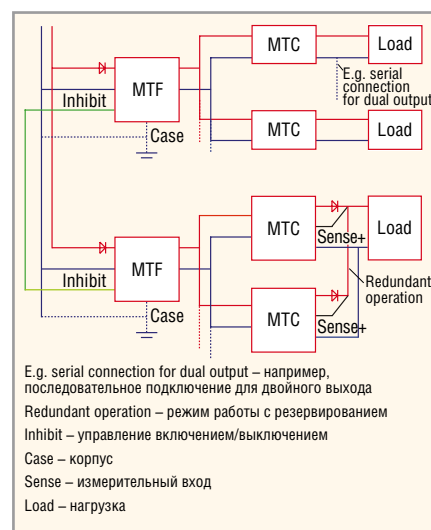


Рис. 3. Типовая схема применения модуля фильтрации MTF50



Рис. 4. Внешний вид модуля фильтрации MTF50

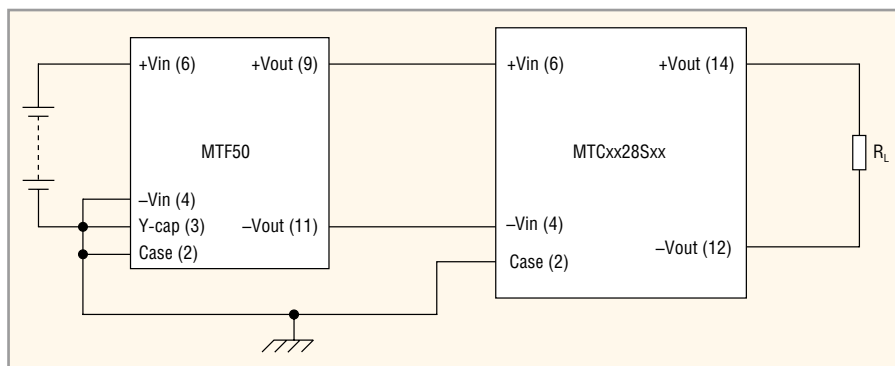


Рис. 5. Схема соединения модуля MTF50 с DC/DC-преобразователями серии MTC для обеспечения электромагнитной совместимости

Таблица 1. Стойкость модуля MTF50 к внешним воздействующим факторам

Параметр	Минимальное значение	Типичное значение	Максимальное значение	Примечания и условия
Рабочая температура корпуса, °C	-40	—	+100	Основание корпуса
Расширенный диапазон рабочих температур, °C	-55	—	+100	Основание корпуса ¹
Температура хранения, °C	-55	—	+100	Температура окружающей среды
Влажность, %	—	88	—	Относительная влажность
Высота, м	—	—	21 336	MIL-STD-810D. Метод 500.2
Удар	—	100g	—	MIL-STD-810D. Метод 516.3 «Аварийный отказ для наземного оборудования»
Частоты вибрации, Гц	5	—	500	MIL-STD-810D. Метод 514.3 «3g для основных видов транспорта»
Ударная тряска	—	40g	—	2000 ударов по каждой оси. MIL-STD-810D. Метод 516.3 «Аварийный отказ»

¹ Для заказа модуля с расширенным диапазоном рабочих температур необходимо добавить суффикс «-LT» к шифру компонента: MTF50-LT

Таблица 2. Технические характеристики модуля MTF50

Параметр	Минимальное значение	Типовое значение	Максимальное значение	Примечания и условия
Входные характеристики				
Входное напряжение, В	15,5	28	40	Длительный режим работы
Диапазон изменения входного напряжения, В	10	—	50	В течение 10 с (макс.)
Пусковой ток, А	13,3	24,7	39,4	Пиковое значение
Выходные характеристики				
Максимальное выходное напряжение, В	44	—	47,5	Фиксируемое значение менее 50 В
Номинальное выходное напряжение, В	—	—	—	Не регулируется. Выходное напряжение пропорционально входному напряжению: $V_{out} = V_{in} - I_{out} \times R_{series}$
Выходная мощность, Вт	—	—	50	15,5...40 В Входное напряжение 10...15,5 В в течение 10 с (макс.) или 40...50 В в течение 10 с (макс.)
КПД, %	—	97	—	—
Общие характеристики				
Сопротивление, Ом	—	0,25	—	От входа до выхода (Rseries)
Рассеиваемая мощность в дежурном режиме, Вт	—	0,1	—	—
Rth, тепловое сопротивление корпус — окружающая среда, °C/Вт	—	8	—	—

Примечания:

Требуется установка внешнего предохранителя;

Защита от обратного напряжения обеспечивается внешней схемой.

Таблица 3. Вычисленные значения MTBF (часы) модуля MTF50

Температура окружающей среды, °C	Наземная переносная аппаратура	Аппаратура, установленная в обитаемом отсеке транспортного самолёта	Аппаратура, установленная в обитаемом отсеке истребителя
20	693 264	600 672	301 882
40	471 398	410 083	203 684
60	320 466	284 139	141 178
80	218 610	199 505	100 179
100	148 081	140 201	72 052

граммы помех для модуля DC/DC-преобразователя MTC1528S12 с применением модуля фильтрации MTF50 (б) и без него (а). Видно, что в последнем случае не обеспечивается уровень подавления помех, требуемый стандартом (красная линия).

В статье [2] рассмотрены особенности применения модуля MTF50 совместно с модулем поддержания напряжения MTH100 и DC/DC-преобразователями серии MTC в авиационном и специальном наземном оборудовании с целью сохранения работоспособности электронной системы при кратковременном снижении напряжения входной шины.

Модуль активной защиты от перенапряжений и фильтрации DSF226

Модуль фильтрации и активной защиты от перенапряжений DSF226 обеспечивает защиту DC/DC-преобразователей в соответствии с требованиями военного стандарта DEF-STAN-61-5 в сети постоянного напряжения 28 В. Он герметизирован в металлическом корпусе и способен обеспечить на выходе мощность до 200 Вт. По стойкости к воздействиям импульсов напряжений DSF226 соответствует требованиям военного стандарта DEF-STAN-61-5 part 6 (issue 6) (Великобритания), а также MIL-STD1275A-D, DEF-STAN-59-411 и MIL-STD-461C, регламентирующих уровни излучаемых помех и показатели стойкости к воздействию импульсных помех для аппаратуры транспортных средств и авионики.

Модуль DSF226 обеспечивает активное подавление перенапряжений при полной мощности 200 Вт в диапазоне рабочих напряжений от 15 до 33 В, включая кратковременные (1 с) понижения напряжения до 10 В. Выходной канал отслеживает входное напряжение и фиксирует его на уровне 36 В. Модуль

DSF226 способен функционировать в диапазоне температур $-40...+100^{\circ}\text{C}$ на основании корпуса. Выходной сигнал превышения температуры корпуса может использоваться для мониторинга или отключения выхода фильтра.

Модуль DSF226 предназначен для совместного применения с DC/DC-преобразователями серий MTC, QSB и ICH, а также может быть объединён с преобразователями серий J (диапазон входного напряжения 4:1) для обеспечения разнообразных выходных каналов. Габаритные размеры модуля $56,1 \times 36,8 \times 12,9$ мм, вес 75 г. Внешний вид модуля DSF226 показан на рисунке 7. Типовые схемы включения модуля DSF226 приведены на рисунках 8 и 9.

Модуль фильтрации и защиты от выбросов напряжения DSF100

Модуль активной защиты от электромагнитных помех и кратковременных выбросов напряжения DSF100 разработан для применения на входах DC/DC-преобразователей. Он может применяться с COTS-преобразователями серии MTC или DC/DC-преобразователями промышленного класса компании XP Power. Применение модуля DSF100 позволяет создать систему питания, которая соответствует требованиям стандартов MIL-STD-1275A-D (регламентирует помехоустойчивость аппаратуры специального наземного транспорта) и MIL-STD-461F. Модуль снабжён защитой от длительного обратного напряжения, входом дистанционного включения/выключения и защитой от перегрева. Максимальное значение тока, протекающего через модуль, составляет 3,7 А, максимальная мощность – до 100 Вт. Типичное значение КПД равно 98%. Диапазон рабочих температур $-40...+100^{\circ}\text{C}$ на основании корпуса. Габаритные размеры модуля $4,9 \times 31,9 \times 13,2$ мм, вес 50 г. На рисунке 10 показан внешний вид модуля DSF100.

Для повышения эффективности работы модуля в схеме защиты от обратной полярности входного напряжения, вместо традиционных последовательно включённых диодов используется МОП-транзистор (см. рис. 11). Модуль также защищён от выбросов напряжения с помощью варистора (M1).

На рисунке 12 приведена схема включения модуля DSF100 с целью подавления кондуктивных помех, генерируемых 30-Вт DC/DC-преобразователем MTC3028S15, до уров-

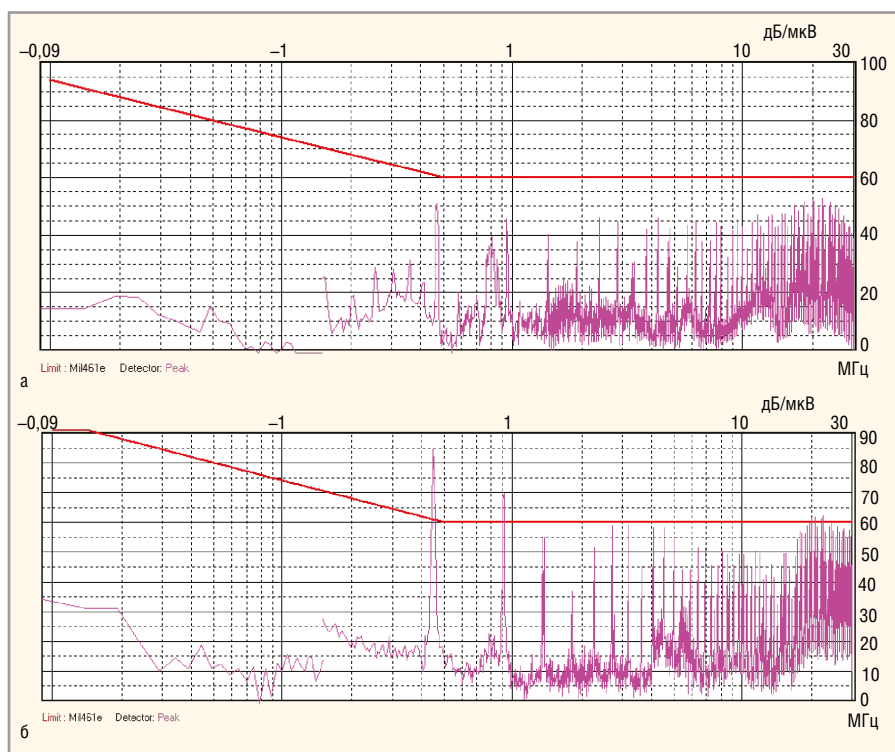


Рис. 6. Спектрограммы помех на входе модуля DC/DC-преобразователя MTC1528S12:

а) без модуля MTF50; б) на входе модуля MTF50 при использовании с MTC1528S12 (нормированная кривая CE102 по MIL-STD-461E)

ней, регламентируемых стандартом MIL-STD-461E (нормированная кривая CE102). Спектрограмма помех для этой схемы включения приведена на рисунке 13.

Модуль защиты от импульсных перенапряжений DSF500

Модуль защиты от перенапряжений микросекундной длительности



Рис. 7. Внешний вид конструкции модуля активной защиты и фильтрации DSF226

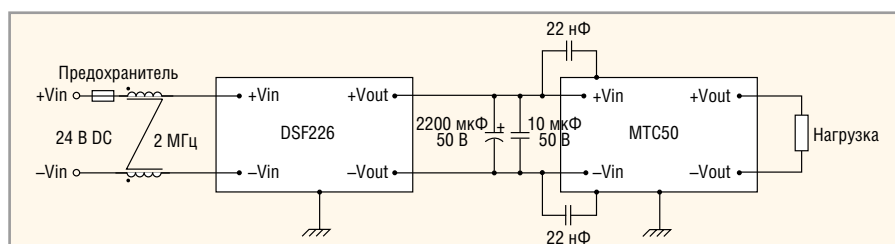


Рис. 8. Схема включения модуля DSF226 вместе с модулем DC/DC-преобразователя серии MTC50 для обеспечения соответствия требованиям стандарта DEF-STAN 59-411

(стандарт МО Великобритании; измерение уровня помех осуществляется в дБ/мкВ с применением LISN – Line Impedance Stabilization Network (схемы стабилизации импеданса шины), и датчика тока)

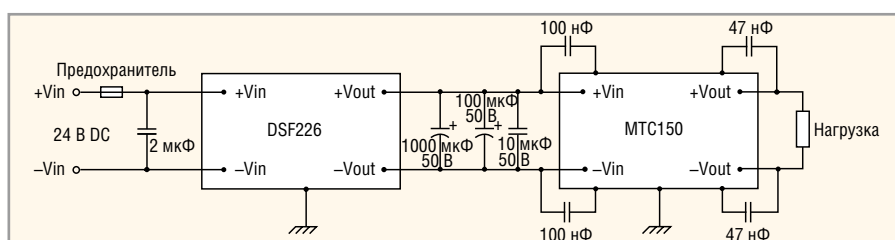


Рис. 9. Схема включения модуля DSF226 для обеспечения соответствия требованиям стандарта MIL-STD-461E (измерения уровня помех осуществляется в дБ/мкВ с применением эквивалента LISN)



Рис. 10. Модуль защиты от импульсных помех DSF100

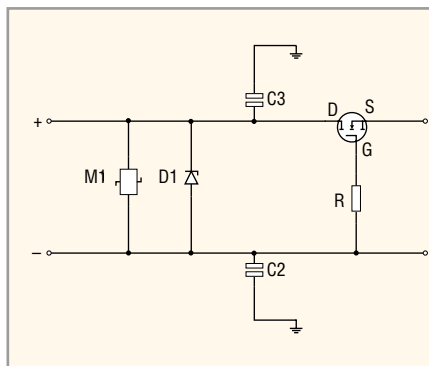


Рис. 11. Встроенные защиты от обратной полярности и ослабления импульсных помех в модуле DSF100

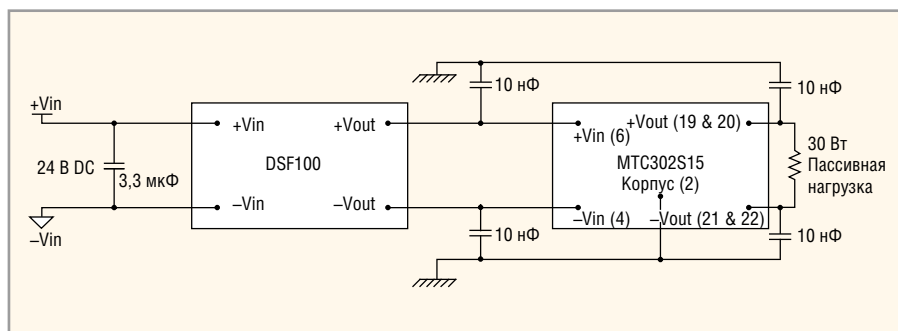


Рис. 12. Схема включения модуля DSF100 с DC/DC-преобразователем MTC3028S15 для обеспечения ограничения кондуктивных помех по норме CE102

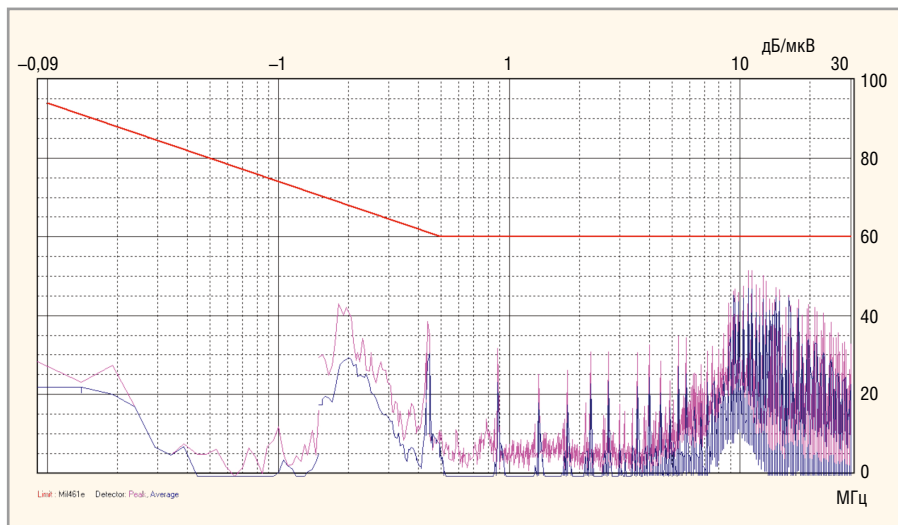


Рис. 13. Спектрограмма помех для схемы включения DSF100 вместе с MTC3028S15

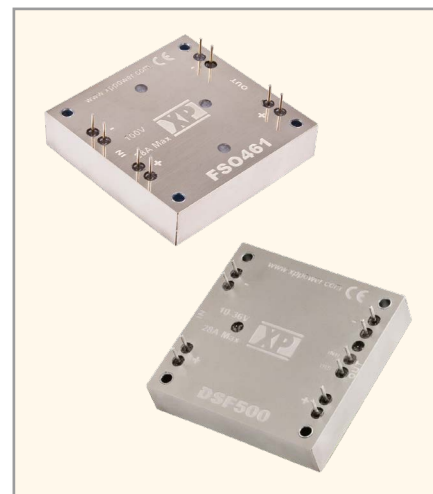


Рис. 14. Модуль ограничения выбросов напряжения DSF500 (а) и фильтр FSO461 (б)

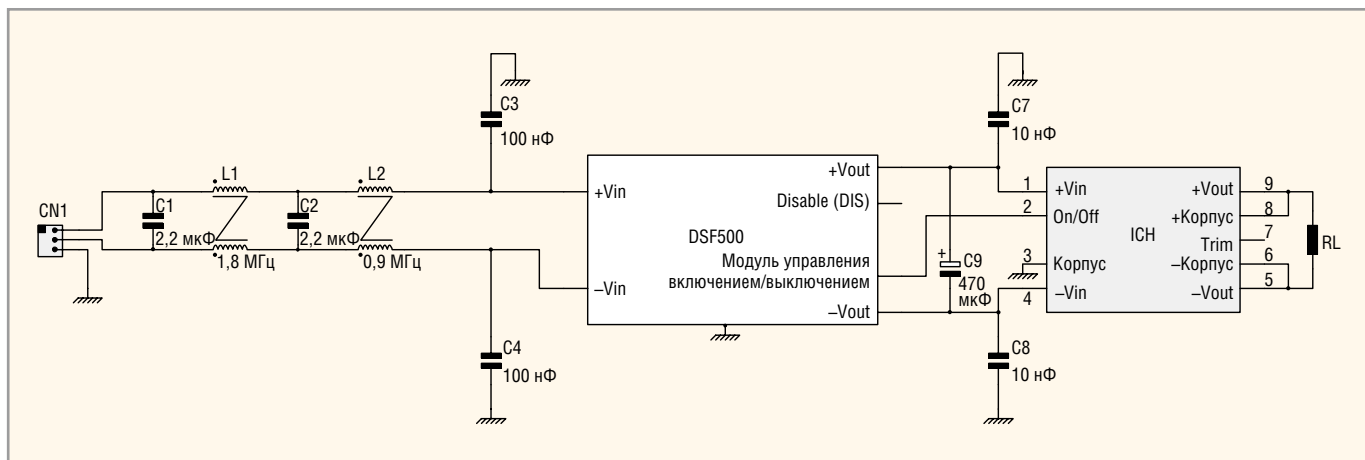


Рис. 15. Схема включения модуля DSF500 с DC/DC-преобразователем серии ICH

DSF500 предназначен для применения с DC/DC-преобразователями промышленного класса и обеспечивает соответствие требованиям стандартов MIL-STD-461F, DEF-STAN 59-411, MIL-STD 1275A-D и DEF-STAN 61-6 Part 6 по устойчивости к кондуктивным импульсным помехам большой энергии. Для обеспечения требований электромагнитной совместимости рекомендуется совместное применение DSF500 с модулем фильтрации FSO461. Это обеспечивает соответствие стандарту MIL-STD-461F по уровню кондуктивных помех и помехоустойчивости. В таблице 4 приведены сведения об электромагнитной совместимости и помехоустойчивости модуля DSF500.

На рисунке 14 показан внешний вид модуля DSF500 и фильтра FSO461. На рисунке 15 приведена схема включения модуля DSF500 совместно с DC/DC-преобразователем серии ICH (XP Power). Здесь для ограничения кондуктивных помех по норме CE102 на входе используется двухзвенный LC-фильтр, который подавляет симметричные и несим-

Таблица 4. Электромагнитная совместимость и помехоустойчивость модуля DSF500

Стандарт	Уровень теста	Критерий
MIL-STD-461E/F1	CE102 CS101 CS114 CS115 CS116	—
DEF-STAN 59-411	DCE01/DCE02	—
MIL-STD-1275A-D	Импульсная помеха Выбросы напряжения Пульсации	± 250 В / 100 мкс 100 В / 50 мс на 0,5 мОм 14 В (переменная составляющая), размах
DEF-STAN 61-5	Pt 6. Iss. 5	—
MIL-STD-704A	Импульсная помеха 600 В / 10 мкс	Источник помехи имеет полное внутреннее сопротивление 50 Ом

¹ С внешними компонентами (см. рекомендации по применению).

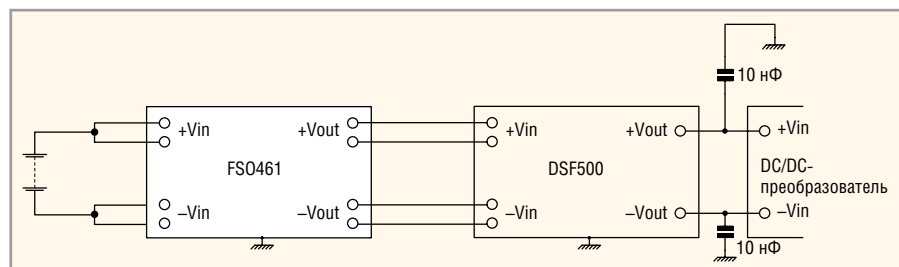


Рис. 16. Схема соединений модуля DSF500 и фильтра FS0461 с DC/DC-преобразователем

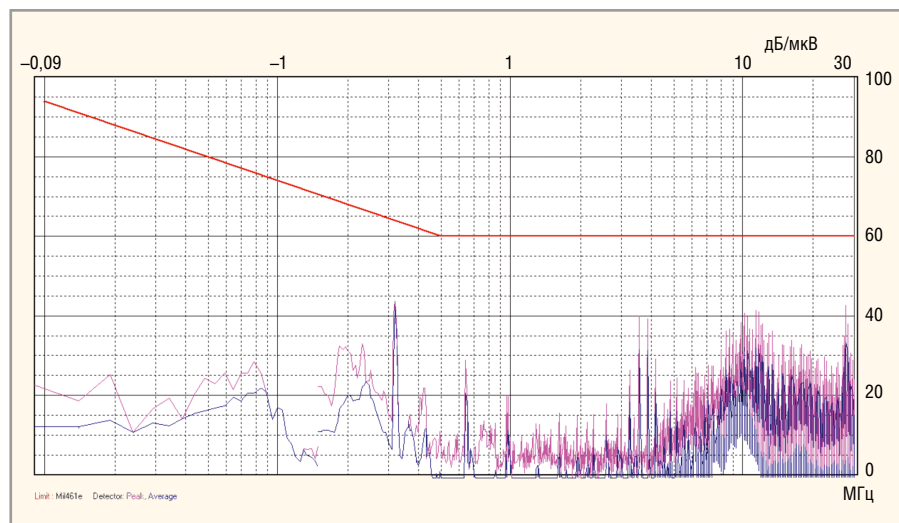


Рис. 17. Спектрограмма помех на входе схемы с модулем DSF500 и помехоподавляющим фильтром

метричные помехи. Схема соединений модулей DSF500 и FS0461 с преобразователем напряжения приведена на рисунке 16. Измеренные напряжения помех на входе схемы с модулем DSF500 и дополнительным фильтром иллюстрирует график на рисунке 17 (нормированное значение CE102 по MIL-STD461E).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для обеспечения жёстких требований стандартов подавления радиопомех большинство DC/DC-преобразователей следует использовать с внешними модулями фильтров. Применение компактных фильтров с высоким коэффициентом подавления позволяет оптимизировать габаритные размеры распределённых систем электропитания, поэтому спрос

на такие фильтры с каждым годом увеличивается. Производители модулей фильтрации и защиты от импульсных помех постоянно совершенствуют конструкцию модулей, внедряя современные магнитные материалы и конденсаторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Test Report 006462_01_H. KRIWAN Testzentrum GmbH & Co. KG MTC DC-DC Converter and DSF-Filter. December. 26. 2006.
2. Жданкин В.К. Модуль поддержания напряжения уменьшает ёмкость буферного конденсатора на 80%. Силовая электроника. № 1. 2011.
3. Жданкин В.К. DC/DC-преобразователи для военных систем: гибридная технология или технология поверхностного монтажа на печатную плату? Современная электроника. № 4. 2008.

