

Фильтры подавления электромагнитных помех фирмы Ersos

Михаил Геворкян

sales@dialelectrolux.ru

Немецкая фирма Ersos (бывшее подразделение Siemens по производству пассивных компонентов) располагает широким спектром изделий для решения вопросов обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) электрических или электронных устройств.

Значительную подгруппу ЭМС компонентов Ersos составляют фильтры, предназначенные для защиты устройств от высокочастотных электромагнитных помех (радиопомех).

Электромагнитные помехи (ЭМП) возникают в результате функционирования устройств, предназначенных для генерации или преобразования электроэнергии. Они представляют собой электромагнитные поля в пространстве, окружающем такие технические средства (ТС).

Основными источниками высокочастотных помех являются импульсные блоки питания (бытовая электронная техника, промышленные и медицинские аппараты и др.), цепи нелинейных преобразователей мощности (преобразователи переменного и постоянного напряжения), мощные двигатели, генераторы, а также сварочные аппараты, реле, газоразрядные лампы, системы зажигания, атмосферные разряды и т. п. Помехи в токоведущих частях электротехнических устройств возникают за счет паразитных наводок сигналов, которые наиболее существенны при размещении ТС с большой концентрацией в малом объеме пространства. Аналогичные процессы возникновения ЭМП в блоках и узлах одного ТС возможны за счет их взаимного влияния.

Для борьбы с помехами в цепях соседних ТС, а также узлов и блоков в пределах отдельных ТС используют фильтры ЭМП. В общем случае, обычно фильтры ЭМП представляют собой ФНЧ и могут устанавливаться как непосредственно у источника помех, так и перед приемником помех (рецептором). Фильтры ЭМП Ersos (сетевые фильтры) рассчитаны на подавление помех, поступающих по проводам двух- или трехфазной сети на вход защищаемого устройства, то есть это фильтры «приемной стороны». Настоящая статья посвящена сетевым фильтрам Ersos, каждый из которых представляет собой отдельный законченный узел, устанавливаемый перед приемным устройством. Все рассматриваемые фильтры пропускают беспрепятственно напряжение частоты сети 50/60 Гц.

В соответствии с ГОСТ, по характеру возникновения помехи подразделяют на противофазные и синфазные. Первые образуются как паразитное напряжение между прямым и обратным проводами сети. Они возникают, например, при большой паразитной емкости между полупроводниковым элементом и землей и при быстрых изменениях сигнала с большой амплитудой напряжения. Ток противофазной помехи в сигнальных проводах совпадает по направлению с током полезного сигнала.

Напряжение синфазной помехи возникает как разность потенциалов между фазным (сигнальным) проводом, обратным проводом (так называемая масса или нейтральный провод) и землей (корпус прибора, радиатор и т. п.). Ток синфазной помехи имеет одинаковое направление в прямом и обратном проводах сети.

В симметричных электрических цепях (незаземленные цепи и цепи с заземленной средней точкой) противофазная помеха проявляется в виде симметричных напряжений (на нагрузке) и называется симметричной, в иностранной литературе она именуется помехой дифференциального типа (differential mode interference). Синфазная помеха в симметричной цепи называется асимметричной или помехой общего типа (common mode interference).

Симметричные помехи в линии обычно преобладают на частотах до нескольких сотен килогерц. На частотах же выше 1 МГц¹ преобладают асимметричные помехи.

Помехи, возникающие в несимметричных цепях, называются несимметричными. Для противофазной помехи несимметричной является цепь с разделенной (симметричной относительно земли) нагрузкой.

Для силовых цепей более характерна несимметричная нагрузка, но, например, сами источники высокочастотных помех (преобразователи на IGBT транзисторах и т. п.) могут генерировать асимметричные (синфазные) помехи. С другой стороны, синфазные помехи при определенных условиях преобразуются в противофазные.

Фильтры ЭМП характеризуются комплексом параметров. Остановимся на параметрах, характеризующих фильтры ЭМП Ersos:

1. Число проводов сети: 2, 3 (4).
2. Номинальное (сетевое) напряжение: 250 (220), 440 (380) В и др.

¹Это связано с тем, что частым источником помех являются полупроводниковые ключи и выпрямители, скорость переключения которых не бесконечна. В лучшем случае их время переключения из закрытого в проводящее состояние составляет порядка 50 — 100 нс. Когда к полупроводнику внезапно прикладывается обратное напряжение после приложения прямого, прямой ток присутствует еще некоторое (короткое) время за счет рассасывания накопленного ранее заряда, возникает интерференция. В результате такого конечного времени переключения скорость изменения напряжения измеряется в кВ/мкс, и спектр сигнала может расширяться до нескольких мегагерц.

3. диапазон подавления помех (полоса частот заграждения);
4. уровень подавления помех (стандартный; с усиленным подавлением и т.п.);
5. номинальный ток, А;
6. тип помех, подавляемых² фильтром:
 - общего типа;
 - дифференциального типа;
 - несимметричные помехи;
7. тип разъема;
8. тип корпуса;
9. климатическая категория (диапазон температур, в котором фильтр удовлетворяет требованиям (стандартам) по остальным техническим характеристикам).

Конструкции фильтров различаются в зависимости от типа помех. Так, для компенсации симметричной помехи, когда искажения напряжения возникают между фазными проводами сети, используют так называемый³ du/dt-фильтр НЧ, содержащий помехоподавляющие X-конденсаторы. Заметим, что X-конденсаторами называют такие конденсаторы, которые шунтируют провода линии между собой на высокой частоте.

Ввиду того, что при малом внутреннем сопротивлении источника помехи, ее устранение потребовало бы чрезмерно больших емкостей, необходимых для обеспечения заданного деления напряжения, на практике последовательно конденсатору включают дроссели, что увеличи-

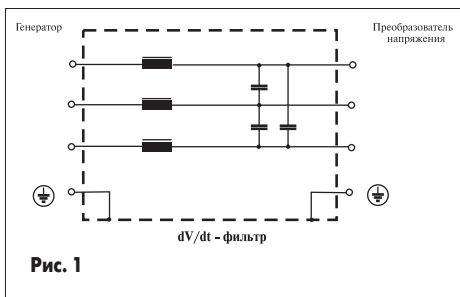


Рис. 1

Таблица 1

№№	Схема	Особенности схемы
1		Связанные катушки индуктивности для подавления асимметричной (синфазной) помехи. (Так называемый тококомпенсированный ⁵ дроссель)
2		Связанные катушки индуктивности для ослабления симметричной помехи (так называемый Z-образный дроссель). Сонаправленная намотка витков прямого и обратного проводов. Данный тип дросселя в сетевых фильтрах обычно используется как дополнительное звено к основному фильтру.

чивает сопротивление по последовательной схеме. В результате образуется так называемый Т-образный (или П-образный) фильтр НЧ.

На высоких частотах, с целью ограничения собственной емкости, дроссель нередко исполняют в виде набора отдельных индук-

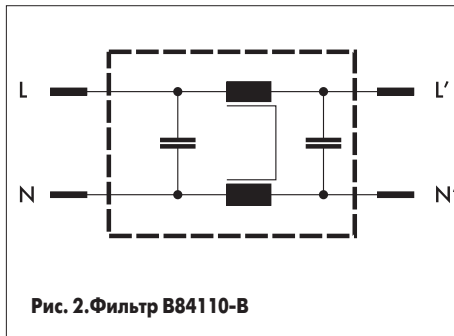


Рис. 2. Фильтр B84110-B

тивностей (секций или так называемых «бусин», английское название — beads), соединяемых последовательно. На высоких частотах могут применяться ферритовые дроссели, например, для частот 30, 50 и 100 МГц Ersos серийно выпускает дроссели/бусины⁴ серии B8248x в чип исполнении типоразмеров 0603...1806, рассчитанные на ток 0,05...4 А. У Ersos также широко представлены аналогичные дроссели в выводном исполнении. На более высоких частотах достаточное реактивное сопротивление можно обеспечить малой индуктивностью. При этом для получения дросселя силовой кабель достаточно пропустить через группу ферритовых колец.

На рис. 1 представлена эквивалентная схема du/dt-фильтра ЭМП. Он выполняет процедуру вычитания дифференцированного сигнала из исходного. В результате фильтр сглаживает пики и исключает выбросы напряжения, обусловленные симметричной помехой. Однако он почти не влияет на напряжение помехи, существующее между проводами сети и заземлением, а также и на ток утечки.

Наряду с X-конденсаторами и обычными дросселями в фильтрах ЭМП Ersos применяют связанные (с общим сердечником) катушки индуктивности двух типов (табл. 1).

Тококомпенсированные дроссели подавления ЭМП Ersos обычно выполняются на кольцевом ферритовом сердечнике. В них используются две катушки (два провода) для двухпроводной сети, три — для трехпроводной и т. п. При этом встречная на-

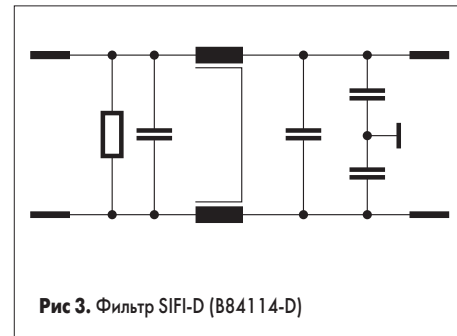


Рис. 3. Фильтр SIFI-D (B84114-D)

мотка проводов геометрически может быть реализована их сонаправленной намоткой на две половины ферритового кольца.

Z-образный дроссель фирмы Ersos выполняется намоткой двух проводов на кольцевом сердечнике, изготовленном из металлического порошка и имеющем высокий порог насыщения, что линеаризует ВАХ катушек и уменьшает опасность искажений, связанных с их нелинейностью.

Ниже приводится ряд конкретных примеров фильтров ЭМП Ersos с принципиальными схемами и пояснением особенностей.

Пример А1: du/dt-фильтр ЭМП Ersos серии B84110-B с подавлением синфазной помехи (без Y-конденсаторов).

Данный фильтр (рис. 2) используется для защиты импульсных блоков питания, телевизоров, компьютеров, промышленного и портативного оборудования. Применение фильтров асимметричных помех, в частности, значительно снимает ограничения по длине кабеля, подводимого к двигателю от преобразователя при промышленном применении.

Пример А2: фильтр ЭМП Ersos серии SIFI-D (номер B84114-D) с подавлением синфазной помехи и Y-конденсаторами⁶ (в дополнение к X-конденсаторам фильтра B84110-B). Резистор на входе (рис. 3), установленный параллельно X-конденсатору, предназначен для его разряда (конденсатора большой емкости).

Для компенсации нескольких видов помех ставится комбинация дросселей (последовательная и т. п.).

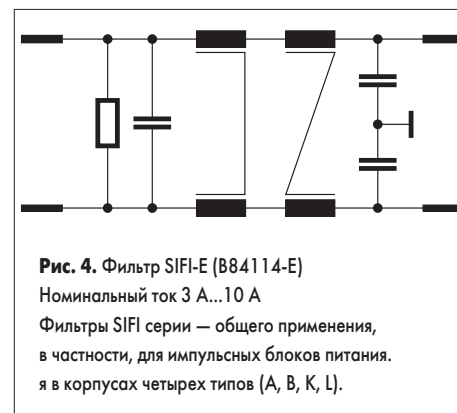


Рис. 4. Фильтр SIFI-E (B84114-E)

Номинальный ток 3 А...10 А
Фильтры SIFI серии — общего применения, в частности, для импульсных блоков питания, в корпусах четырех типов (А, В, К, L).

² В каталоге Ersos для каждого фильтра приведены амплитудно-частотные характеристики в графическом виде, отдельно для каждого типа помех.

³ Название принято в иностранной литературе и указывает на функцию дифференцирования.

⁴ Ферритовые дроссели/бусины выпускает также фирма Murata и некоторые другие производители.

⁵ Действие тококомпенсированного дросселя основано на различном направлении токов полезного сигнала и асимметричной помехи. Благодаря встречной намотке катушек, происходит компенсация магнитных потоков, связанных с токами полезного сигнала прямого и обратного проводов. В результате для асимметричной помехи катушки представляют собой большое сопротивление, тогда как для тока полезного сигнала индуктивности как бы не существует. Таким образом, дроссель оказывает незначительное влияние на полезный сигнал.

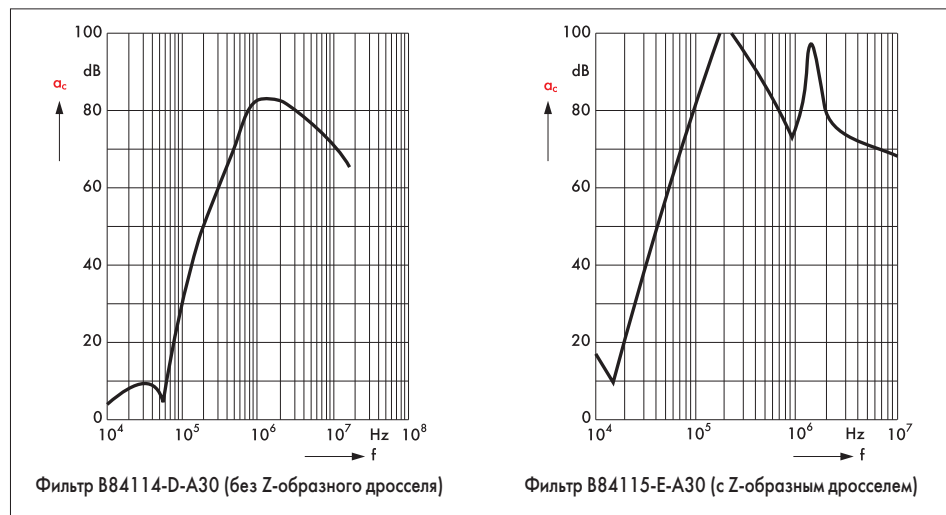


Рис. 5. Сравнительные характеристики вносимого затухания (по симметричным помехам) для двух серий фильтров

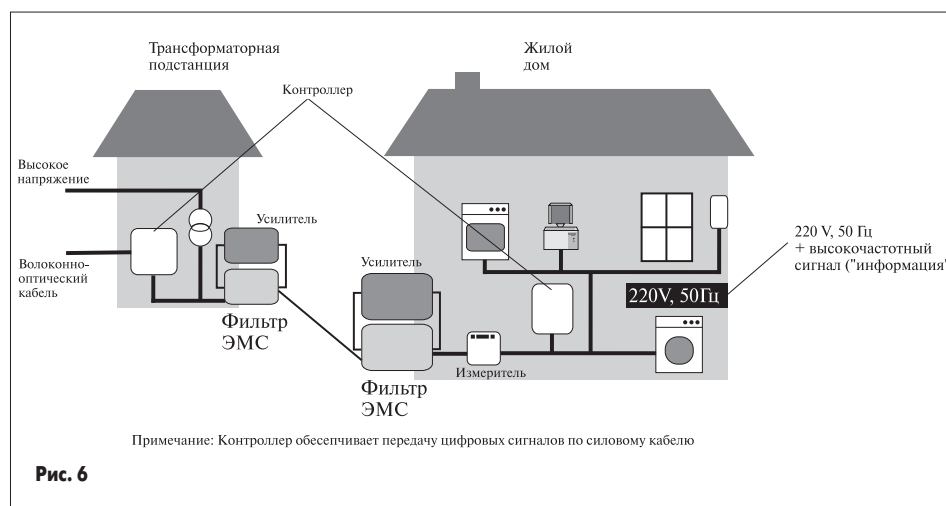


Рис. 6

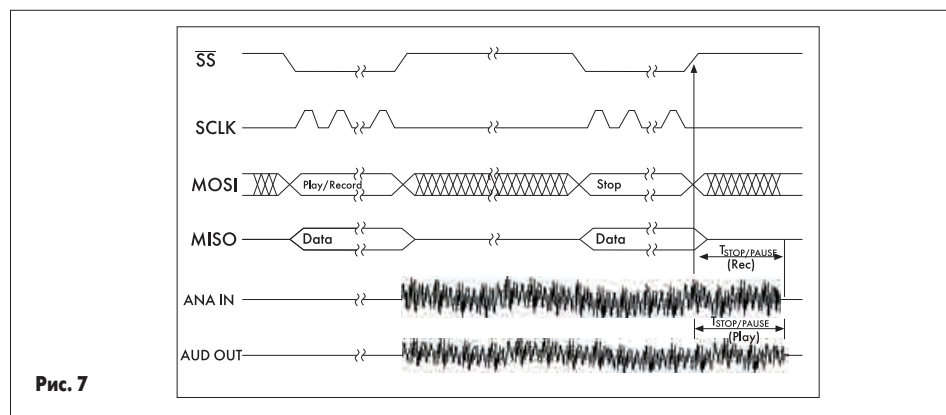


Рис. 7

Пример А3: фильтр ЭМП Ersos серии SIFI-E (номер B84115-E). Он отличается от предыдущего дополнительно подключенным Z-образным дросселем для дополнительного ослабления симметричной помехи (рис. 4). На рис. 5 приведены сравнительные характеристики вносимого затухания (по симметричным помехам) для двух серий фильтров. Из него видно, что первый фильтр имеет значительно меньший уровень подавления частот в полосе до нескольких сотен килогерц.

Кроме связанных катушек в составе фильтров ЭМП Ersos часто присутствует многозвенный (проходной) конденсатор. Собственная индуктивность такого конденсатора весьма мала. При этом он может компенсировать как противофазную, так и синфазную помеху. Фирма Ersos предлагает фильтры ЭМП, рассчитанные на подавление помех в широком диапазоне высоких и сверхвысоких частот, начиная от частоты примерно 10 кГц вплоть до 40 ГГц и выше. При этом средняя

ширина полосы частот подавления всех фильтров составляет около 1 МГц. Среди различных моделей фильтров ЭМП Ersos можно выделить, в частности, специальные, с заданным током утечки.

Параметры фильтра накладывают отпечаток на возможные области его применения. Область применения конкретного фильтра Ersos более точно можно определить из фирменного каталога⁷ и на сайте www.ercos.com в Интернете. Ниже перечислен ряд сфер (но не все возможные), где целесообразно применение фильтров ЭМП Ersos.

1. Модульные системы автоматизированного (плавного) пуска приводов электродвигателей («Активный терминал»/AFE) с помощью мощных полупроводниковых ключей (IGBT-транзисторов), управляемых постоянным напряжением. Ключи коммутируются постоянным напряжением с выхода преобразователей напряжения (переменное/постоянное). Например:

- станки с ЧПУ;
 - лифты и т. п.
2. Преобразователи напряжения электрогенераторов (ветряных электростанций и т. п.).
3. Транспорт, например:
- конверторные приводы современных городских рельсовых средств, в частности, трамваи;
 - метро, электропоезда и т. п.;
 - транспортные средства, требующие малого тока утечки (при сложной процедуре заземления), в частности троллейбусы и т. п.;
 - скоростные поезда (дальние).
4. Приводы сталеπροкатных станов (помехи при мощной коммутации, а также регулировке скорости вращения приводов подачи листа).
5. Конвейерные (лентопротяжные) линии.
6. Фильтры для импульсных блоков питания и UPS.
7. Насосы.
8. Системы нагрева, вентиляции и кондиционирования (HVAC-системы).
9. Фильтры для подавления наводок сигналов в установках/шкафах с большой концентрацией блоков электронного оборудования (при малом объеме пространства).
10. При использовании силовых кабелей в качестве проводников для связанных коммуникаций (домашний Интернет, а также охранные системы с ограниченным числом проводов в кабеле ввода).
11. Фильтры для передачи данных и телефонных линий (ISDN и т. п.).

Примеры применения фильтров ЭМП
Пример 1

Домашний Интернет: передача данных внутри дома и между домом и силовой подстанцией (рис. 6). Подавление помех при использовании силовых кабелей в качестве проводников связанных коммуникаций. В отсутствие фильтра ЭМП, радиоэлектронное оборудование абонента зашумлено наводками от сетевого напряжения.

⁶ Помехоподавляющие Y-конденсаторы соединяют фазы линии по высокой частоте с землей (с защитным заземлением, корпусом прибора и т. п.), то есть Y-конденсаторы шунтируют синфазную помеху. Фирма Ersos, являясь мировым лидером по производству ЭМС-компонентов, представляет разработчику широкий ассортимент X- и Y-конденсаторов, а также проходных помехоподавляющих фильтров и конденсаторов.

⁷ Также, см. каталог ООО «Диал Электролюкс», 127486, Москва, ул. Дегунинская, д.1, к.2, <http://www.dialelectrolux.ru>, e-mail: sales@dialelectrolux.ru.

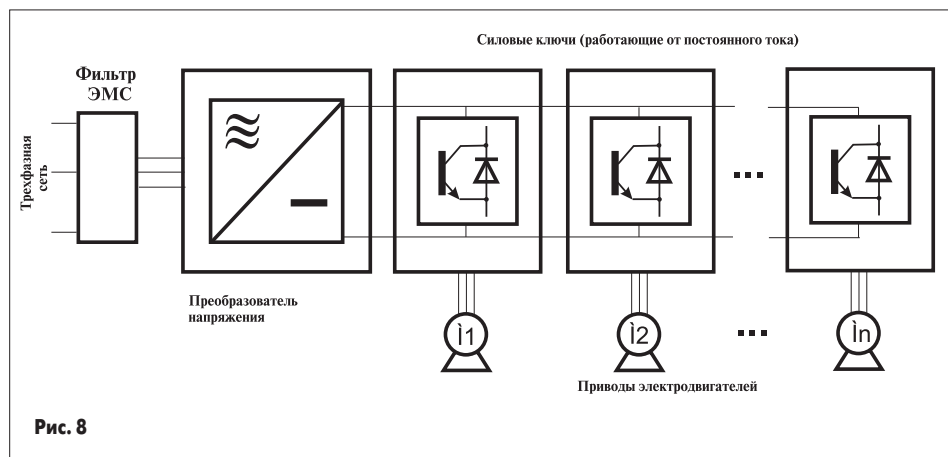


Рис. 8

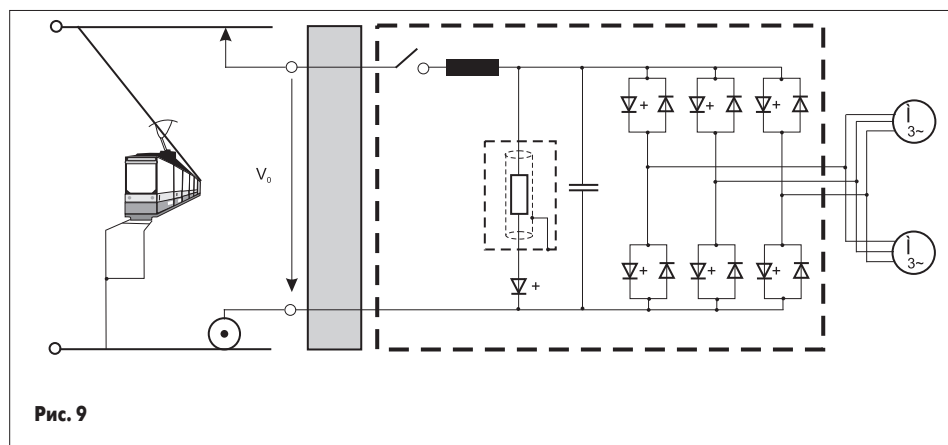


Рис. 9

Пример 2

Приведенная на рис. 7 схема используется для преобразователей напряжения электрогенераторов. Сам преобразователь необходим из-за того, что параметры сигнала,

например амплитуда напряжения, формируемого на выходе генератора, обычно не соответствуют параметрам сети. Фильтры же ЭМП защищают генератор (к примеру, ветряной электростанции) от проникновения

высокочастотных помех из преобразователя напряжения.

Пример 3

Модульные системы автоматизированного плавного пуска приводов электродвигателей «Активный терминал»/AFE (рис. 8).

IGBT-транзисторы, активизируемые простым постоянным напряжением с выхода преобразователя, обеспечивают быстрое подключение или отключение приводов двигателей значительной мощности. На входе преобразователя — сетевое трехфазное синусоидальное напряжение, а на выходе — постоянное напряжение. Однако быстрая коммутация силовой цепи является источником высокочастотных помех. В результате проникновения помехи на вход, напряжение между фазами сети искажается (возникает помеха симметричного типа). Уровень асимметричной помехи также может быть значительным из-за протяженного кабеля от преобразователя напряжения до внешней сети. Фильтр⁸ ЭМП Ercos, установленный на входе преобразователя, компенсирует практически без остатка обе помехи, «развязывая» преобразователь и внешнюю сеть.

Пример 4

Муниципальный рельсовый транспорт (трамвай). Фильтр ЭМП устанавливается между преобразователем напряжения электродвигателя и питающей (контактной) линией (рис. 9).

В заключение можно констатировать широкие и разнообразные возможности фильтров ЭМП фирмы Ercos для решения задач ЭМС силовых ТС.

⁸ Например, B84143-AFE1, рассчитанный на трехпроводную сеть, содержащий тококомпенсирующие дроссели, а также X- и Y-конденсаторы.