

Бландова Екатерина Сергеевна, доктор технических наук

ВЫБОР СЕТЕВЫХ ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИХ ФИЛЬТРОВ

Требования к помехоподавляющим фильтрам регулируются стандартами, разработанными международными, региональными и национальными организациями:

- стандарты России – ГОСТ 13661-92, РД 11 0956-96;
- стандарты, используемые в Европе – VDE, CISPP, VG;
- стандарты США – MIL-F-15733, MIL-T-28861, MIL-STD-4610, FCC 79-555.

Разработчики помехоподавляющих фильтров или аппаратуры, в комплект которой входят эти фильтры, должны руководствоваться стандартами того региона, где предполагается их использовать. Все эти стандарты и рекомендации охватывают большой круг вопросов, касающихся ограничения помех в цепях электропитания, генерируемых электронными устройствами.

Сетевые помехоподавляющие фильтры (СПФ) входят в общий класс помехоподавляющих фильтров, поэтому требования, предъявляемые к этим изделиям, распространяются и на СПФ.

Эти требования можно разделить на следующие группы:

- требования по частотному диапазону;
- требования по нагрузке;
- требования по току утечки;
- требования по ослаблению импульсных помех;
- требования по стойкости к внешним воздействиям;
- требования к конструкции фильтров.

Правильная формулировка требований, предъявляемых к СПФ, является основой критерия выбора этих фильтров.

Поскольку основное назначение СПФ – ограничить прохождение высокочастотной части электромагнитных колебаний, то рассматриваются только фильтры нижних частот от 0,01 кГц до 10 ГГц. Диапазон частот определен аппаратурой, на которую будет работать фильтр и спектром помех, который она генерирует.

Конечно, величина затухания, которую должен обеспечить фильтр, должна быть согласована с требованиями к аппаратуре, с учетом реальных ослаблений сигналов, которые показывают, в какой степени распространяющиеся по проводам помехи ослабляются на своем пути от источника помех к воспринимающему устройству и через свободное пространство.

Другим основным критерием для выбора фильтра является ток и характер нагрузки.

Другим основным критерием для выбора фильтра является ток и характер нагрузки.

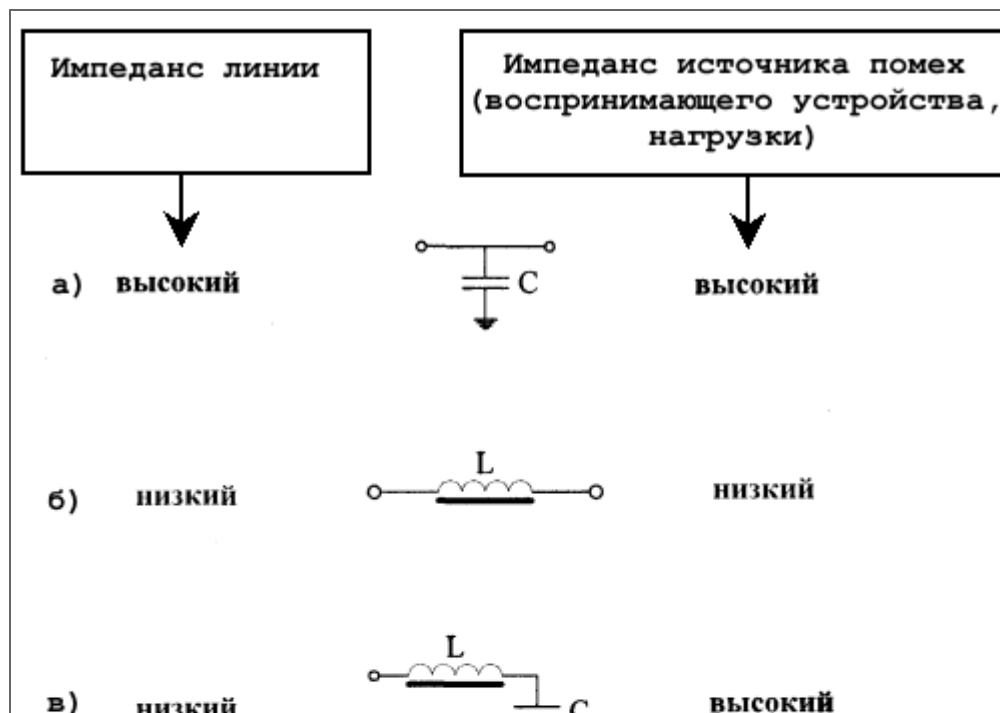
Источники помех и воспринимающие устройства имеют различные характеристики. Импеданс между двумя симметричными проводами является низким, а асимметричный импеданс между проводом питания и земляным потенциалом – высоким. Симметричный импеданс определяется главным образом импедансом нагрузки – источника помех и воспринимающего устройства. С другой стороны, асимметричный импеданс определяется емкостями связи по отношению к земле (металлическому корпусу) внутри приборов. Следовательно, наиболее подходящим является асимметричный LC-фильтр, дополняющийся симметрично подсоединенными конденсаторами большой емкости (несколько мкФ) со стороны подключения источника помех или воспринимающего устройства.

Помехоподавляющие фильтры дают наибольшее ослабление тогда, когда они согласованы с импедансом источника помех, воспринимающего устройства или линии. С учетом этого аспекта на рис. 1, показаны фильтрующие цепи для различных импедансов линии и источника помех (воспринимающего устройства).

Простейший "низкочастотный" фильтр с высоким импедансом – это помехоподавляющий конденсатор, а фильтр с низким импедансом – это помехоподавляющая катушка индуктивности.

В системах подачи питания импеданс линии зависит от протяженности линии, количества и типа задействованных нагрузок, а также от резонансных характеристик линии.

Таким образом, можно сказать, что системы подачи питания имеют относительно низкий импеданс. То же самое справедливо и для импеданса пар проводов и между парами проводов и земляной шиной (поскольку нейтраль обычно заземлена), отсюда следует, что СПФ целесообразно начинать с индуктивности (L).



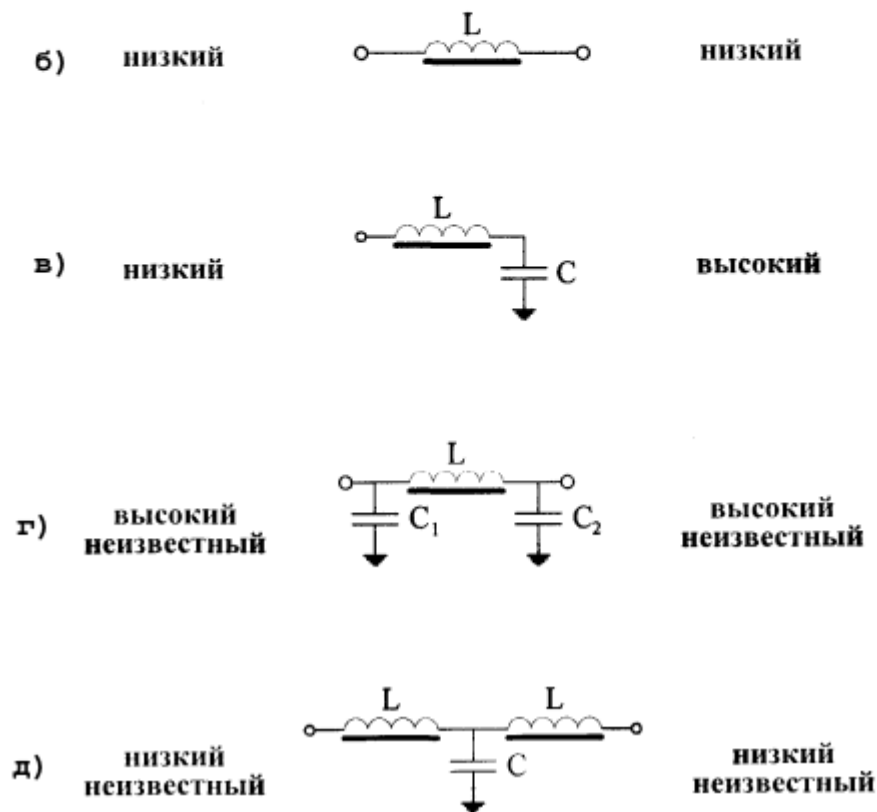


Рис. 1. Фильтрующие цепи и их импеданс

Для некоторых видов аппаратуры важным параметром при выборе фильтра является ток утечки – это ток проводимости между электродами конденсатора, характеризующий, в том числе, качество межэлектродной изоляции (диэлектрика). Конечно, требуемый ток утечки обусловлен требованием техники безопасности. Следует только помнить, что величина тока утечки обратно пропорциональна размерам фильтра. Определяется этот параметр по формуле:

$$I_{\text{ут}} = 2\pi f \cdot U_1 \cdot C_1 \cdot 10^{-3},$$

где U_1 , В – напряжение питающей сети;

f , Гц – частота питающей сети;

C_1 , мкФ – емкость фильтра между проводом и землей.

Из этой формулы следует, что, например, в сети 50 Гц 220 В, если задать ток утечки 0,5 мА, то между проводом и землю нельзя поставить в схеме фильтра конденсаторы с суммарной емкостью более 0,007 мкФ, а при $I_{\text{ут}} = 10$ мА, $C < 0,25$ мкФ. Если ток утечки не задан, то эта величина однозначно оговорена стандартом VDE 0875. Согласно этому стандарту, у нестационарных приборов ток утечки не должен превышать 0,75 мА, при этом для подавления

стандарту, у нестационарных приборов ток утечки не должен превышать 0,75 мА, при этом для подавления несимметричных помех в СПФ устанавливаются конденсаторы емкостью $2 \times 0,0025$ мкФ. Для стационарных приборов со штепсельным присоединением ток утечки не должен превышать 3,5 мА, при этом в СПФ могут применяться конденсаторы с максимальной емкостью $2 \times 0,0035$ мкФ.

Отдельно следует остановиться на критерии выбора фильтра для ослабления импульсных помех. Так как собственная емкость катушки фильтра и последовательная индуктивность выводов конденсатора превращает фильтр нижних частот в полосовой заграждающий фильтр, то на высоких частотах вносимые потери падают. Следовательно, необходимо выбрать такой фильтр, у которого полоса задерживания, по крайней мере, охватывает частоты до $1/Dt$ или $1/t_A$ (Dt – длительность импульса для коротких импульсов, t_A – время фронта для длинных импульсов).

Например, при $Dt = 1$ мксек, полоса задерживания должна быть до 10 МГц. Фильтр нижних частот уменьшает амплитуду коротких импульсов и растягивает фронт более длинных импульсов. В любом случае высокочастотная часть спектра помехи падает до некритичной величины.

Тем не менее, произведение амплитуды на длительность импульса не должно превышать некоторой допустимой для данного фильтра величины, т.к. в противном случае возникнет насыщение сердечника дросселя фильтра, что приведет к резкому снижению помехоподавляющего эффекта.

В условиях эксплуатации технических условий на каждый тип фильтра обычно указывается величина допустимой импульсной помехи. Так, на фильтр ФПБМ в ТУ 6346-007-11496205-96 записано: "Допускается использование фильтров при воздействии на них импульсной помехи длительностью не более 10 мксек. И величиной номинального напряжения переменного тока до 1000 В. При этом затухание уменьшается на 10 дБ."

На рис. 2 приведены графики зависимости ослабления импульсной помехи от длительности импульса и частоты среза фильтра нижних частот, а на рис. 3 – зависимости максимально допустимой амплитуды импульса от длительности импульса и произведения амплитуда-длительность. Эти графики помогают в оптимальном выборе нужного заказчику фильтра.

Необходимо учесть, что здесь под ослаблением амплитуды импульсной помехи понимается логарифм отношения амплитуды импульса на входе фильтра к максимальной амплитуде переходного процесса, измеренного на выходе фильтра.

С точки зрения потребителя важен также вопрос соединения фильтра с нагрузкой: все источники помех и воспринимающие устройства подключать через один фильтр (рис. 4) или нет?

Предпосылкой к первому служит экранирование всех соединительных линий. Это кажется более экономичным, но в этом случае фильтр должен быть рассчитан на полный ток потребления системы, а, следовательно, дроссель (чтобы не быть слишком громоздким) должен иметь небольшую индуктивность. Но тогда нужен конденсатор более высокой емкости, что приведет к большим токам через экранированные линии. Поэтому целесообразно каждую нагрузку защищать отдельным фильтром или набором фильтров в случае, если ток нагрузки превышает ток фильтра (рис. 5).

защищать отдельным фильтром или набором фильтров в случае, если ток нагрузки превышает ток фильтра (рис. 5). Обычно в каждом ТУ предусмотрена параллельная работа фильтров.

При выборе фильтров потребителем кроме основных параметров (частота, затухание, рабочий диапазон, ток нагрузки, ток утечки габариты, вес, конструктивные особенности и др.) необходимо руководствоваться и условиями эксплуатации, в которых будет работать фильтр, т.к. от этого зависит не только его работоспособность, но и удельно-объемная и удельно-весовая характеристики. Требования по стойкости к внешним воздействующим факторам изложены в ГОСТах на изделия электронной техники серии РВ 20.39.414.1(2)-97, которые в основном соответствуют требованиям и международных регламентирующих документов в части "климатики, механики, надежности, сохраняемости и т.д."

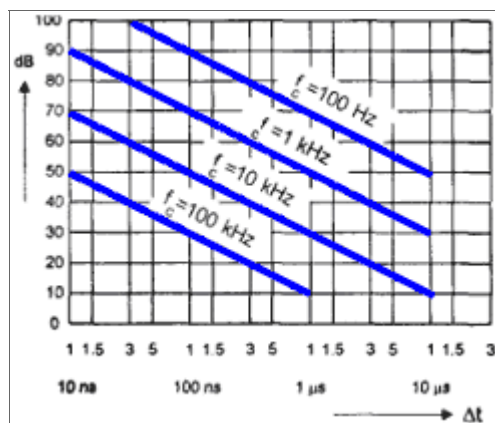


Рис. 2. Зависимость ослабления импульсной помехи от длительности импульса и частоты среза фильтра

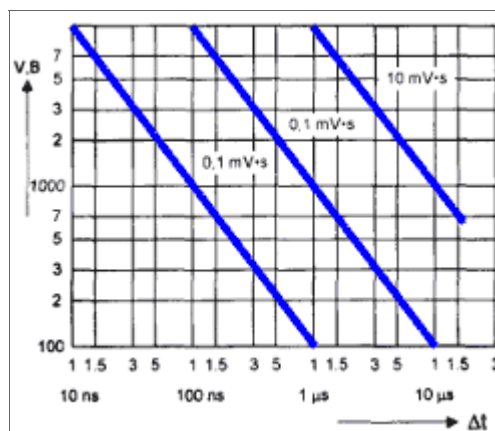


Рис. 3. Зависимость максимально допустимой амплитуды импульса от длительности импульса и произведения амплитуда-длительность

произведения амплитуда-длительность

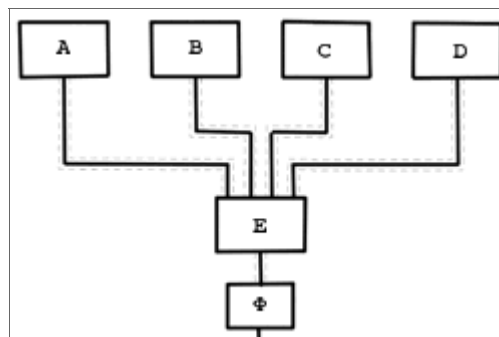


Рис. 4. Принцип коллективного подавления помех

A, B, C, D – источники помех;
E – нагрузка;
Ф – помехоподавляющий фильтр для суммарного тока.

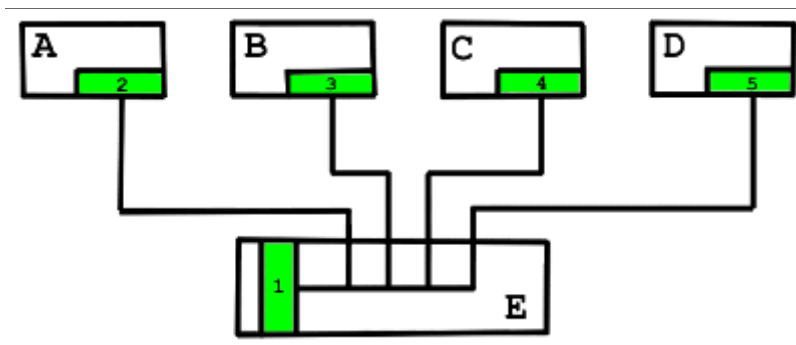


Рис. 5. Принцип индивидуального подавления помех

A, B, C, D – источники помех;
E – нагрузка;
1 – соединительный блок;
2, 3, 4, 5 – помехоподавляющие фильтры.

Методика измерения основного параметра фильтра – величины затухания изложена в ГОСТ 13661-92, а в публикации МЭК-540 (1988 г.) изложено руководство по применению конденсаторов, резисторов, индуктивностей и фильтров по подавлению радиопомех.

Так как измерения параметров фильтров проводятся не только на низкой, но и на высокой частоте, то это требует специальных приборов, предусмотренных ГОСТ 11001-80 (Приборы для измерения промышленных помех, технические требования и методы радио испытаний).

Что же касается сертификации СПФ, то, по мнению автора, фильтр должен проходить ее в составе изделия, т.к. во-первых, сам является элементом, не содержащим активных элементов, не усиливает и не может считывать информацию, а является пассивным элементом в схеме (системе) защиты информации.

Так как для помехоподавляющего фильтра защита информации является дополнительной функцией, не предусмотренной ТУ, то в "Положении о сертификации средств защиты информации по требованиям безопасности информации", предусматривающем перечень элементов, подлежащих обязательной сертификации, сетевые помехоподавляющие элементы отсутствуют. Однако это не исключает добровольной сертификации, но, естественно на соответствие требованиям ТУ и требованиям СТР-97 в части акустических и электромагнитных воздействий.

С точки зрения контроля качества изготовления и входного контроля у потребителя фильтр должен испытываться строго на соответствие требованиям технических условий на них.

Выводы

- 1.** В целях эффективного использования сетевых помехоподавляющих фильтров их выбор осуществляется потребителем по основным параметрам фильтра (параметры сети, тип и характер нагрузки, условия эксплуатации, частотный диапазон, ток утечки и т.д.).
- 2.** Фильтр, как любой элемент электроники, должен выдерживать климатические и механические воздействия, предусмотренные комплексом стандартов "Климат".
- 3.** С учетом имеющихся в распоряжении приборов на входном контроле потребитель выбирает методику измерения одного из основных параметров СПФ (величина затухания в заданном диапазоне частот) в соответствии с ГОСТ 13661-92.

Литература

- 1.** Сетевые помехоподавляющие фильтры <http://www.bnti.ru/index.asp?tbl=04.11.04>.
- 2.** Hans-Werner Schuiz, Sifi-Neue Filterreihen fur die EMV und Funk-Entstörung. Siemens Components 21 (1983) Heft 2.
- 3.** Новое в электромагнитной совместимости (Бюллетень научно-технической и коммерческой информации) Москва №1, 1994 г.
- 4.** СТР-97.
- 5.** ГОСТ 13661-92.
- 6.** Е.С.Бландова. Помехоподавляющие фильтры. Рекомендации по выбору и применению <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=503&lvl=03.03.02>.