

# Некоторые особенности способов экранирования



В статье рассматриваются способы экранирования с помощью гибких экранирующих пластин, а также описываются некоторые особенности подавления электромагнитных помех при использовании традиционных металлических экранов и LC-фильтров.

Александр ВОЛКОВ

## Введение

Существующие в электронике в настоящее время тенденции миниатюризации, увеличения объемов передаваемых данных и скорости передачи данных порождают проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) устройства. Речь идет даже не о соблюдении строгих требований соответствующих стандартов, а об обеспечении устойчивой работы без сбоев отдельных модулей системы.

Например, если ограничения на размеры побуждают разместить на одной плате или на соседних платах высокоскоростной интерфейс и аналоговый измерительный тракт, скорее всего, создаваемые высокоскоростным интерфейсом электромагнитные помехи исказят измеряемый аналоговый сигнал. Можно привести и другие варианты возможных неприятностей. К ним также относятся перекрестные помехи.

## Гибкие экранирующие пластины

Для решения проблем с ЭМС не всегда подходят стандартные приемы — экранирование модуля или блока целиком, экранирующие проводники и т. д. В этих случаях на помощь могут прийти гибкие экранирующие пластины (ГЭП), толщина которых, как правило, не превышает 1 мм. На российском рынке работают три компании, в чьи продуктовые линейки входят эти компоненты: КЕМЕТ, TDK и Würth Electronics.

Некоторые возможные способы применения таких пластин иллюстрирует рис. 1. На нем пластины ГЭП обведены по контуру линиями синего цвета. Как видно из рис., посредством ГЭП можно защитить не только проводники и шины, но и отдельные микросхемы. Кроме того, очень важно, что в ряде случаев эти пластины позволяют «вылечить» модуль или плату без доработки конструкции — достаточно вырезать из ГЭП сегмент определенной площади и наклеить его на защищаемый участок.

На рис. 2 показано типовое устройство ГЭП и формы, в которых производится поставка пластин. Магнитный лист состоит из композитного магнитного материала, полученного путем смешивания порошка,

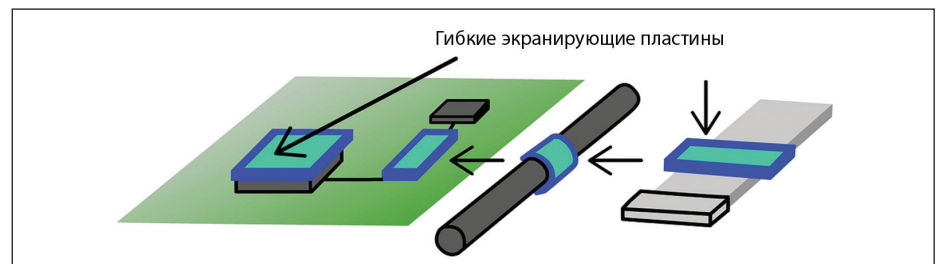


Рис. 1. Некоторые возможные способы применения ГЭП



Рис. 2. а) типовое устройство ГЭП; б) формы, в которых производится поставка пластин

состоящего из частиц микронного размера, с полимерной основой. Напомним, что при переменном магнитном поле в магнитном материале возникает сдвиг фаз между напряженностью магнитного поля и его индукцией. Математически этот факт выражается в комплексной форме записи магнитной проницаемости (1):

$$\mu = \mu' - j\mu'' \quad (1)$$

Зная величины  $\mu'$  и  $\mu''$ , можно вычислить тангенс угла потерь  $\operatorname{tg}\sigma$  (2):

$$\operatorname{tg}\sigma = \mu''/\mu' \quad (2)$$

Действительная часть формулы (1)  $\mu'$  отражает способность магнитного материала создавать индукцию, а мнимая часть  $\mu''$  характеризует способность поглощать или отражать энергию магнитного поля. Очевидно, что

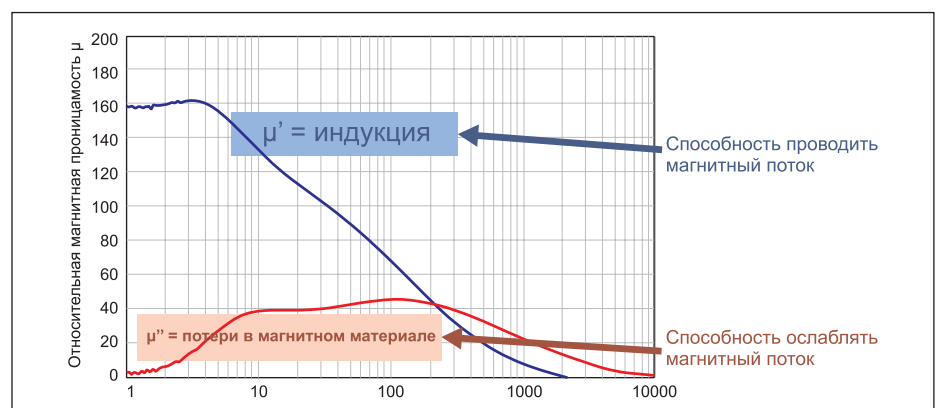


Рис. 3. Зависимость составляющих  $\mu'$  и  $j\mu''$  магнитной проницаемости от частоты

чем больше мнимая часть, тем лучше экранирующие свойства. На рис. 3 в общем виде показана зависимость обеих составляющих соотношения (1) от частоты. Как и следовало ожидать, из-за того, что с увеличением частоты увеличивается сдвиг фаз между напряженностью и индукцией магнитного поля, возрастает мнимая составляющая.

Производители ГЭП по-разному указывают данные о параметрах своей продукции. Например, КЕМЕТ приводит сведения об ослаблении электромагнитного поля, а также зависимости, подобные изображенной на графике рис. 3. Получить общее представление о продукции КЕМЕТ можно из рис. 4, где приведена величина ослабления поля на разных частотах для всех семейств ГЭП с толщиной 0,1 мм. Компании TDK и Würth Electronics также приводят в документации зависимости, аналогичные показанным на рис. 3. Причем, TDK дополнительно предоставляет график зависимости эффективности экранирования от частоты для всех ГЭП.

Помимо экранирования ГЭП можно использовать и для других целей. Вкратце рассмотрим некоторые возможные применения.

На рис. 5 показан способ защиты электронного модуля от электростатического разряда (ESD). Рис. 6 иллюстрирует возможность использования ГЭП в системах беспроводной передачи энергии для улучшения магнитной связи между источником мощности и приемником. Наконец, на рис. 7 приведен пример использования ГЭП в системе беспроводной идентификации (RFID) для улучшения работы считывателя.

Из приведенных примеров видно, что ГЭП можно использовать не только для защиты от электромагнитных помех, но и для формирования или уменьшения магнитного поля, рассеяния, и как следствие, увеличения магнитной связи и КПД устройства.

### Попутные замечания

Как уже отмечалось, рассмотренные ГЭП могут обеспечить локальное экранирование вплоть до экранирования отдельных проводников и микросхем. Однако во многих случаях придется использовать экран для экранирования всего блока или системы. В этих случаях ГЭП не выручит — требуется массивный металлический экран. Кроме того, можно столкнуться с проблемами, о которых обычно мало пишут. С первого взгляда они неприметны или кажутся неважными. Некоторые из них мы рассмотрим ниже, не останавливаясь на вопросах проектирования экрана, т. к. в нашем случае тип экрана не имеет значения.

Какова бы ни была конструкция экрана, его придется крепить к раме или шасси. Скорее всего, с этой целью будут использоваться резьбовые соединения. Контакт между винтом и экраном должен быть максимально плотным, не допускаются лако-

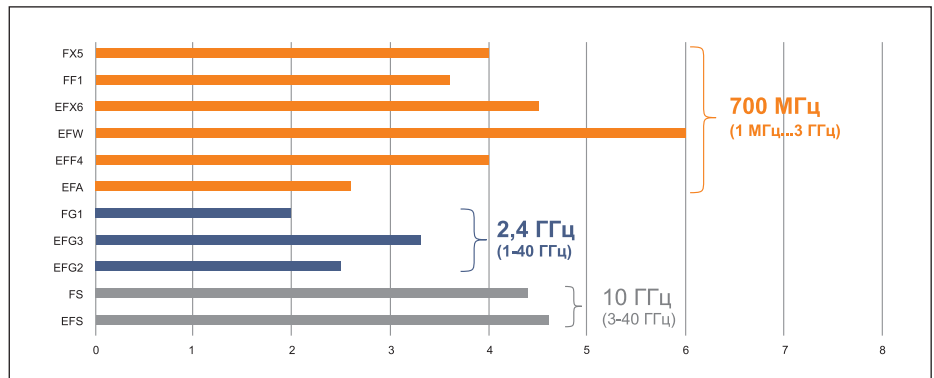


Рис. 4. Величина ослабления поля на разных частотах для ГЭП производства КЕМЕТ

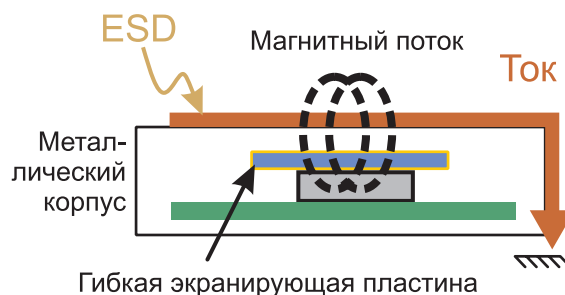


Рис. 5. Защиты электронного модуля от электростатического разряда с помощью ГЭП

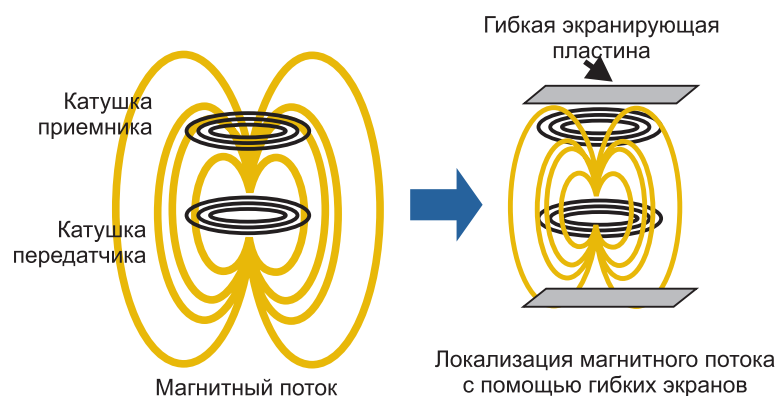


Рис. 6. Использование ГЭП в системах беспроводной передачи энергии для улучшения магнитной связи между источником

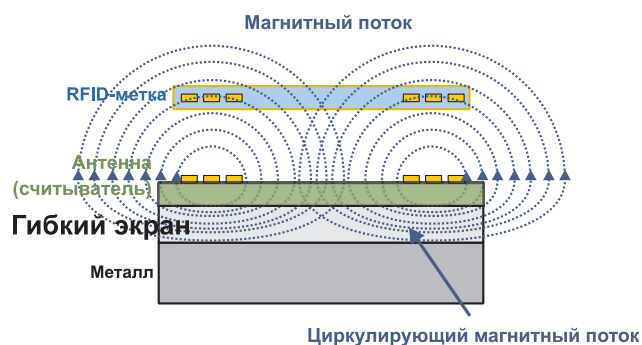


Рис. 7. Пример использования ГЭП в RFID

красочные покрытия, жировые пятна и т. д. Электрическое сопротивление контакта должно быть минимальным и по возможности не превышать нескольких десятков

микром. Дело в том, что вихревые токи, которые неизбежно будут возникать на поверхности экрана, создадут падение напряжения на контакте винт-корпус, и это на-

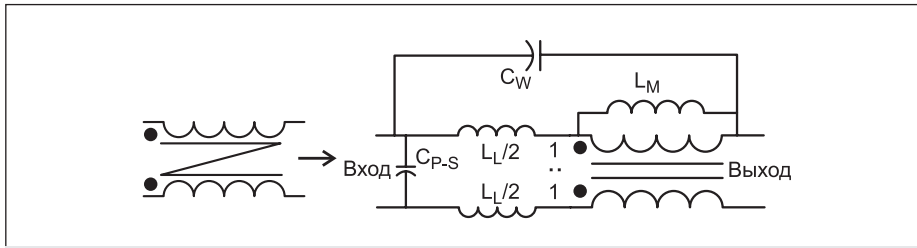


Рис. 8. Эквивалентная схема синфазного дросселя

пряжение станет источником помех, проникающих внутрь экрана.

Несколько слов о количестве крепежных винтов. Существует рекомендация, согласно которой расстояние между винтами не должно превышать  $1/20$  длины волны основной гармоники электромагнитного поля. Следовать этой рекомендации или нет, решать разработчику в каждом конкретном случае. Принимая решение, следует иметь в виду, во-первых, что винты могут иметь защитное покрытие, ухудшающее электрический контакт с экраном. Во-вторых, винт может работать как сердечник дросселя, особенно если он ввинчивается в невыпадающую гайку или вставку; в результате его импеданс увеличивается. Если экран состоит из нескольких частей, следует учесть их соединение друг с другом. Возможно, придется использовать токопроводящую прокладку для уменьшения электрического сопротивления соединения частей экрана.

Но, как ни старайся, помехи проникнут через экран. Кроме радиопомех придется решать вопрос о подавлении кондуктивных помех. Поскольку рецепты борьбы с ними известны довольно хорошо — это LC-фильтры, мы ограничимся лишь небольшими комментариями.

В отношении использования электролитических конденсаторов иногда при-

ходится сталкиваться с предрассудками. Один из них заключается в категорическом отрицании их применения для фильтрации помех. Приверженцы другой точки зрения, которую можно выразить тезисом «чем больше, тем лучше», считают, что из-за большой емкости электролитических конденсаторов они отлично подходят для фильтрации помех.

Истина, как это часто бывает, находится посередине. Из-за относительно большого эквивалентного сопротивления (ESR) использование электролитических конденсаторов на частотах выше 100 кГц не имеет смысла, их фильтрующие свойства ослабевают, в то время как на частотах в несколько десятков килогерц применение этих конденсаторов вполне оправданно. Для более высоких частот используются керамические конденсаторы с диэлектриком группы I. Емкость этих конденсаторов мало зависит от температуры и от напряжения заряда. Кроме того, они меньше подвержены старению. На всякий случай напомним, что для увеличения собственной резонансной частоты конденсаторов их следует соединять параллельно.

Несколько сложнее вопрос с индуктивным фильтром, эквивалентная схема которого приведена на рис. 8 с синфазным дросселем. На схеме приняты следующие обозначения:

$C_w$  — емкость обмотки;

$C_{p-s}$  — входная емкость между обмотками;  
 $L_L$  — индуктивность рассеяния;  
 $L_M$  — взаимоиנדукции.

Дадим совет: если можно приобрести готовый дроссель, приобретайте: едва ли вам удастся намотать дроссель лучше, чем это делают на производстве. Но если все же придется мотать дроссель самостоятельно, следует учитывать: то, что хорошо для синфазного дросселя, иногда очень плохо для дифференциального. Например, для синфазного дросселя отлично подходят ферритовые сердечники, но из-за низкой индукции насыщения они не годятся для дифференциальных дросселей. Напомним, что в синфазных дросселях магнитные потоки обмоток вычитаются, а в дифференциальных суммируются. Возможно, для уменьшения межобмоточной входной емкости  $C_{p-s}$  потребуются разнести обмотки по противоположным сторонам сердечника, но едва ли это хорошее решение, т.к. из-за этого возрастут индуктивности рассеяния.

Сторонникам тезиса «чем больше, тем лучше» следует помнить, что увеличение числа витков приводит не только к росту главной индуктивности, но и к увеличению емкости обмотки и индуктивностей рассеяния, что, в свою очередь, может привести к возрастанию радиопомех. И, конечно, при выборе сердечника следует обращать внимание не только на его магнитную проницаемость и индукцию насыщения, но и на полосу рабочих частот.

Все или почти все упомянутые в этом разделе статьи соображения достаточно банальны и, скорее всего, известны разработчикам. Тем не менее на практике нередко приходится встречаться со случаями возникновения элементарных ошибок, поэтому, исходя из принципа «повторение — мать учения», мы решили напомнить некоторые основные положения. ■

Статья опубликована в журнале «Электронные компоненты» № 04'2021