

# Концепция эффективного ЕМІ-экранирования

Лоран Фолкель (Lorandt Fölkel)

Перевод: Евгений Карташев

E-mail: info@symmetron.ua

**Несмотря на широкое обсуждение и наличие рекомендаций по проектированию конструкции преобразователей для обеспечения электромагнитной совместимости (ЕМС) компонентов, взаимодействие между различными функциональными группами в устройствах может привести к нежелательным побочным эффектам, проявляемым при проведении лабораторных тестов ЕМС. Даже при установке изделия в металлический корпус может случиться так, что уровень излучаемых помех превысит пороговое значение.**

## ЧТО ПРОИСХОДИТ?

В большинстве случаев металлический корпус сам по себе не является частью электронной системы и разрабатывается отдельно конструкторами механической части изделия. Они предусматривают в корпусе отверстия, необходимые, например, для прокладки кабелей, вентиляции, установки кнопок управления, динамиков, датчиков и дисплеев. Все это может привести к заметному ухудшению экранирующего эффекта. При наличии отверстий в металлическом корпусе, а также при соединении его частей невозможно обеспечить полную герметизацию без применения специальных накладок, в результате чего появляются пути для прохождения радиочастотных (RF) излучений.

## ПОЧЕМУ ЭТО ПРОИСХОДИТ

Если посмотреть на плоскую поверхность металла под микроскопом, становятся хорошо видны ее дефекты. Можно обнаружить, что материал неравномерный, с шероховатостями на поверхности. Поэтому при соединении двух частей металлического корпуса между ними не образуется непрерывное соединение. Следовательно, в месте сочленения экран прерывается неоднородностями, и с точки зрения RF-техники данную область можно считать чрезвычайно уязвимой. Щели и отверстия, которые образуются вследствие шероховатости поверхностей, создают «открытые ворота» для проникновения коротковолнового излучения в экранированную камеру и из нее (рис. 1).

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ

Решением проблемы является герметизация «апертур», образующихся из-за дефектов поверхностей. Для этой цели отлично подходят токопроводящие текстильные прокладки WE-LT (рис. 2).

Доступные профили электропроводящих прокладок показаны на рис. 3.

К проводящим прокладкам предъявляются разные требования, которые зависят от их назначения. На основании практического опыта выработаны следующие минимальные стандарты:

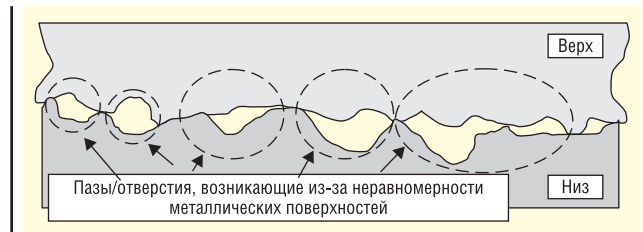


Рис. 1. Снижение экранирующего эффекта из-за наличия «апертур»

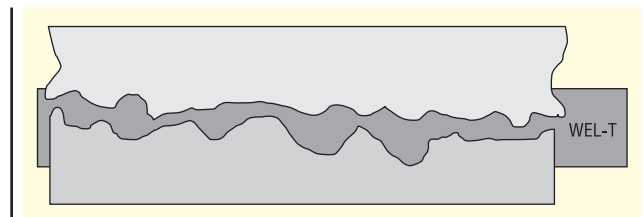


Рис. 2. Герметизация щелей и «апертур» с помощью электропроводящих прокладок WE-LT

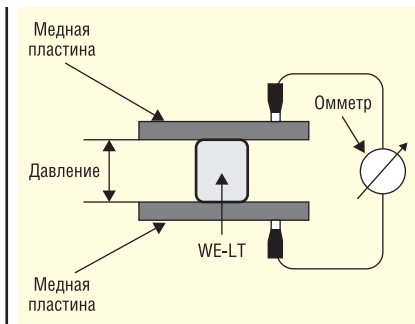


Рис. 3. Профили прокладок WE-LT

- UL94-V0 — утвержденная комбинация материалов (необходима, если конечный продукт предназначен для рынка США);
- защита против жестких условий окружающей среды (пыль/влажность);
- хорошая поверхностная проводимость для получения низкоомного соединения;
- двухсторонняя адгезивная поверхность для фиксации и монтажа.

Для применения токопроводящих прокладок требуется воздействие определенного минимального давления, позволяющего поддерживать переходное сопротивление на стабильно низком уровне (рис. 4). Долговременные исследования при разных уровнях сжатия показали, что монтажное давление влияет на временные характеристики проводимости (рис. 5). Устойчивое сжатие по меньшей мере 50% контактной поверхности необходимо, чтобы поддерживать низкое и стабильное переходное сопротивление в течение длительного времени.

Типовое поверхностное сопротивление WE-LT ниже 8 мОм. Достигнутый экранирующий эффект составляет около



**Рис. 4. Установка для проверки зависимости поверхностного сопротивления WE-LT от давления**

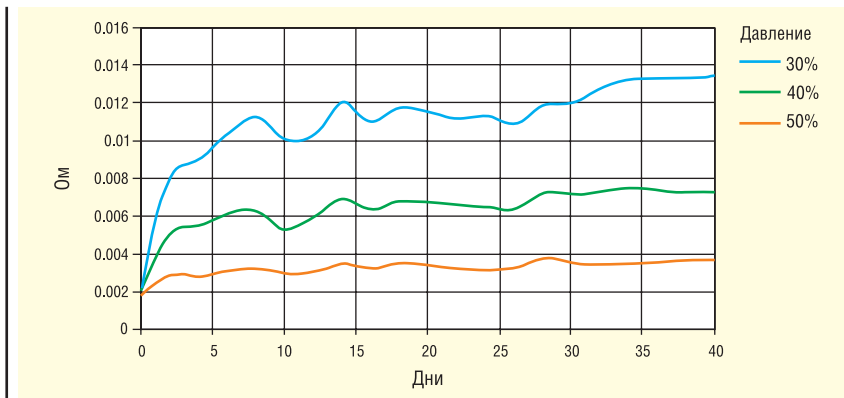
Таблица 1. Основные показатели защиты IP	
Первая цифра: защита от инородных твердых тел	
IP0X	Нет специальной защиты
IP1X	Крупные инородные тела (кулак), диам. > 50 мм
IP2X	Средние инородные тела (палец), диам. > 12 мм
IP3X	Инструменты, провода и т.д. толщиной более 2.5 мм; мелкие инородные тела, диам. > 2.5 мм
IP4X	Инструменты, провода и т.д. толщиной >1 мм; гранулированные инородные тела, диам. >1 мм
IP5X	Некоторое количество пыли может проникать внутрь, однако это не нарушает работу устройства. Полная защита от контакта
IP6X	Полная защита от пыли
Вторая цифра: защита от воды, жидкостей	
IPX0	Нет специальной защиты
IPX1	Вертикальные капли воды/конденсация/слабый дождь
IPX2	Вода распыляется под углом (до 15° от вертикали), слабый дождь с ветром
IPX3	Брызги воды (любое направление до 60° от вертикали), сильный ливень
IPX4	Брызги воды со всех направлений (допускается ограниченное проникновение), разбрызгивание
IPX5	Струи воды низкого давления со всех направлений (допускается ограниченное проникновение), вода из шланга, направленного вниз
IPX6	Сопла высокого давления со всех сторон (допускается ограниченное проникновение), вода из шланга, направленного вниз, например на палубе корабля
IPX7	Временное погружение, погружение в бак на глубину 15 см — 1 м
IPX8	Постоянное погружение под давлением для использования на титановых спасательных судах

80 дБ на частоте 100 МГц и приблизительно 75 дБ на частоте 1 ГГц (согласно стандарту MIL 285). Одновременно наблюдается и положительный побочный эффект: прокладки обеспечивают класс защиты IP 54 от проникновения пыли и воды (табл. 1).

При соприкосновении разных токопроводящих материалов происходит гальванический процесс, который приводит к коррозии контактных поверхностей. В результате возникает оксидный слой, изолирующий поверхности друг от друга вместо того, чтобы обеспечить хорошее электрическое соединение. Для практических применений необходимо учесть сведения, изложенные в таблице 2, демонстрирующие возможность использования WE-LT с различными материалами и, следовательно, гарантирующие долговременную надежность.

Таблица 2. Пригодность материалов для использования с WE-LT	
+	Алюминий (Al)
+	Железо (Fe)
+	Родий (Rh)
++	Серебро (Ag)
-	Гальванизированная сталь
++	Титан (Ti)
-	Цинк (Zn)
++	Олово (Sn)
++	Хром / серебро, нержавеющая сталь 13%, хром (пассивный)
++	Хромированная сталь 18%, латунь (La)
++	Нержавеющая сталь 13%, хром (активный)
++	Нержавеющая сталь 18%, хром 8%, никель (пассивный)
--	Магниевоы сплавы
++	Монель, никель (Ni), медь (Cu)
+	Платина (Pt), золото (Au), углерод (C)

**Примечания.** -- Не подходит, - не рекомендуется, + рекомендуется, ++ хорошо подходит.



**Рис. 5. Временная зависимость поверхностного сопротивления при разных уровнях давления**

**ЭФФЕКТИВНОЕ МЕХАНИЧЕСКОЕ/ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ШУМОВ**

Еще одна распространенная ошибка, возникающая при заземлении экранированного кабеля, состоит в использовании витой пары (так называемые «свинные хвостики») слишком большой длины. Результатом является высокое сопротивление соединения, не обеспечивающее хороших условий для прохождения шумовых сигналов в цепь заземления. Рекомендуется, чтобы все связи кабельных экранов с «землей» имели низкий импеданс. Эта задача лег-



Рис. 7. Заземляющие ремни

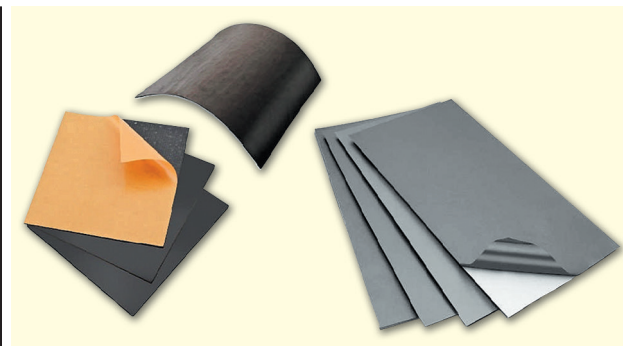


Рис. 8. Гибкие листовые абсорберы



Рис. 6. Проводящие нейлоновые клипсы

ко решается с помощью проводящих нейлоновых клипс (рис. 6).

Проводящие нейлоновые клипсы могут использоваться с кабелем диаметром 3–15 мм. Они очень гибкие, чрезвычайно легкие и не имеют острых краев. Таким образом, кабель надежно подключается и хорошо фиксируется на печатной плате (PCB) без риска повреждения экрана. Связь между PCB и кожухом (корпусом) должна быть учтена при рассмотрении проблемы EMC. Обычно для данной цели применяются стальные шпильки-проставки, но это не лучшее решение из-за неопределенных параметров соединения печатной платы с «землей». В данном случае предпочтительно другое решение — использование заземляющих ремней (рис. 7). Они гарантируют надежную связь в широком диапазоне частот, что обеспечивает свободное прохождение шумовых сигналов и снижение их уровня.

Если в одном корпусе находится несколько печатных плат, расположенных очень близко друг к другу, между некоторыми PCB возникает связь, параметры которой почти невозможно проанализировать. Это взаимодействие происходит на высоких частотах и может быть подавлено путем установки металлических кожухов вокруг печатных плат. Подобная система, называемая «зонной», полезна, но в большинстве случаев оказывается слишком дорогой. Гораздо более эффективным решением являются гибкие листовые абсорбе-

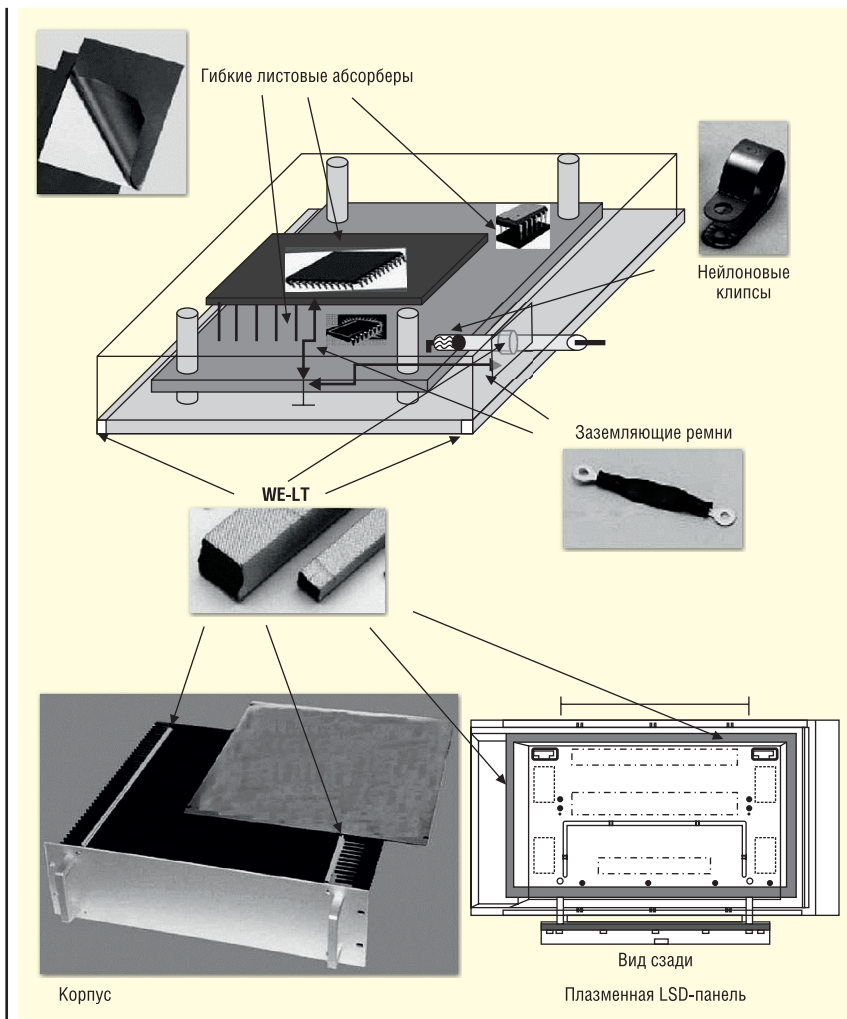


Рис. 9. Примеры применения

ры (рис. 8), которые наклеиваются на печатную плату. Лист феррита имеет присоединенный к нему двусторонний адгезивный слой. Эти абсорбирующие материалы не нуждаются в заземлении или подключении к любому другому устройству (рис. 9). За счет очень высокой гибкости они могут быть отформованы даже по поверхности других компонентов (необходимо избегать высоких температур!). Экранирование реализуется за счет механизма по-

глощения энергии магнитного поля и превращения ее в тепловую (величина градиента DK не может быть измерена).

**Более подробно с проблемами и вопросами по EMC можно ознакомиться во время семинаров, которые д-р Лоран Фолкель (Würth Elektronik) и компания «Симметрон-Украина» проведут в октябре. Более подробная информация на сайте [www.symmetron.ua](http://www.symmetron.ua)** **CNY**