

## СПОСОБЫ ЭКРАНИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОПЛАСТИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

### **Введение**

При разработке устройств цифровой обработки и отображения информации принимаются технические меры по обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС). Вследствие того, что электронные устройства являются одновременно источниками и рецепторами электромагнитного излучения (ЭМИ), обеспечение ЭМС представляет собой двойную проблему [1]. Во-первых, ЭМИ, проникающее через устройство, может вызвать отказ устройства, и изготовители должны защитить эксплуатационную целостность их продуктов. Во-вторых, изготовители должны выполнять инструкции, нацеленные на сокращение электромагнитного излучения, испускаемой в атмосферу. Таким образом, необходимо, препятствовать разрушению устройства эмиссией из внешних источников и минимизировать эмиссию самого устройства.

### **Цель исследования.**

Целью работы является анализ эффективного и экономически выгодного способа экранирования цифровых устройств на основе металлопластиковых материалов.

### **Способы экранирования.**

В настоящее время в материалах для изготовления корпусов (экранов ЭМИ) электронного оборудования наметился переход от металлов к пластику обусловленный их меньшей стоимостью и простотой в эксплуатации. Основной проблемой применения пластика является то, что он, будучи диэлектриком, свободно пропускает через себя ЭМИ. Однако, существует множество технологий, которые позволяют решить эту проблему, используя комбинацию металлов и полимеров, а их соединения используются как материал для изоляции в электронных устройствах. А также используют металлические покрытия для пластика, применяемые с использованием проводящих красок или химической металлизации, путем нанесения слоя металла гальваническим способом или через вакуумную металлизацию. Кроме того, к внутренней части пластиковых корпусов для электрооборудования может быть применена металлическая фольга [1].

У каждого из применяемых методов изоляции есть недостатки. Главные неудобства металлизации - его высокая стоимость, слож-

ные циклы процесса, и использование только определенных полимеров. Проводящие полимеры очень дороги. Выделяют три общих типа проводящих, имеющих в своем составе металл, красок. Краски никеля используются для относительно низкого ЭМИ, и ограничены высоким сопротивлением и плохой прочностью. Медные краски имеют относительно невысокую стоимость и более низкое удельное сопротивление, но недостаточно прочны.

Изоляция с помощью металлических корпусов для персонального компьютера или другого электронного устройства, может не всегда быть желательна из-за проблем в весе и эстетике, т. к. вес является серьезным недостатком в ноутбуках или портативных и переносных устройствах любых типов.

Использование пластика для электронных устройств, включая микрокомпьютеры и мобильные телефоны, не обеспечивает подходящее экранирование на частотах порядка 100 МГц. Повреждение диаметром более 0,5 см в корпусе, может вызвать существенную утечку ЭМИ. Использование металлических покрытий на пластмассе представляет определенные сложности производства и проблемы обслуживания. Соскользнувший инструмент, используемый во время сборки или ремонта, может оставить царапину в металлическом покрытии достаточного размера, чтобы вызвать утечку излучения через щель, делая полностью бесполезной всю изоляцию.

Некоторые предприятия выпускают экранирующую фольгу из металлов с высокой магнитной проницаемостью. Из нее вырезают ленты соответствующих размеров и осторожно придают экрану соответствующую форму. Необходимо, чтобы швы были ориентированы вдоль магнитных полей. Готовые экраны не следует сваривать или подвергать вибрациям. Гибкие экранирующие пластины состоят из фольги с армирующим диэлектриком, из них также можно штамповать экраны.

В настоящее время общей проблемой является экранирование литых пластиковых корпусов. В пластмассу можно вводить проводящие наполнители, обеспечивающие эффективность экранирования 30—80 дБ, однако при этом ухудшаются её механические свойства, а наполнитель распределяется неравномерно [2], в следствие чего затрудняется создание качественных контактов.

Для защиты биологических объектов от воздействия электромагнитного излучения используют прозрачные экраны, экранирующие свойства которых не зависят от угла падения электромагнитного излучения, легкие и нетрудоемкие в изготовлении. Для этого сетку из электропроводящего материала помещают на диэлектрическую прозрачную пленку с нанесенным прозрачным электропроводящим сло-

ем, выполненным из индия или олова, или из сплава индий-олово с толщиной равной 0,1 от скин-слоя.

Для обеспечения необходимой электромагнитной изоляции цифрового устройства требуется выбор и расчет характеристик материала для изготовления корпуса этого устройства, который в свою очередь будет являться экраном от ЭМИ. Поскольку основной характеристикой экрана является его эффективность, методика инженерного расчета должна исходить из зависимостей этой характеристики.

Выражения для средней эффективности экранирования [3]:

$$\mathcal{E}_{0E(H)} = \sqrt{\frac{\delta}{\rho} Z_{E(H)}}^3 \sqrt[3]{\frac{\lambda}{R_3} e^{\frac{2\pi d}{m}}} \left(1 - \frac{\pi m}{\lambda}\right)^6 \quad (1)$$

где  $\delta$  — глубина проникновения, м;  $\rho$  — удельное сопротивление материала экрана, Ом-м;  $Z_{E(H)}$  — волновое сопротивление электрического (магнитного) поля;  $R_3$  — эквивалентный радиус экрана, м;  $a$  — расстояние между центрами отверстий и щелей в экране, возникших из-за несовершенства его конструкции и технологии изготовления, м;  $m$  — наибольший размер отверстия в экране, м;  $d$  — толщина материала экрана.

Эта формула полностью характеризует процесс электромагнитного экранирования реальных экранов. Формула (1) применима для широкого диапазона длин волн, пока  $\lambda > mn$ . При  $\lambda \rightarrow mn$  множитель  $\left(1 - \pi m / \lambda\right)^6$  резко уменьшается и эффективность экранирования становится незначительной. Этот множитель определяет эффективность экрана, обусловленную его герметичностью.

Для перфорированных материалов, когда размер  $a$  и диаметр отверстия являются параметрами перфорации, выражение (1) записывается следующим образом:

$$\mathcal{E}_{0E(H)} = \sqrt{\frac{\delta}{\rho} Z_{E(H)}}^3 \sqrt[3]{\frac{\lambda}{R_3} e^{\frac{2\pi d}{m}}} \left(1 - \frac{\pi m}{\lambda}\right)^6 \left(\frac{a - D}{a}\right)^2$$

Для экранов, изготовленных из сетчатых материалов, за толщину экрана принимают эквивалентную толщину сетки  $d_3 = \pi r_s^2 / s$ . Формула для расчета эффективности таких экранов принимает вид:

$$\mathcal{E}_{0E(H)} = \sqrt{\frac{d_3}{\rho} Z_{E(H)}}^3 \sqrt[3]{\frac{\lambda}{R_3} e^{\frac{\pi d_s}{s - d_c}}} \left(1 - \frac{\pi m}{\lambda}\right)^6$$

где  $d_{\text{э}}$  — эквивалентная толщина сетки, м;  $d_c$  — диаметр провода сетки, мм;  $s$  — шаг сетки, мм.

Эффективность экранов, изготовленных из электрически тонких материалов, в том числе с металлизированными поверхностями, определяется выражением:

$$\mathcal{E}_0 = 1,25 \pi \sqrt{\frac{d}{\rho}} Z_E \sqrt[3]{\frac{\lambda}{R_{\text{э}}}} \left(1 - \frac{\pi m}{\lambda}\right)^6$$

За толщину экрана с металлизированными поверхностями принимают толщину нанесенного слоя металла  $d = P_{\text{PM}} / \gamma$ ,

где  $P_{\text{PM}}$  — расход металла, кг/м<sup>2</sup>;  $\gamma$  — плотность исходного материала, кг/м<sup>3</sup>.

---

---