**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»**

**Кафедра Защиты информации**

**РЕФЕРАТ**

**На тему:**

«Экранирование электромагнитных полей, узлов радиоэлектронной аппаратуры и их соединений. Материалы для экранов»

**МИНСК, 2008**

1. **Экранирование электромагнитных полей**

Рассмотрим процесс экранирования электромагнитного поля при падении плоской волны на бесконечно протяженную металлическую пластину толщиной d, находящуюся в воздухе (рис. 34). В этом случае на границе раздела двух сред с различными электрофизическими характеристиками (воздух—металл и металл—воздух) волна претерпевает отражение и преломление, а в толще экрана, ввиду его проводящих свойств, происходит частичное поглощение энергии электромагнитного поля. Таким образом, электромагнитная волна при взаимодействии с экраном отражается от его поверхности, частично проникает в стенку экрана, претерпевает поглощение в материале экрана, многократно отражается от стенок экрана и, в конечном счете, частично проникает в экранируемую область. В результате общая эффективность экранирования (величина потерь энергии электромагнитной волны) металлической пластиной определяется суммой потерь за счет поглощения (затухания) энергии в толще материала Апогл, отражения энергии от границ раздела внешняя среда—металл и металл—экранируемая область Аотр и многократных внутренних отражений в стенках экрана Амотр:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

Потери на поглощение связаны с поверхностным эффектом в проводниках, приводящим к экспоненциальному уменьшению амплитуды проникающих в металлический экран электрических и магнитных полей.

Это обусловлено тем, что токи, индуцируемые в металле, вызывают омические потери и, следовательно, нагрев экрана.

|  |
| --- |
| Рис. 1. Экранирование электромагнитного поля металлическим экраном |

Глубина проникновения δ определяется как величина, обратная коэффициенту затухания и зависит от частоты: чем больше частота, тем меньше глубина проникновения. В СВЧ диапазоне глубина проникновения δ в металлах имеет малую величину и тем меньше, чем больше проводимость металла и его магнитная проницаемость.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

где μ — абсолютная магнитная проницаемость материала экрана; f — частота электромагнитного поля; σ — удельная проводимость материала экрана.

Выражение для определения потерь на поглощение экраном толщиной d может быть представлено в следующем виде:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

Таким образом, потери на поглощение растут пропорционально толщине экрана, магнитной проницаемости и удельной проводимости его материала, а также частоте электромагнитного поля.

Потери на отражение на границе раздела двух сред связаны с различными значениями полных характеристических сопротивлений этих сред. При прохождении волны через экран она встречает на своем пути две границы раздела — воздух—металл и металл—воздух.

Хотя электрическое и магнитное поля отражаются от каждой границы по-разному, суммарный эффект после прохождения обеих границ одинаков для обеих составляющих поля. При этом наибольшее отражение при входе волны в экран (на первой границе раздела) испытывает электрическая составляющая поля, а при выходе из экрана (на второй границе раздела) наибольшее отражение испытывает магнитная составляющая поля. Для металлических экранов потери на отражение определяются выражением:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Откуда следует, что потери на отражение велики у экрана, изготовленного из материала с высокой проводимостью и малой магнитной проницаемостью.

Потери на многократные отражения в стенках экрана связаны с волновыми процессами в толще экрана и в основном определяются отражением от его границ. Для электрических полей почти вся энергия падающей волны отражается от первой границы (воздух—металл) и только небольшая ее часть проникает в экран. Поэтому многократными отражениями внутри экрана для электрических полей можно пренебречь.

Для магнитных полей большая часть падающей волны проходит в экран, в основном отражаясь только на второй границе (металл—воздух), тем самым, создавая предпосылки к многократным отражениям между стенками экрана. Корректирующий коэффициент Амотр многократного отражения для магнитных полей в экране с толщиной стенки d при глубине проникновения δ равен:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

Величина Амотр имеет отрицательное значение, т.е. многократные отражения в толще экрана ухудшают эффективность экранирования. С уменьшением эффективности можно не считаться в случаях, когда на данной частоте выполняется условие d>δ, но им нельзя пренебрегать при применении тонких экранов, когда толщина экрана меньше глубины проникновения.

**2. Экранирование узлов радиоэлектронной аппаратуры и их соединений**

**Экранирование высокочастотных катушек и контуров**

При экранировании высокочастотных катушек и контуров аппаратуры необходимо учитывать не только эффективность экранирования соответствующего экрана, но и возможность ухудшения основных электрических параметров экранируемых элементов уменьшение индуктивности, увеличение сопротивления и собственной емкости. Вносимые экраном потери возрастают с увеличением удельного сопротивления материала экрана и с уменьшением расстояния между экраном экранируемой катушкой. В тех случаях, когда эквивалентное затухание контура определяется в основном затуханием катушки и необходимо иметь малое затухание, следует в качестве материала экрана применять немагнитные металлы (медь, латунь, алюминий), а размеры экрана выбирать по возможности большими.

При конструировании экранов следует располагать стыки, швы, щели в экране в направлении вихревых токов, определяющих эффективность экранирования. Экранирование электрического поля обеспечивается при наличии хорошего электрического контакта экрана с корпусом аппаратуры.

**Экранирование низкочастотных трансформаторов и дросселей**

В трансформаторах питания и низкочастотных трансформаторах, а также в дросселях питания основной рабочий магнитный поток проходит по магнитопроводу. Только небольшая его часть в виде потока рассеяния выходит за пределы магнитопровода, замыкаясь в окружающем пространстве. Магнитный поток рассеяния является причиной нежелательных наводок. Потенциально источниками наиболее интенсивных магнитных полей являются дроссели фильтров питания. Интенсивность полей рассеяния у всех типов трансформаторов растет с увеличением мощности, уменьшением сечения магнитопровода и высоты катушек, а также с ухудшением магнитных свойств магнитопровода.

Улучшение качества магнитопровода, достигаемое применением материалов с высокой относительной магнитной проницаемостью и уменьшением воздушных зазоров, приводит к уменьшению уровней нежелательных наводок.

Эффективное снижение уровней магнитных полей рассеяния трансформаторов и дросселей достигается экранированием. В диапазоне 50—4000 Гц эффективно действует экран из пермаллоя и других специальных сортов ферромагнитных материалов с высокой магнитной проницаемостью и малым удельным сопротивлением. Экранирующая коробка не должна плотно прилегать к сердечнику трансформатора. При зазоре примерно в 3 мм эффективность экранирования увеличивается на 15 дБ.

**Контактные соединения и устройства экранов**

При конструировании составных экранов, а также контактных элементов, предназначенных для соединения экранов, крышек, панелей, кронштейнов к общему корпусу или шасси аппаратуры, необходимо обеспечивать выполнение требований:

— электрическое сопротивление контактов должно быть минимальным и стабильным;

— контактные соединения должны иметь высокую коррозионную стойкость, длительный срок службы.

По своему назначению контактные соединения могут быть неразборными (неразъемными), разборными (разъемными), скользящими и т.д.

Неразъемные контактные соединения предназначены для постоянного соединения частей и элементов экрана. Эти соединения обычно бывают сварными или паяными. В контактных соединениях, осуществляемых сваркой (сплошные сварные швы), практически не происходит увеличения электрического сопротивления в месте сварки по сравнению с сопротивлением сплошного металла.

При пайке металлов припой, соединяясь с основными металлами, связывает их механически и электрически. Большое значение для качества паяного соединения имеет выбор припоя и зазора между металлами. Качество сварки и пайки после очистки должно тщательно проверяться с целью обнаружения несваренных или непропаянных поверхностей, прожогов и других дефектов. Неразъемное контактное соединение может быть выполнено и несварным, при осуществлении неразъемного контакта с помощью винтов, болтов, заклепок с определенным шагом образуются физически неоднородные стыки между соединяемыми поверхностями. В этих случаях между стыкуемыми поверхностями неизбежно существуют неровности, создающие щели, в результате чего эффективность экранирования ухудшается.

При механическом креплении элементов экрана эффективность экранирования повышается за счет более частого расположения крепежных деталей. Для уменьшения рассеяния отверстия в стационарных соединениях заделываются проводящей пастой.

Надежная работа разъемных контактных соединений обеспечивается их конструкцией, тщательностью изготовления, правильным выбором покрытий материалов и контактным нажатием. При значительных нажатиях контакты сравнительно хорошо обеспечивают малое сопротивление в месте контакта, а при слабых нажатиях даже покрытия из благородных металлов и большие контактные поверхности не гарантируют сохранения этого сопротивления в пределах требуемых значений.

В разъемных контактных соединениях для повышения эффективности экранирования аппаратуры следует применять электромагнитные уплотняющие прокладки, которые должны обеспечивать электрогерметичность соединения. Прокладки используют для уплотнения плохо пригнанных соединений.

Надежный электрический контакт между двумя и более металлическими поверхностями обеспечивается с помощью токопроводящих смол. Например, эпоксидные смолы с серебряным наполнителем заменяют пайку. Если соединяемые поверхности сжаты, но между ними имеется щель, то ее можно заполнить такой токопроводящей смолой. С помощью заполнения на основе токопроводящих смол уплотняют защитные электромагнитные экраны, улучшают экранирующие свойства корпусов радиоэлектронной аппаратуры, ремонтируют электромагнитные прокладки и т.д.

Малое электрическое сопротивление контакта между трущимися поверхностями обеспечивается с помощью токопроводящей смазки, например, на основе серебряно-силиконового масла без углеродистого наполнения. Смазка сохраняет высокие электрические и механические свойства в широких диапазонах температуры и влажности, устойчива к химическим воздействиям. Смазка обладает высокой влагостойкостью и хорошими антикоррозийными свойствами.

**3. Материалы для экранов электромагнитного излучения**

Выбор материала экрана проводится исхода из обеспечения требуемой эффективности экранирования в заданном диапазоне частот при определенных ограничениях. Эти ограничения связаны с массогабаритными характерными экрана, его влиянием на экранируемый объект, с механической прочностью и устойчивостью экрана против коррозии, с технологичностью его конструкции и т.д.

#### Металлические материалы

Применяются для экранирования, изготавливаются в виде листов, сеток и фольги (сталь, медь, алюминий, цинк, латунь). Все эти материалы удовлетворяют требованию устойчивости против коррозии при использовании соответствующих защитных покрытий.

Наиболее технологичными являются конструкции экранов из стали, так как при их изготовлении и монтаже можно широко использовать сварку. Толщина стали выбирается исходя из назначения конструкции экрана и условий его сборки, а также из возможности обеспечения сплошных сварных швов при изготовлении.

Сетчатые экраны проще в изготовлении, удобны для сборки и эксплуатации, обеспечивают облегченный тепловой режим радиоэлектронной температуры. Для защиты от коррозии сетки целесообразно покрывать антикоррозийным лаком. К недостаткам сетчатых экранов следует отнести невысокую механическую прочность и меньшую эффективность экранирования по сравнению с листовыми экранами.

Монтаж экранов из фольги достаточно прост, крепление фольги к основе экрана проводится чаще всего с помощью клея.

#### Диэлектрики

Сами по себе диэлектрики не могут экранировать электромагнитные поля. Поэтому они чаще всего встречаются в сочетании либо с проводящими включениями, либо с дополнительными металлическими элементами и конструкциями.

Экраны из композиционных материалов представляют собой сложные образования, содержащие в своей основе проводящие или полупроводящие включения, в которых связующим звеном выступают аморфные диэлектрики полимеры, в совокупности образующие упорядоченные цепочечные плоские или объемные структуры.

На практике для улучшения экранирующих свойств диэлектрических экранов без существенного изменения их массы и конструкционных характеристик применяют проводящее покрытие экранов напылением металлов в виде тонких пленок или оклеивание проводящей фольгой.

Для улучшения защитных свойств диэлектрических экранов наряду с применением проводящих покрытий используют армирование диэлектрических экранов тонкой металлической сеткой.

Если у сетки размер ячейки , то сетчатый экран по своим защитным свойствам близок к однородному металлическому экрану, но с несколько меньшим значением удельной проводимости материала экрана.



#### Стекла с токопроводящим покрытием

Должны обеспечивать требуемую эффективность экранирования при ухудшении их оптических характеристик не ниже заданных граничных значений. Электрические и оптические свойства стекол с токопроводящим покрытием зависят от природы окислов, составляющих пленку, условий и методов ее нанесения и свойств самого стекла. Наибольшее распространение получили пленки на основе оксида олова, оксида индия — олова и золота, так как они обеспечивают наибольшую механическую прочность, химически устойчивы и плотно соединяются со стеклянной подложкой.

#### Специальные ткани

Содержат в своей структуре металлические нити, наличие которых приводит к отражению электромагнитных волн. Такие ткани предназначены для защиты от электромагнитного поля в диапазоне сверхвысоких частот. Они могут также быть использованы для изготовления специальных костюмов для индивидуальной биологической защиты.

#### Токопроводящие краски

Создаются на основе диэлектрического пленкообразующего материала с добавлением в него проводящих компонентов, пластификатора и отвердителя. В качестве токопроводящих составляющих используются графит, сажа, коллоидное серебро, окиси металлов, порошковая медь, алюминий.

#### Электропроводный клей

Создается на основе эпоксидной смолы, заполняемой металлическими порошками (железо, кобальт, никель и др.). Электропроводный клей обладает высокой прочностью на отрыв, высокой удельной электропроводностью, химической стойкостью к влаге и различным агрессивным средам, обеспечивает незначительную усадку после отвердения. Электропроводный клей применяется наряду с пайкой, сваркой и болтовым соединением, а также в целях электромагнитного экранирования.

#### Радиопоглощающие материалы

Могут применяться в качестве покрытий различных поверхностей с целью уменьшения отражения от этих поверхностей электромагнитных волн. Принцип действия таких материалов заключается в том, что падающая на них электромагнитная волна преобразуется внутри их структуры в другие виды энергии. При этом имеют место явления рассеяния, поглощения, интерференции, а в ряде покрытий и дифракции электромагнитных волн. В зависимости от свойств радиопоглощающие материалы — покрытия могут быть широкодиапазонными и узкодиапазонными.

Структуру широкодиапазонных радиопоглощающих материалов образуют частицы ферромагнетика, введенные в слой изоляционного материала из немагнитного диэлектрика. Узкодиапазонные покрытия изготавливают из различных пла­стмасс и каучука. Чтобы такие покрытия обладали поглощающими свойствами, в их состав вводят ферромагнетики с примесями сажи или порошка графита в качестве поглотителя.

Радиопоглощающие материалы, используемые в качестве покрытий, могут быть однослойными, многослойными с переменными от слоя к слою параметрами, а также структурно неоднородными, т.е. с включением в состав материала различного рода структур, например дифракционных решеток.

Эффективность таких материалов достаточно высока. Коэффициент отражения большинства современных радиопоглощающих покрытий не превышает единиц процентов.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Ярочкин В.И. Информационная безопасность: Учеб. для ВУЗов. Изд. 2. Минск: Академический проект, 2005. – 544 с.
2. Бузов Г.А., Калинин С.В., Кондратьев А.В. Защита от утечки информации по техническим каналам: Учеб. пособие для подготовки экспертов системы Гостехкомиссии России. М.: Горячая линия - Телеком, 2005. – 416 с.
3. Деднев М.А. Защита информации в банковском деле и электронном бизнесе. М.: Кудиц-образ, 2004. – 512 с.
4. Конеев И.Р. Информационная безопасность предприятия. СПб.: БХВ‑Петербург, 2003. – 752 с.