
Раздел Технические науки

45 (Декабрь) 2020

ЭКРАНИРОВАНИЕ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ**Акифьев Максим Владимирович**

студент

Омский государственный технический университет, г. Омск

Аннотация. В современном информационном мире, защита искажения информации является одной из первостепенных. В данной статье будет рассмотрена важная составляющая передачи информации по кабелям, такая как экранирование и защита от помех. Радиочастотные коаксиальные и экранированные симметричные кабели находят основное применение в системах связи, где имеет место передача высокочастотных сигналов: системах кабельного и спутникового телевидения, измерительной технике, структурированных кабельных сетях, системах широкополосного доступа, видеонаблюдения и автоматизации производственных процессов.

Ключевые слова: Кабель, экранирование, экран, оплетка, заземление.

Актуальность решения проблемы экранирования высокочастотных кабелей становится всё более очевидной в свете появления стандартов, которые не только устанавливают нормы, определяющие уровень экранирования кабельного изделия, но и их классы, совершенствования методов оценки эффективности экранирования кабеля в лабораторных условиях. К сожалению, в отечественной практике до определенного времени требование к уровню экранирования кабелей было установлено только в частных технических условиях серии ГОСТ 11326 на определенные марки радиочастотных кабелей, которое определяется одним параметром на одной частоте 30 МГц, что давало очень мало информации о степени экранирования кабеля в широком диапазоне частот. [1]

Экранирование кабелей связи

Наиболее радикальным средством защиты коаксиальных и симметричных кабельных цепей от помех является их экранирование. По конструкции и принципу действия различают экраны, защищающие от внешних помех и от внутренних (взаимных) помех. Для защиты от внешних помех кабель поверх сердечника покрывается металлическими оболочками. Экраны могут выполняться либо из сплошного материала, либо иметь ленточную конструкцию или в виде металлической оплетки. Они, как правило, имеют сплошную цилиндрическую

конструкцию и выполняются из свинца, алюминия или стали. Известны также конструкции двухслойных экранирующих оболочек типа алюминий-свинец, алюминий-сталь и др. Применяются также экраны ленточного типа преимущественно из алюминиевых, медных, стальных лент, накладываемых спирально или продольно вдоль кабеля, и оплеточные экраны преимущественно из плоских и круглых проволок.

Экранирование предназначено для разделения влияющих и подверженных влиянию цепей металлическими перегородками (экранами). Экран оказывает защитное действие, локализуя электромагнитное поле, создаваемое источником помех, и предохраняет цепи связи от взаимного влияния, а также от посторонних источников электромагнитной энергии. [2]

Конструкция экранов и области их применения

В зависимости от условий эксплуатации, кабели могут являться не только источниками электромагнитных волн, но и выступать в роли антенны, улавливающей наведенные излучения. Экран, входящий в конструкцию кабеля, служит для его защиты от внешних помех, создаваемых другими источниками, а также не позволяет внутреннему магнитному полю оказывать воздействие на кабели, проложенные рядом. Кроме того, экран дает возможность выполнить заземление кабеля, а при соединении отрезков кабеля с помощью муфт – исключить возникновение разности потенциалов на его оболочке. Экранированный кабель выпускается с экранами, изготовленными из электропроводящей бумаги, специальных полимерных композиций, фольгированных лент, в виде оплетки из медной проволоки, а также в комбинированном варианте.

Для того чтобы подавить электромагнитные шумы различной интенсивности используются различные типы материалов. Также выбор материала для экранирования зависит и от типа изоляции, применяемой в кабеле. Для экранирования применяют следующие материалы экранов кабелей: полупроводящая бумага; металлизированная бумага; полупроводящая пластмасса; металлическая лента; графитовый слой; медная или алюминиевая фольга; полупроводящий полиэтилен; алюмофлекс (композиционный материал, который состоит из полимерной пленки, которая оклеена алюминиевой фольгой); полупроводящая резина; алюминиевая или медная проволока. [3]

В зависимости от типа изоляции и типа используемого материала, экран может устанавливаться в различных местах. Он может быть наложен поверх поясной изоляции или поверх изоляции жил. Причина, по которой материалы для экранирования и изоляции имеют взаимозависимость, заключается в том, что они должны обладать близкими по своему значению температурными коэффициентами, чтобы свести к минимуму вероятность образования пустот между изоляцией и экранированием при нагреве кабеля.

Электростатическое экранирование

Электростатическое экранирование состоит в шунтировании паразитной емкости (между источником и приемником наводок) на корпус. Эффективность не зависит от толщины и металла экрана – часто электростатические экраны – тонкий слой металлизированного диэлектрика тонкого слоя – в трансформаторах часто экран выполняют в виде не замкнутого кольца из медной фольги или обмоток, один конец которых заземлен. Электростатическое экранирование: а – электрическое поле между элементами А и Б без экрана; б – электрическое поле, когда между элементами А и Б помещен экран – заземленный металлический лист В; в – электрическое поле, когда между элементами А и Б помещен незаземленный металлический лист В; г – экранирование замкнутым экраном

Магнитостатическое экранирование.

При магнитном экранировании защита осуществляется от постоянных и медленно меняющихся магнитных полей. – Экраны изготавливают в основном из ферромагнитных материалов (пермаллой, сталь, ферриты) с большой магнитной проницаемостью. При наличии такого экрана силовые линии магнитного поля проходят в основном по его стенкам, которые обладают малым магнитным сопротивлением по сравнению с сопротивлением воздушного пространства около экрана (магнитное шунтирование). [4]

Эффективность экранирования таких полей зависит от магнитной проницаемости экрана и его толщины, а также от наличия стыков и швов, расположенных перпендикулярно силовым линиям магнитного поля. магнитостатическое (при $\mu \ll \lambda$), когда преобладает магнитная составляющая, то есть $|\mathbf{H}| \gg |\mathbf{E}|$. Принцип действия магнитостатического экрана показан на рисунке 4, а. Магнитные силовые линии внешнего поля будут проходить в основном по толще стенок экрана, выполненного из ферромагнитного материала и обладающего малым магнитным сопротивлением по сравнению с сопротивлением пространства внутри экрана, где находится катушка индуктивности. В результате внешнее магнитное поле помех не будет влиять на режим работы электрической цепи, в которую включена катушка индуктивности.

Электромагнитное экранирование.

В электромагнитном экранировании под действием источника электромагнитной энергии на стороне экрана, обращенной к источнику, возникают заряды, а в его стенках – токи, образующие во внешнем пространстве поля, по напряженности близкие к полю источника, а по направлению – противоположные ему. В результате внутри экрана происходит взаимная компенсация полей, а снаружи его – вытеснение внешнего поля полями вихревых токов (эффект отражения). Кроме того, происходит поглощение поля за счет потерь на Джоулеву теплоту (при протекании вихревых токов по стенкам экрана) и на переманчивании (если экран выполнен из ферромагнитного материала) электромагнитное электромагнитный (при $\mu \gg$

λ), когда обе составляющие равноценны.

Многослойные комбинированные экраны

Электромагнитные экраны комбинированной многослойной конструкции применяются в том случае, когда необходимо высокое экранирующее действие. Экраны состоят преимущественно из последовательно чередующихся немагнитных (медь, алюминий) и магнитных (сталь, пермаллой) слоев. Особенностью таких многослойных экранов является высокая экранирующая эффективность и сравнительно малые потери энергии в экране. Эти преимущества объясняются следующим образом. При рассмотрении однородных экранов электромагнитного действия было установлено, что экранирующий эффект определяется совместным действием экранирования поглощения S_p и экранирования отражения S_o на границах диэлектрик-металл-диэлектрик.

Эффект обусловлен несоответствием волновых характеристик, сопрягаемых сред и чем больше это несоответствие, тем больше экранирующее действие. В данном случае энергия помех, встречая на своем пути такое электрическое несоответствие, частично отражается и лишь частично проходит в экранированное пространство. Это явление послужило и для конструирования многослойных комбинированных экранов. В многослойном экране, составленном из металлов с различным и волновыми сопротивлениями, действует целая система таких многократных отражений от границ электрических несоответствий. Поэтому экран, состоящий из нескольких тонких слоев различных металлов будет обладать большей эффективностью экранирования по сравнению с однородным экраном эквивалентной толщины. В однослойном экране имеются две границы (воздух-металл и металл-воздух) отражения, а в трехслойном таких границ четыре, добавляются еще две границы между различными металлическими слоями. Существенным являются порядок расположения слоев, их электрическое сочетание, соотношение толщин слоев, а также место по отношению влияющей цепи. Так, например, сочетание сталь-медь-алюминий дает заметно меньший эффект, чем медь-сталь-алюминий. Если внешние слои многослойного экрана выполнены из немагнитных материалов, то потери в нем сравнительно невелики. Многослойные комбинированные экраны, состоящие из последовательно чередующихся немагнитных (медь, алюминий, латунь) и магнитных (сталь, пермаллой) слоев, применяются для получения высокой электрической энергии в широком частотном диапазоне, включая область низких частот, особенно при экранировании магнитных полей большой напряженности.

В этих случаях хорошие результаты дает использование многослойных экранов (2-х, 3-х и более). Чтобы исключить насыщение, слой составного двухслойного экрана, обращенный к источнику магнитного поля, выполняется из материала с низкой магнитной проницаемостью (он имеет высокий уровень насыщения) или немагнитного металла, а второй слой из материала

с высокой магнитной проницаемостью, имеющий низкий уровень насыщения. [5]

В основе работы многослойного экрана лежит принцип многократного отражения от слоев крана, имеющих различные значения характеристических сопротивлений. В результате экран, состоящий из нескольких тонких слоев различных металлов, обладает большей эффективностью экранирования (особенно в низкочастотной области), чем однородный экран той же толщины.

Эффект заземления экранов

Заземление экранов контрольных кабелей - одно из обязательных мероприятий, проводимых при конструировании электростанций и подстанций, промышленно-производственных и иных типов объектов, где предполагается эксплуатация высоковольтного оборудования (или множества электроприборов, совокупная мощность которых может достигать десятки или сотни кВт). Если предположить существование иерархии проводников (допустим, по мощности, виду передаваемых сигналов и области применения), то контрольный кабель будет расположен где-то между силовыми и информационными типами. Данные кабельные изделия служат для управления подконтрольными объектами и передачи информации (на пульт оператора) об их состоянии. Кабели применяются, к примеру, для подключения к ним различной электроаппаратуры, электромеханического оборудования, устройств релейной защиты, сигнализации и т. д.

Имеющиеся в системе электрические цепи, помимо высоковольтных цепей, именуются вторичными. Сюда же относятся цепи, построенные из контрольных кабелей. [6]

В заключении, подводя некоторую черту под изложенным выше, можно отметить, что изучение проблемы экранирования высокочастотных кабелей в первоочередной степени требует экспериментальной оценки соответствующих параметров, накопления статистических данных и их правильного толкования. Для более качественного экранирования нужно учитывать множество факторов, которые влияют на кабели, по которым передаются высокочастотные сигналы и выбирать правильный тип экранирования. И сказанного выше становится очевидным, что вопросы, связанные с определением норм и методик оценки эффективности экранирования высокочастотных кабелей связи, перешли на более высокий уровень, требующий переоценки их актуальности и повышенного внимания к ним как со стороны производителей кабельных изделий, так и исследователей ЭМС высокочастотных систем связи.

Список литературы:

1. Экранирования высокочастотных кабелей // Спецкабель : [сайт]. – 1997. – URL: <http://spetskabel.ru/about/experts/articles/2015/170/> (дата обращения: 25.09.2020).
2. Гроднев И.И. Электромагнитное экранирование в широком диапазоне частот учеб. для

вузов /Гроднев, 1972. – 112 с

3. Меры защиты от внешних влияний // Мегообучалка : [сайт]. – 2015. – URL: <https://megaobuchalka.ru/6/51363.html> (дата обращения: 25.09.2020).
4. Экранирующий эффект с учетом продольных токов // StudFiles: [сайт]. – 2015. – URL: <https://studfile.net/preview/3675475/page:59/> (дата обращения: 25.09.2020).
5. Многослойное экранирование // Helpiks : [сайт]. – 2014. – URL: <https://helpiks.org/4-69008.html> (дата обращения: 25.09.2020).
6. Методы экранирования и заземления// Энциклопедия АСУ ПТ bookASUPT.ru: [сайт]. – 2013. – URL: https://www.bookasutp.ru/Chapter3_5.aspx (дата обращения: 25.09.2020).

ISSN 2541-9250

НАУКА ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ВРЕМЕНИ

Международный научный журнал

Ежемесячное научное издание

№12 (45) 2020

ISSN 2541-9250



9 772541 925005 >

Библиографическое описание статьи:

Акифьев М.В. Экранирование кабелей связи // Наука через призму времени. – 2020. – №12 (45). – с. 40-43

<http://www.naupri.ru/journal/2748>



© Акифьев М.В., 2020

© Редакция научного журнала «Наука через призму времени», 2020