

НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Киндрук Николай Николаевич

магистрант кафедры проектирования информационно-компьютерных систем
УО «Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники»
(Республика Беларусь)

Обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС) относится к одной из наиболее актуальных проблем в области современной техники, так как процесс развития электротехники, электроэнергетики, радиоэлектроники и средств телекоммуникаций усиливает зависимость результатов применения новых средств от условий их одновременного и совместного функционирования. Таким образом, исследование условий обеспечения ЭМС РЭС при их одновременном функционировании является актуальной проблемой.

Общие направления улучшения ЭМС РЭС могут быть реализованы посредством следующих мероприятий (Рис. 1) [1].



Рис. 1. Мероприятия по улучшению электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств

Однако существует множество ситуаций, когда ни один из этих подходов не применим. Кроме того, множество РЭС устроено таким образом, чтобы обеспечить равномерную чувствительность в широком диапазоне частот.

Если в рабочем пространстве имеются электромагнитные возмущения и они достаточно сильны в пределах входной полосы используемого оборудования, можно ожидать возникновение помех, особенно если рассматриваемое оборудование подключено к определенным неэкранированным или не защищенным должным образом устройствам.

В случае оценки работы РЭС на большом отрезке территории, в рамках которой проводятся исследования, такие ситуации являются частыми, в связи с чем, и полностью защитить помещения от влияния электромагнитного излучения достаточно сложно и дорого.

По данной причине в рамках исследования могут быть предложены альтернативные методы и решения.

Существующие решения относятся либо к использованию полностью экранированных пространств [1] и безэховой (анехоической) камеры, либо к экранированию металлического корпуса модулей и устройств [2], либо к решениям, предполагающим сосуществование в одном и том же оборудовании или лаборатории как возмущенных, так и возмущающих контуров [3].

Полностью экранированные пространства позволяют в значительной степени (в зависимости от эффективности экранирования) устранить возмущающие сигналы, возникающие снаружи. Тем не менее, экранирование будет сдерживать внутри любой сигнал, излучаемый внутри самой камеры, и вызовет множественные отражения сигнала внутри, не предлагая при этом внутренним приемникам никакой защиты от этого возмущения. Ряд трудностей также возникает из-за наличия вентиляции и освещения, в частности, из-за того, что доступ к вентиляционным и осветительным проемам представляет собой способы проникновения помеховых сигналов внутри пространств,

которые они стремятся защитить. Экранирование больших пространств также сопряжено со значительными затратами.

Анехоические (безэховые) помещения являются частным случаем экранированных пространств, которые также обладают свойством поглощать волны, возникающие внутри. Эти камеры очень дороги для изготовления, а также имеют ряд других недостатков, свойственных экранированным помещениям.

Данные решения чаще всего предлагают общий вариант использования и ограниченную применимость. В более сложных и специфических ситуациях анехоические помещения не позволяют ни контролировать ни одно из устройств, создающих помехи, ни полностью экранировать помещение.

Для выбора оптимального решения ряд авторов использует программное моделирование того, что происходит с помеховыми сигналами внутри зданий [4], в то время как другие ученые предпочитали производить более точные измерения [5]. Также разными авторами были предложены некоторые имитационные модели с применением генетических алгоритмов и их реализацией [6].

Тем не менее, сочетание более чем одного типа решения может привести к лучшим результатам, если адаптировать их к каждой ситуации индивидуально. Именно поэтому решения, которые разрабатывались в данном исследовании, основаны на оценке характеристик помеховых сигналов с последующим применением соответствующих направленных методов экранирования.

В действительности пространство, подверженное электромагнитным возмущениям, может различаться в зависимости от многих параметров, таких как свойства местоположения, окружающего рассматриваемую среду (например, окружающие здания или другие источники помех или отражения), свойства пространства (например, геометрические свойства), свойства помехового сигнала (как доминирующие частоты и распределение

спектральной мощности, область влияния и направление, от чего она оказывает влияние на конкретное пространство). Сами устройства имеют различную степень восприимчивости к электромагнитным помехам. Все эти источники вариаций нуждаются в конкретных методах их решения, и их трудно смягчить посредством уникального и в то же время экономичного решения.

В связи с этим необходима методология работы, основанная на конкретных решениях, которая может привести к снижению локальных возмущений, характерных для каждого сценария использования и конкретного места, при одновременном снижении затрат на внедрение данной методологии в работу.

Следует упомянуть, что реализация методологии защиты от внешних помех является сложной задачей для больших пространств (как и исследовательские и университетские лаборатории и т. п.), даже если рассматриваемое решение предполагает форму частичной защиты, и решение этой проблемы включает аспекты новизны и имеет определенные социально-экономические последствия.

Ожидается, что результаты, полученные путем применения предлагаемых методов, откроют новые перспективы для исследований в рамках исследовательских проектов, включающих измерение электрических сигналов и помех между различными РЭС, и в которых пользователи могут столкнуться с проблемами, вызванными электромагнитными помехами или ограничениями, вызванными уменьшением размеров полностью экранированных корпусов.

Из изучения специализированной литературы [7] можно прийти к выводу, что используемые на практике решения будут состоять из следующих аспектов:

- технологии и материалы для экранирования;
- заземления определенных проводящих поверхностей;
- использования определенных типов отбраковочных фильтров для устранения любых оставшихся помех на входе электронных измерительных устройств.

Предлагаемая методология охватывает этапы и средства, посредством которых осуществляются измерения определенных характеристик, в целях успешного выполнения допустимых измерений с минимальными вмешательствами, основанными на выявлении особенностей и уязвимостей, специфичных для каждого РЭС.

С целью экранирования определенных поверхностей необходимо учитывать, что создаваемые проводящие поверхности должны быть как можно более непрерывными. Кроме того, в рамках ослабления помех должны быть использованы материалы надлежащего качества. Недостатки различных использованных материалов с различной характеристической толщиной трудно оценить в теории, в связи с чем они обычно определяются экспериментально [5].

С другой стороны, любое отверстие, которое присутствует на экране, ведет себя как антенна повторной передачи, с определенной амплитудой, уменьшенной ослаблением A . Данное ослабление может быть описано соотношением (1) [2]:

$$A = 20 \cdot \log \left(2 \frac{L}{\lambda} \right), \quad (1)$$

где L – размер длинной оси отверстия;

λ – длина волны.

В рамках исследования было осуществлено формирование методологии улучшения ЭМС РЭС, также применимая в других подобных ситуациях представленная в таблице 1.

Таблица 1. Методология улучшение электромагнитной совместимости
радиоэлектронных средств

Наименование стадии	Характеристика работы
1	2
Стадия 1. Отображение пространственного распределения	Отображение пространственного распределения антенн РЭС/ видимых или идентифицируемых источников помех
Стадия 2. Отображение пространственного распределения напряженности электромагнитного поля из рабочего пространства	Данная операция может быть выполнена, по возможности, мелкофрагментарным способом для каждого из существенных интервалов помех и/ или частот с использованием специального детектора и/ или другого оборудования, которое позволяет проводить аналогичные измерения.
Стадия 3. Корреляция между пространственным распределением источников помех и измеряемой областью	Осуществляется сравнение размещения источников помех с измеряемым распределением области в рабочем пространстве. В случае выявления различий следует приступить к поиску первопричины (отражательные структуры, наличие источников помех, которые еще предстоит выявить, и т.д.). Один из них будет включать определенные элементы в распределение источника помех
Стадия 4. Планирование желаемого распределения возмущающих полей	Данная стадия основана на имеющемся бюджете и позициях рабочих или контрольных точек, в которых планируется сведение к минимуму помехи с возмущающими внешними полями
Стадия 5. Создание экранирующих конструкций рабочих точек из выбранного пространства	Получение или создание и размещение экранирующих структур по направлению входящих источников помехового сигнала. Их определение будет осуществляться с учетом доминирующих длин волн помеховых сигналов, в целях минимизации трансмиссии и дисперсии в рабочем пространстве
Стадия 6. Создание необходимых систем отбраковки	В рамках данной стадии предлагается изготовление/ закупка/ адаптация систем селективной отбраковки (например, измерительных зондов, включающие в себя отбраковочные фильтры), применение которых будет осуществляться на входе измерительного оборудования с целью уменьшения воздействия текущего помехового сигнала
Стадия 7. Оценка результатов	На данном этапе будет осуществляться оценка результатов, полученных на основе изучения определенного пространства. Результаты будут получены посредством новой совокупности измерений возмущающих полей на рабочем месте, в основном ориентированных на точки, выбранные для минимизации. Если возмущения не были достаточно уменьшены, следует перезапустить процедуру на этапе 3

Сформированная методология улучшения ЭМС РЭС позволяет определить по расположению антенн и по видимым или идентифицируемым источникам помех контрольные точки, в которых планируется сведение к минимуму помех, а также создать экранирующие конструкции для минимизации помех.

Список использованных источников

1. Ababei, G. Omni-Directional Selective Shielding Multilayered Material for High Frequency Radiation/ G. Ababei// IEEE Transactions on Magnetics. – № 48(11). – 2012. – P. 4309-4312.
2. Analog devices, MT-95 tutorial – EMI, RFI, and Shielding Concepts [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.analog.com/media/en/training-seminars/tutorials/MT-095.pdf>. – Date of access: 05.02.2021.
3. Garduno-medina, J.A. On the measurement of the conducted emissions in-home access in PLC communication technologies/ J.A. Garduno-medina, J.H. Caltenco, J.L. Lopez-Bonilla// Student Paper, Annual IEEE Conference, 2008.
4. Belu, R.G. Indoor Radio Propagation Models/ R.G. Belu// Romanian Journal for Information Science and Technology. – № 5(12). 2002. – P. 9-33.
5. Atmel, EMC Improvement Guidelines [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.atmel.com/images/doc4279.pdf>. – Date of access: 05.02.2021.
6. Goschin, S. Autonomous Agents with Control Systems Based on Genetic Algorithms/ S. Goschin// IASTED International Conference on Robotics and Applications (RA 2006) Proceedings, Hawai, SUA. – 2006. – P. 156–160.
7. Radu, S., Engineering Aspects of Electromagnetic Shielding, EMC Design Engineering/ S. Radu // Sun Microsystems, Inc. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://ieee.rackoneup.net/rrvs/09/Engineering%20Aspects%20of%20Electromagnetic%20Shielding.pdf>. – Date of access: 05.02.2021.