

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

**ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
СОВМЕСТИМОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ
(ЭМС – 2015)**

Сборник научных трудов первой международной
научно-технической конференции

Харьков 27 мая 2015 г.

Харьков 2015

УДК 621.37/.39

Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи (ЭМС-2015) : Сборник научных трудов первой международной научно-технической конференции, Харьков 27 мая 2015 г. / М-во образования и науки Украины, Харьковский национальный университет радиоэлектроники. – Харьков: ХНУРЭ, 2015. – 172 с.

В сборник включены научные доклады участников первой Международной научно-технической конференции «Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи» (ЭМС-2015).

Издание подготовлено кафедрой телекоммуникационных систем
<http://tcs.kharkov.ua/>

61166, Украина, Харьков, просп. Ленина, 14.
Тел./факс: +380 (57) 702-13-20,
+380 (57) 702-55-92.

E-mail: emc@picst.org
<http://emc-2015-ru.weebly.com/>

© Харьковский национальный
университет радиоэлектроники, 2015

КОНЦЕПЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СРЕДСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ЭМС

Невлюдов И.Ш., Стародубцев Н.Г., Демская Н.П.

Харьковский национальный университет радиозлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. ТАПР, тел. (057) 702-14-86,

E-mail: tapr@kture.kharkov.ua, факс. (057) 702-14-86

Formulate the essence of an integrated approach to cross-cutting electromagnetic design as an optimal solution to ensure the requirements of the electromagnetic compatibility of radio electronic means in the construction of which consists in taking into account all constraints and optimality criteria at each stage of the design and a holistic view of the finished product throughout the product lifecycle. For a process of optimal design of radio-electronic means with a view to ensuring the electromagnetic compatibility requirements put forward the following key principles: multi-stage, the optimal way, the unification of models of complex methods, a sufficient degree of accuracy, adaptation.

ВВЕДЕНИЕ

В задачах обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС), в общем случае, можно выделить следующие уровни иерархии, такие как, компонентная база, печатная плата (ПП), функциональный блок, корпус или стойка, соединительные провода, а также программное обеспечение. И хотя производители компонентов прилагают усилия для обеспечения требований ЭМС на уровне компонента, все же в настоящее время наиболее эффективные меры обеспечиваются на уровнях печатной платы (ПП) и функционального блока.

В настоящее время имеются различные методы обеспечения ЭМС, которые должны выбираться исходя из особенностей эксплуатации, конструкции, типов и частотных диапазонов электромагнитных и кондуктивных помех, наличие других критериев. При этом требуется предотвратить возникновение электромагнитных помех (ЭМП) или их излучение, повысить устойчивость функциональных групп при воздействии помех, например, посредством распознавания нарушения функционирования, вызванного недостаточной ЭМС, с последующей корреляцией функционирования. Как правило, разработчики и изготовители средств телекоммуникаций нуждаются в конкретных методических рекомендациях и технических мероприятиях, которыми можно целенаправленно влиять на ЭМС устройства в процессе его проектирования. Табл. 1 в первом приближении дает представление о параметрах, влияющих факторах и технических мероприятиях по повышению ЭМС [1]. Комплекс технических мероприятий включает в себя схемотехнические, топологические и конструкторско-технологические, а также реализуемые при помощи математического обеспечения (программные) методы.

На каждом из этапов проектирования имеется определенный набор мер и способов по обеспечению требований ЭМС. Систематизируя результаты проведенного анализа, определили необходимость комплексного подхода к обеспечению требований ЭМС при проектировании средств телекоммуникаций.

Комплексный подход к обеспечению требований ЭМС при проектировании средств телекоммуникаций

Суть комплексного подхода при проектировании заключается в учете всех ограничений и критериев оптимальности на каждом этапе проектирования и целостного представления готового изделия каждым из разработчиков принимающих участие в производственном цикле. Рис. 1 и 2 показывают различие между традиционным и комплексным подходом к проектированию изделия. В контексте обеспечения требований ЭМС данная задача должна начинаться со стадии концептуальной разработки устройства. В сложившейся практике и инженеры-схемотехники и инженеры-конструкторы учитывают основные положения ЭМС, однако делают это обособленно друг от друга. Так первые решают вопросы возникающие на уровне электрической схемы, не принимая во внимание, как эти решения могут отразиться на дальнейших этапах разработки. Вторые же решают конструкторско-технологические задачи исходя из имеющихся проектных предпосылок, что не всегда является оптимальным и эффективным [2].

После окончания проектных работ и изготовления опытного образца он проверяется на соответствие требованиям нормативных документов в области ЭМС. Такой подход очень часто приводит к проблемам по обеспечению требований ЭМС, которые обнаруживаются слишком поздно. Обычно достижение норм ЭМС удается обеспечить дорогостоящими исправлениями, при этом не всегда рациональными. В некоторых случаях требуется кардинальная переработка конструкции, что значительно повышает стоимость ОКР и увеличивает сроки получения опытного образца [3].

Таблица 1 – Параметры ЭМС, влияющие факторы и мероприятия по обеспечению требований электромагнитной совместимости на уровнях ПП и функционального блока

Параметр	Влияющий фактор	Мероприятия
Внутренняя помехоустойчивость 	Количество, вид, интенсивность, топологическое расположение внутренних источников помех Q_i и приемников S_i , конфигурация системы; возможности распространения Z_{ic} по функциональным или паразитным путям; помехоустойчивость элементов к Z_{ic} ; концепция обработки сигналов и временные режимы Q_i и S_i	Схемотехнические, топологические, конструкторско-технологические, программные
Стойкость к внешним воздействиям 	Возможности проникновения Z_{ac} по функциональным или паразитным связям; степень учета Z_{ac} , проникшей внутрь средств телекоммуникаций, например, путем применения помехоустойчивых элементов, дополнительных барьеров (фильтров, экранов) или выбора концепции обработки с учетом возможных помех	Схемотехнические, топологические, конструкторско-технологические, программные
Излучение помех 	Количество, вид, интенсивность, топологическое расположение внутренних источников Q_i ; излучающие свойства системы; возникновение электромагнитных влияний, обусловленных внутренними источниками Z_{ic} и распространяющихся по функциональным или паразитным связям	Схемотехнические, топологические, конструкторско-технологические

При комплексном подходе к проектированию, представленном на рис. 2, разработчики заранее рассматривают методы и способы обеспечения целостности сигнала и других аспектов ЭМС с учетом их реализуемости и допустимости на этапах разработки и производства жизненного цикла (ЖЦ) средств телекоммуникаций, при этом вполне может быть выбрано оптимальное и экономически эффективное решение. Дополнительно во внимание должно приниматься обеспечение теплового режима, надежности, защиты от внешних факторов, а также экономических, эстетических, эргономических и экологических требований. Такой комплексный подход к проектированию позволяет сформировать требования, предъявляемые к изделию, на ранних концептуальных и проектных стадиях разработки [4].



Рисунок 1 – Традиционный подход к проектированию

Учитывая постоянно увеличивающуюся сложность средств телекоммуникаций, стремление к их миниатюризации и увеличению плотности упаковки компонентов, реализация мер по обеспечению требований ЭМС на заключительных этапах разработки, как это зачастую происходит при традиционной разработке средств телекоммуникаций, становится менее эффективной. По нашему мнению 70% новых разработок не проходят первоначальное тестирование по требованиям ЭМС,

что приводит к дорогостоящим переработкам на поздних стадиях и, как следствие, высоким убыткам из-за просрочки времени разработки, а также применения не оптимальных технических решений. Поэтому комплексное проектирование, основанное на концептуальном анализе ЭМС, включающее моделирование электромагнитных процессов, должно использоваться с самого начала процесса разработки средств телекоммуникаций, для обнаружения и решения возможных проблем ЭМС с наименьшими затратами.



Рисунок 2 – Комплексный подход при проектировании, учитывающий требования ЭМС

В качестве основных путей повышения эффективности разработки конструкций средств телекоммуникаций на основе комплексных методов оптимального проектирования с учетом обеспечения требований ЭМС можно выделить:

- нормативные документы и требования в области ЭМС;
- анализ и решение проблем ЭМС на ранних стадиях проектирования;
- обеспечение требований ЭМС при выборе элементной базы;
- эффективное обеспечение требований ЭМС на ПП;
- проводящие корпуса как эффективный способ обеспечения ЭМС;
- проводящие прокладки и универсальные уплотнения для электромагнитного экранирования;
- себестоимость обеспечения требований ЭМС;
- выбор материала для оптимального экранирования.

На основании вышесказанного для организации процесса оптимального конструирования средств телекоммуникаций с учетом обеспечения требований ЭМС на всех этапах ЖЦ выдвинуты следующие ключевые принципы:

- многоэтапности – анализ и проверка обеспечения требований ЭМС осуществляются на каждом ключевом этапе ЖЦ средств телекоммуникаций (от выбора элементной базы при проектировании до сервисного обслуживания и утилизации);
- оптимальности способов – применение специальных мер для обеспечения требований ЭМС конструкций средств телекоммуникаций должно осуществляться с учетом критериев оптимальности определенных для каждого этапа разработки и типа применяемых методов;
- унификации моделей – модели электромагнитного взаимодействия формируются из ограниченного количества возможных конструктивов, позволяя упростить процессы анализа и синтеза, путем использования типовых математических моделей и методов;
- комплексности методов – электромагнитные процессы в конструкциях средств телекоммуникаций характеризуются тесной взаимосвязью между различными иерархическими уровнями, что должно быть учтено в применяемых методах;
- достаточной степени точности – при решении задачи электромагнитного проектирования выбираются модели и методы, которые при достаточной степени точности обеспечивают оптимальный синтез проектного решения, адекватный полноте имеющихся данных, что достигается подбором рациональных способов обеспечения ЭМС;
- адаптации – каждый ключевой этап разработки средств телекоммуникаций характеризуется определенным типом мероприятий по обеспечению требований ЭМС и соответствующим ему пулу применяемых способов, характеризующихся конкретными критериями оптимальности.

ВЫВОДЫ

В работе сформулирована суть комплексного подхода к проектированию, как решение проблемы обеспечения требований ЭМС в средствах телекоммуникаций, заключающегося в учете всех ограничений и критериев оптимальности на каждом этапе проектирования и целостного представления готового изделия каждым специалистом принимающим участие на всем ЖЦ изделия.

Для организации процесса оптимального конструирования средств телекоммуникаций с учетом обеспечения требований ЭМС выдвинуты следующие ключевые принципы: многоэтапности, оптимальности способов, унификации моделей, комплексности методов, достаточной степени точности, адаптации.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике: Пер. с нем. / И.П. Кужекин; Под ред. Б.К. Максимова. М.: Энергоатомиздат, 1995. - 304 с: ил.
2. Вережкин Д.А., Макаров О.Ю., Ромашенко М.А. Комплексные методы обеспечения электромагнитной совместимости и помехоустойчивости электронных систем при сквозном проектировании // Журнал «Радиотехника». М.: Радиотехника. - 2012. - № 2. - С. 22-27.
3. German F. Designing early for EMC. EDN, 2004, October 24. pp. 93-98.
4. Arnold R. R. Electronic product trends drive new EMI/RFI shielding solutions. Interference Technology. 2003.