

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

**ПРОБЛЕМЫ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
СОВМЕСТИМОСТИ
ПЕРСПЕКТИВНЫХ
БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ
(ЭМС – 2016)**

Сборник научных трудов второй международной
научно-технической конференции
Харьков 24 -25 мая 2016 г.

Харьков 2016

УДК 621.37/.39

Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи (ЭМС-2016): Сборник научных трудов второй международной научно-технической конференции, Харьков 24-25 мая 2016 г. / М-во образования и науки Украины, Харьковский национальный университет радиоэлектроники. – Харьков: ХНУРЭ, 2016. – 104 с.

В сборник включены научные доклады участников второй Международной научно-технической конференции «Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи» (ЭМС-2016).

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: ems.conference.kture@gmail.com
<http://emc-2016-ru.weebly.com/>

© Харьковский национальный
университет радиоэлектроники, 2016

Председатель организационного комитета конференции:

Поповский В.В. академик АН ПРЭ, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой телекоммуникационных систем ХНУРЭ, член комитета IEEE, г.Харьков, Украина.

Организационный комитет ЭМС-2015:

Коляденко Ю.Ю. профессор, д.т.н., профессор кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.

Серков А.А. академик АН ПРЭ, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой систем информации НТУ «ХПИ», член комитета IEEE, заслуженный изобретатель Украины, г. Харьков, Украина.

Зеленский А.А. академик АН ПРЭ, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой передачи, приема и обработки сигналов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского, член Академии наук связи Украины, г. Харьков, Украина.

Агеев Д.В. член-корреспондент АН ПРЭ, профессор, д.т.н., профессор кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, член комитета IEEE, г. Харьков, Украина.

Шостко И.С. член-корреспондент АН ПРЭ, профессор, д.т.н., профессор кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, г. Харьков, Украина.

Невлюдов И.Ш. академик АН ПРЭ, заведующий кафедрой технологий и автоматизации производства радиоэлектронных средств и электронно-вычислительных устройств ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.

Москалец Н.В. доцент, к.т.н., доцент кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.

Токарь Л.А. доцент, к.т.н., доцент кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.

Сычева О.В. ассистент кафедры технологии и автоматизации производства радиоэлектронных средств и электронно-вычислительных устройств ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.

Программный комитет

- Корсун В.И.** генеральный директор Украинского государственного центра радиочастот г.Киев, Украина.
- Калюжный Н.М.** академик АН ПРЭ, технический директор НТЦ АН ПРЭ, к.т.н., с.н.с. научного центра ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.
- Кравченко В.И.** академик АН ПРЭ, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, профессор, д.т.н., директор НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» г.Харьков, Украина.
- Серков А.А.** академик АН ПРЭ, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой систем информации НТУ «ХПИ», член комитета IEEE, заслуженный изобретатель Украины, г.Харьков, Украина.
- Чурюмов Г.И.** академик АН ПРЭ, профессор, д.ф.-м.н., профессор кафедры физических основ электронной техники ХНУРЭ, член комитета IEEE г.Харьков, Украина.
- Климаш М.М.** академик Академии Связи Украины и Международной академии информатизации, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой телекоммуникаций Национального университета «Львовская политехника», лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, г.Львов, Украина.
- Сукачев Э.А.** профессор, д.т.н., профессор кафедры технической электродинамики и систем радиосвязи Одесской национальной академии связи, г. Одесса, Украина.
- Титаренко Л.А.** член-корреспондент АН ПРЭ, профессор, д.т.н., профессор института компьютерной инженерии и электроники Зеленогурского университета, г.Зелена-Гура, Польша.
- Пономарев Л.И.** профессор, д.т.н., профессор кафедры «Радиоэлектроника летательных аппаратов» Московского авиационного института (национальный исследовательский университет), г.Москва, Россия.

- Шахтарин Б.И.** академик РАЕН, профессор, д.т.н., лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки и техники РФ, почетный радист РФ, профессор кафедры «Автономные информационные управляющие системы» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, г.Москва, Россия.
- Пономаренко Н.Н.** профессор, д.т.н., профессор кафедры передачи, приема и обработки сигналов Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского, г.Харьков, Украина.
- Безрук В.М.** академик АН ПРЭ, академик Академии связи Украины, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой сетей связи ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.
- Водолазский М.В.** директор, Украинский государственный центр радиочастот. Харьковский филиал. г.Харьков, Украина.
- Гаркуша С.В.** доцент, д.т.н., доцент кафедры документоведения и информационной деятельности в экономических системах ВУЗ Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», г.Полтава, Украина.
- Гепко И.А.** профессор, д.т.н., начальник отдела научного обеспечения научно-методического департамента Украинского государственного центра радиочастот г.Киев, Украина.
- Ерохин В.Ф.** профессор, д.т.н., заведующий кафедрой применения средств специальных телекоммуникационных систем Института специальной связи и защиты информации НТТУ «КПИ», г.Киев, Украина.
- Кравчук С.А.** доцент, д.т.н., доцент кафедры телекоммуникаций Института телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», заведующий научно-техническим центром микроволновых телекоммуникационных технологий научно-исследовательского института телекоммуникаций, г.Киев, Украина.

- Лошаков В.А.** академик АНПРЭ, д.т.н., профессор, профессор кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, г.Харьков, Украина.
- Лучанинов А.И.** профессор, д.ф.-м.н., профессор кафедры основ радиотехники ХНУРЭ, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, г.Харьков, Украина.
- Продиус И.Н.** профессор, д.т.н., директор института телекоммуникаций, радиоэлектроники и электронной техники Национального университета «Львовская политехника», заведующий кафедрой радиоэлектронных устройств и систем, г.Львов, Украина.
- Романов А.И.** профессор, д.т.н., профессор кафедры телекоммуникаций Института телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», г.Киев, Украина.
- Смирнов Н.И.** академик Международной академии информатизации при ООН, член-корреспондент Академии технологических наук РФ, д.т.н., профессор МТУСИ, г.Москва, Россия.
- Сундучков К.С.** профессор, д.т.н., лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, зам. директора по научным вопросам Научно-исследовательского института телекоммуникаций НТУУ «КПИ», г.Киев, Украина.
- Шматков С.И.** академик АН ПРЭ, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой теоретической и прикладной системотехники Института высоких технологий Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина, г. Харьков, Украина.
- Урывский Л.А.** академик АН ПРЭ, профессор, д.т.н., зав. Кафедры телекоммуникационных систем Института телекоммуникационных систем Национального технического университета Украины «КПИ», г.Киев, Украина.

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРЕБОВАНИЙ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Стародубцев Н.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. ОПТ, тел. (057) 702-14-30,
E-mail: ortk@kture.kharkov.ua, факс. (057) 702-14-79

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.

Key words: a complex approach, through design, electromagnetic compatibility.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка новой компонентой баты, появление новых материалов и технологий производства, широкое распространение ЭВМ и специализированных САПР, активное внедрение новых подходов и методов проектирования – все это, с одной стороны, позволяет существенно повысить эффективность работ и получить принципиально новый уровень разработок, но, с другой стороны, предъявляет повышенные требования к применяемым организационно-техническим решениям. В части вопросов обеспечения требований ЭМС данная проблема стоит особенно остро, учитывая их прямую зависимость от быстродействия и сложности разрабатываемых РЭС, увеличения плотности компоновки и степени интеграции ИМС, применения «систем в корпусе» и «систем на кристалле».

Таким образом, актуальность темы заключается в необходимости разработки новых методов проектирования радиоэлектронных средств с учетом комплексного обеспечения требований электромагнитной совместимости. Одним из наиболее перспективных является сквозной подход к проектированию, включающий проведение организационно-технических мероприятий, анализ электромагнитных характеристик и синтез оптимальных технических решений на всех этапах разработки изделий.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРЕБОВАНИЙ ЭМС

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. В контексте обеспечения требований ЭМС данная задача должна начинаться со стадии концептуальной разработки устройства.

При комплексном подходе к проектированию, представленном на рис. 1, 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 [1].

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 оптимизированных технических решений [2]. 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 1 – 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 оптимизированного конструирования средств телекоммуникаций с учетом обеспечения требований ЭМС на всех этапах ЖЦ выдвинуты следующие ключевые принципы: многоэтапности; оптимальности способов; унификации моделей; комплексности методов; достаточной степени точности; адаптации.

ВЫВОДЫ

В работе сформулирована суть комплексного подхода к электромагнитному 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 оптимизированного 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. Arnold R. R. Electronic product trends drive new EMI/RFI shielding solutions. Interference Technology. 2003.
2. German F. Designing early for EMC. EDN, 2004, October 24. pp. 93-98.

Вторая международная научно-техническая конференция
Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей
связи

Алфавитный список

- | | | |
|-------------------------|----------------------------|------------------------|
| А | З | Р |
| Ali Salem Ali 15 | Зима И.И. 33 | Разумов-Фризюк Е.А. 80 |
| Ayumen M. Al-Dulaimi 7 | Зинченко М.В. 25 | Рожнова Т.Г. 84 |
| Ali Al-Ansari 99 | Зиньковский Ю.Ф. 25 | С |
| Ayumen M. Al-Dulaimi 99 | И | Сабрекова А. И. 40 |
| В | Иваненко С.А. 23 | Сабурова С.А. 87 |
| Bespalchuk B.I. 20 | К | Сакун О.А. 64 |
| Г | Кадацкая О.И. 87 | Сеилханов Р.Л. 75 |
| Fomovskyi F.V. 20 | Колесников А.Н. 36 | Сычёва О. В. 67 |
| Н | Кулиш С.Н. 71 | Стародубцев Н.Г. 102 |
| Hevar Adnan 11 | Куля Ю.Э. 93 | Т |
| Л | Курило Д. А. 40 | Теслюк С.И. 80 |
| Loshakov V.A. 11 | Л | Токарева О.В. 57 |
| М | Лега А.С. 47 | Токарь Л. А. 91 |
| Marchenko D. 11 | Лемешко А.В. 49 | Ф |
| Martynchuk A.A. 11 | Лебедев В.О. 43, 54 | Филипенко А.И. 29 |
| У | М | Филиппенко О.И. 93 |
| Yurko A.A. 20 | Макаров С.А. 43, 54 | Фомовська О.В. 64 |
| Б | Малик Б. О. 57 | Ш |
| Безрук В.М. 23 | Москалец Н.В. 91, 95 | Шостко И.С. 93 |
| Боцман А.С. 31 | Н | |
| В | Наритник Т.М. 61 | |
| Висоцький О.В. 54 | Нгугу Нкая Сети 73 | |
| Во Зуй Фук 25 | Нетикова Л. И. 91 | |
| Водолазский М.В. 36 | Никифоров В.В. 64 | |
| Г | Новоселов С. П. 40, 47, 67 | |
| Гарагуля А.В. 36 | О | |
| Грицан Ю.В. 75 | Олейник В.П. 71 | |
| Д | П | |
| Донсков А.Н. 29 | Павліченко О.А. 43 | |
| Е | Пастушенко Н.С. 73 | |
| Еременко А.С. 49 | Поздняк В.П. 54 | |
| Ж | Пономарева А.В. 75 | |
| Жарикова И.В. 31 | Поповский В.В. 95 | |
| Жирнов В.В. 33 | | |