

УДК 621.396 (075)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

Е. М. Виноградов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Рассматриваются методики оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, разработанные для использования радиочастотной службой Российской Федерации, и некоторые международные методики. Анализируются их возможности и области применимости.

электромагнитная совместимость, внеполосные излучения, побочные излучения, нелинейные эффекты, критерии ЭМС

Методики оценки электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС) используются радиочастотной службой при проведении экспертизы возможности использования заявленных РЭС и их ЭМС с действующими или планируемыми для использования РЭС, а также при разработке планов частотно-территориального размещения РЭС. Согласно [1] все расчеты должны выполняться по методикам, утвержденным Государственной комиссией по радиочастотам (ГКРЧ). Однако это требование выполняется не всегда. Филиалы Радиочастотной службы располагают методиками оценки ЭМС, имеющими программную реализацию, которые не утверждены ГКРЧ и которые использовались филиалами для анализа ЭМС при децентрализованном назначении частот. С тех пор, как вопросы назначения частот и анализа ЭМС были полностью переданы Главному радиочастотному центру (ГРЧЦ), эти программы используются для решения некоторых местных задач. К ним относятся: Система Управления Радио Спектром (СУРС) «Нева», пакет прикладных программ Проектирование и Анализ Радиосетей («ПИАР»), программно-методический комплекс (ПМК) «Эфир». Технические характеристики методик, заявляемые их разработчиками, представлены в таблице 1.

Более детальный анализ методик позволяет сказать следующее:

1. Не все методики решают задачи, сформулированные в строке Назначение, в заявленном диапазоне частот. Методика ПИАР использует эмпирические модели излучений передатчиков и восприимчивости побочных каналов приема радиоприемных устройств, представленные в [2] и основанные на измерениях параметров аппаратуры, диапазон рабочих частот которой не превышал 3ГГц. Учитывая частотную зависимость параметров предложенных моделей, можно говорить о том, что диапазон

частот, в котором выполняется оценка ЭМС РЭС и сетей связи, ограничен указанной частотой.

В то же время диапазон частот, в котором выполняются расчеты контуров напряженности электромагнитного поля и построение зон уверенного приема определяется диапазоном применимости используемых моделей распространения радиоволн.

ТАБЛИЦА 1. Характеристики методик СУРС «Нева», ПИАР, ПМК «Эфир»

№ п/п	Характеристики	Методики		
		СУРС «Нева»	ПИАР	ПМК «Эфир» (вер.4.0)
1.	Диапазон частот	30-1000 МГц	27-18000 МГц	27-30000 МГц
2.	Назначение	Оценка ЭМС РЭС и сетей связи	1. Отображение картографической информации. 2. Расчет и отображение на карте контуров напряженности электромагнитного поля. 3. Построение зон уверенного приема. 4. Оценка ЭМС РЭС и сетей связи.	
3.	Виды анализируемых помех и путей их воздействия на прием полезного сигнала	1. Помехи по основному каналу приема (ОКП), создаваемые основным и внеполосными излучениями передатчиков.	1. Помехи по ОКП, создаваемые основным, внеполосными и побочными излучениями передатчиков (до 10-ой гармоники и две субгармоники).	1. Помехи по ОКП, создаваемые основным излучением передатчиков
		2. Помехи по ОКП, создаваемые ограниченным числом гармоник передатчиков (от 3 до 5 в зависимости от мощности передатчика).	2. Помехи по побочным каналам приема (ПКП) (до 10-ой гармоники гетеродина и канал промежуточной частоты (ПЧ))	
		3. Интермодуляция 3-го порядка в приемнике.	3. Интермодуляция 3-го и 5-го порядков в приемнике	
		4. Блокирование приемника		
4.	Используемая ГИС (геоинформационная система)	Отсутствует	1. Растровая ГИС собственной разработки. 2. Возможность экспорта проекта в ГИС MapInfo	ГИС АС РК «Панорама»
5.	Модели распространения радиоволн	Модель Лустгартена -Медисона	Рекомендации МСЭ Р.370, Р.526, Р.676, Р.834, Р.833 Разработки НИИР	Рекомендации МСЭ Р.1546, Р.526, Р.676, Р.833, Р.1411

№ п/п	Характеристики	Методики		
		СУРС «Нева»	ПИАР	ПМК «Эфир» (вер.4.0)
6.	Критерии оценки ЭМС	1. Защитное отношение. 2. Допустимое отношение сигнал/шум на выходе приемника (при блокировании) 3. Превышение интермодуляционной помехой чувствительности приемника.	Оценка снижения реальной чувствительности приемника для каждого вида помех	Защитное отношение
7.	Представление результатов	Таблицы, характеризующие несовместимые РЭС по каждому анализируемому эффекту с указанием отклонения от принятого порогового значения.	Таблицы по приемникам и передатчикам с указанием вида помехи и величины снижения реальной чувствительности приемника	Информация о нарушении защитного отношения

2. Анализ помех только по ОКП в СУРС «Нева» и ПМК «Эфир» может привести к пропуску источников помех при анализе межсистемной ЭМС.

3. В программе ПИАР в качестве оценки влияния помех на прием полезного сигнала используется снижение реальной чувствительности приемника при действии помехи. При этом реальная чувствительность приемника определяется как уровень входного сигнала, при котором на входе детектора мощность сигнала равна мощности шума, которая определяется внутренними и внешними индустриальными шумами. Однако снижение реальной чувствительности приемника, определенной таким образом, не позволяет оценить изменение качества приема полезного сигнала и, следовательно, принять решение о наличии или отсутствии ЭМС.

4. При анализе нелинейных эффектов методики СУРС «Нева» и ПИАР требуют ввода специфических параметров, которые отсутствуют в технических спецификациях приемников. В таких случаях приходится использовать параметры, установленные в программах «по умолчанию», или параметры «наихудшего приемника», полученные по результатам ограниченного объема натурных измерений.

5. Все методики анализа ЭМС, представленные в табл.1, не отражают принципов функционирования современных сетей подвижной связи с управлением мощностью абонентских и/или базовых станций.

6. Выполняемые расчеты ориентированы на использование параметров, характерных для аналоговых средств.

Методики, представленные в табл. 1, могут быть использованы для оценки ЭМС стационарных аналоговых РЭС и сетей связи, в которых отсутствуют элементы управления параметрами сигналов. Методики ПИАР и «Эфир» могут быть использованы для оценки областей обслуживания РЭС и значений напряженности поля в интересующих географических точках при решении задач частотно-территориального планирования сетей связи, не связанных с управлением мощностью базовых станций.

В настоящее время ГРЧЦ и некоторые филиалы Радиочастотной службы используют программные средства, разработанные компанией LStelcom. В число этих средств входит модуль SPECTRAemc, предназначенный для анализа ЭМС. Модуль реализует детерминистскую методику оценки ЭМС и решает следующие задачи:

- отображение выбранных РЭС на цифровой карте и оценку топографических характеристик объектов;
- расчет напряженности поля в точке или области;
- расчет контуров постоянной напряженности поля или постоянного отношения сигнал (несущая)/помеха;
- расчет интермодуляции (двух и трехсигнальной вплоть до пятого порядка). Оценка интермодуляции основана на значениях прогнозируемой напряженности поля и частоты;
- оценку ЭМС на основе анализа отношения сигнал/помеха и сравнения с защитным отношением. Методика оценки ЭМС рассматривает только основные излучения передатчиков и основные каналы приема радиоприемников. Оценка влияния помехи происходит, только если ее спектр (маска спектра) перекрывается с полосой пропускания приемника (жертвы);
- оценку необходимости координации частотных присвоений;
- отчет о результатах расчета, используя стандартные шаблоны.

В методике не рассматриваются ПКП приемников и эффект блокирования полезного сигнала мощной помехой. Методика не учитывает управление параметрами сигналов, характерное для сетей мобильной связи.

На основании идей, представленных в [3, 4], НИИР были предложены и утверждены ГРЧЦ несколько методик анализа ЭМС, использующих имитационное статистическое моделирование работы исследуемых систем [5–7]. Основные характеристики этих методик:

1. Оценка ЭМС выполняется на основе имитационного моделирования методом Монте-Карло.

2. Источники исходных данных: карточки по форме №1 ГКРЧ, карточки по форме ИД-РС и ИД-ФС, Стандарты ETSI на технические характеристики соответствующего оборудования.

3. Используются данные о рельефе местности.

4. Виды рассматриваемых помех:

- помехи от основного, внеполосного, побочного (на гармониках) и шумового излучений по ОКП;

- помехи от основного и внеполосного излучений по зеркальному каналу приема.

5. Не рассматриваются:

- помехи по ПКП (кроме зеркального);

- нелинейные эффекты в приемнике;

6. Для оценки потерь на трассах распространения используются: модифицированная модель Хата, МСЭ Рек. 1546, методика НИИР.

7. Учитывается наличие динамического регулирования мощности абонентских и/или базовых станций.

Основным недостатком этих методик является отсутствие их программной реализации.

Отметим также, что на сегодняшний день ГКРЧ утвердил ряд специализированных детерминистских методик, разработанных НИИР [8, 9] и ЛОНИИР [10]. Методики предлагают процедуры расчетов, но также не имеют программной реализации.

Список используемых источников

1. Порядок проведения экспертизы возможности использования заявленных радиоэлектронных средств и их электромагнитной совместимости с действующими или планируемыми для использования радиоэлектронными средствами, рассмотрения материалов и принятия решений о присвоении (назначении) радиочастот или радиочастотных каналов в пределах выделенных полос радиочастот.– Решение ГКРЧ от 20.12.2011г. №11-13-02.

2. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. Составитель Д.Р.Ж. Уайт. Джермантаун, Мериленд, 1971–1973. Вып. 1. Общие вопросы ЭМС. Межсистемные помехи. Сокращ. пер. с англ. Под ред. А.И. Сапгира. Послесловие и комментарии А.Д. Князева. М.: «Сов. радио», 1977

3. ERC Report 68. Monte-Carlo simulation methodology for the use in sharing and compatibility studies between different radio services or systems. Naples, February 2000, revised in Regensburg, May 2001 and Baden, June 2002

4. SEAMCAT. User manual. European Radiocommunications Office, February, 2004.

5. Методика расчета ЭМС РРЛ прямой видимости с наземными РЭС гражданского назначения в полосах частот выше 1 ГГц.– Решение ГКРЧ от 24.10.2005 (протокол № 05-09).

6. Методика расчета ЭМС систем абонентского радиодоступа и беспроводной передачи данных с другими РЭС гражданского применения на территории Российской

Федерации, работающих в общих полосах частот в диапазоне от 1 ГГц до 30 ГГц.– Решение ГКРЧ от 24.10.2005 (протокол № 05-09)

7. Методика расчета ЭМС основных типов (групп) РЭС систем СПС с другими типами (группами) РЭС гражданского назначения, работающих в общих полосах частот в диапазонах 160 МГц, 450 МГц, 900 МГц и 2 ГГц.– Решение ГКРЧ от 24.10.2005 (протокол № 05-09).

8. Методика расчета электромагнитной совместимости между радиоэлектронными средствами сетей беспроводного доступа и земными станциями спутниковой службы гражданского применения в полосе частот 3400–4200 МГц.– Решение ГКРЧ от 24.10.2005 (протокол № 05-09).

9. Методика оценки электромагнитной совместимости и условий совместного использования РЭС цифрового ТВ с РЭС аналогового ТВ и РЭС других радиослужб. – Решение ГКРЧ от 20 января 2009 г. № 09-01-0

10. Методика расчета электромагнитной совместимости земных станций фиксированной спутниковой службы и радиорелейных станций фиксированной службы гражданского назначения в полосах частот совместного использования от 1 ГГц до 40 ГГц.– Решение ГКРЧ от 26.09.2005 (протокол № 05-08).