

МЕТОДЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ЭМС РЭС

Николаев И.М.¹, Загора А.В.¹, Зверев В.П.²

¹Харьковский национальный технический университет радиоэлектроники,
61166, г. Харьков, пр. Ленина, 14,
т. (057) 702-11-38, E-mail: monitoring@kture.kharkov.ua

²Национальная комиссия по вопросам регулирования связи, 01001, г. Киев,
ул. Крещатик, 22,
т. (044) 278-97-94, E-mail: zvp@nkrz.gov.ua

Basic results of creation of a software for estimation of the electromagnetic compatibility (EMC) in the groups of radio-electronic vehicles (REV) operating in various frequency range are reduced. Created software provides the EMC estimation for different conditions of REV receiver and transmitter functioning and for different parameters of antenna-feeder pathes.

Введение. Лабораторией "Радиомониторинга и обработки радиотехнической информации" Харьковского национального университета радиоэлектроники проводится работы по созданию расчетной методики и программного обеспечения для оперативного определения электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС) в группировках РЭС [1]. ЭМС РЭС является составной частью задачи частотного планирования и присвоения частот радиосредствам. Анализ ЭМС позволяет выявить потенциально возможные источники помех для новых РЭС, вводимых в эксплуатацию системы, а также определить РЭС, для которых вводимые средства в определенных условиях могут явиться источником помех. В связи с ростом числа РЭС и повышением требований к обеспечению их совместного использования в плотных группировках задача оперативной оценки и анализа условий ЭМС РЭС является актуальной.

Целью доклада является изложение результатов систематизации методов и направлений программной реализации расчетных методик оценки ЭМС РЭС и разработки информационно-расчетной системы (ИРС) оценки ЭМС в группировке РЭС, работающих в различных частотных диапазонах.

Основная часть. ИРС предназначена для повышения эффективности информационного обеспечения органов радиочастотного мониторинга путем автоматизации расчетных процессов по оценке ЭМС в группировках РЭС. Для достижения этой цели ИРС должна обеспечивать:

- расчет параметров ЭМС в группировках РЭС разного состава: пара РЭС, несколько единиц РЭС, несколько сотен РЭС, а также проверка ЭМС анализируемого передатчика (приемника) с группировкой РЭС при работе передатчика (приемника) на одной заданной частоте;

- поиск помех на основных рабочих частотах передатчиков/приемников, на комбинационных и интермодуляционных частотах, а также помех блокирования;

- оценку условий ЭМС в диапазоне частот от 30 МГц до 30 ГГц при расстояниях между РЭС от 1 до 500 км и времени воздействия помехи от 1 до 50%;

- разработку рекомендаций по частотному и/или территориальному (пространственному) разнесу потенциально несовместимых РЭС, изменению параметров функционирования РЭС с целью приведения ЭМС группировки в требуемое состояние.

Существенным отличием разрабатываемой ИРС является учет особенностей рельефа на основе использования цифровых карт местности, что позволяет проводить расчеты энергетических показателей с учетом особенностей трассы распространения радиоволн (РРВ) и конкретного рельефа местности на трассах РРВ и в районах расположения РЭС.

Возможности, заложенные в разрабатываемую ИРС, позволяют производить:

- визуальный анализ на экране монитора особенностей местности и конфигурации локальной группировки в районе возможного расположения вновь вводимого РЭС;

- визуальный анализ на экране монитора особенностей рельефа трассы распространения радиоволн (РРВ) между двумя выбранными точками;
- расчет ЭМС группировки РЭС в автоматизированном или в ручном режиме;
- просмотр и редактирование параметров базы данных РЭС группировки;
- запоминание текущего изображения карты и рельефа местности в графическом формате, а результатов расчетов по несовместимым РЭС – в текстовом файле.

В основу алгоритма функционирования ИРС положены энергетический, временной, частотный и пространственный критерии ЭМС РЭС.

В соответствии с энергетическим критерием решения об ЭМС излучателей и приемников электромагнитной энергии принимаются на основе расчета мощностей полезных и помеховых сигналов на входе приемников – возможных рецепторов помех [2] (с учетом ряда параметров РЭС и тракта распространения радиоволн) и расчета отношения сигнал/помеха, значение которого сравнивается с заданным порогом:

$$P_3[\text{дБВт}] = P_T + G_T + G_R + G_T(\alpha, \beta) + G_R(\alpha, \beta) + \eta_T + \eta_R + K_{\text{ЧИ}} + V_{\text{ТР}} + V_{\text{СП}},$$

где P_T – мощность передатчика помех, дБ Вт; $G_T \geq 0$ – коэффициент усиления антенны приемника, дБ; $G_R \geq 0$ – коэффициент усиления антенны передатчика, дБ; $G_T(\alpha, \beta) \leq 0$ – значение нормированной диаграммы направленности антенны (ДНА) передатчика в направлении на приемник, дБ; $G_R(\alpha, \beta) \leq 0$ – значение нормированной ДНА приемника в направлении на передатчик, дБ; $\eta_T < 0$ – коэффициент потери мощности сигнала в тракте передатчика РЭС от выходного усилителя мощности до входа передающей антенны, дБ; $\eta_R < 0$ – коэффициент потери мощности сигнала в тракте приемника РЭС от выхода приемной антенны до входа приемника, дБ; $K_{\text{ЧИ}} \leq 1$ – коэффициент частотной избирательности приемника, определяемый для рассматриваемой пары "передатчик-приемник", дБ; $V_{\text{ТР}} \leq 0$ – коэффициент, который учитывает дополнительные потери на трассе распространения радиоволн (РРВ) за исключением потерь в свободном пространстве, дБ; $V_{\text{СП}} = 20 \lg \frac{\lambda}{4\pi D}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в свободном пространстве и преобразование ЭМВ в антенном устройстве приемника, дБ,

При использовании большого перечня параметров, характеризующих РЭС и трассу РРВ, время проведения расчетов с использованием энергетического критерия может быть очень большим. Для уменьшения времени расчетов используются вспомогательные (временной, частотный и пространственный) критерии, требующие учета меньшего количества признаков. Объединение энергетического и вспомогательных критериев позволяет создать более производительную расчетную систему оценки ЭМС, обеспечивающую высокую достоверность принимаемых решений.

Достоверность прогнозов состояния ЭМС РЭС определяется полнотой учета условий формирования и приема сигналов. Поэтому при создании ИРС большое внимание уделялось учету факторов, влияющих на параметры формируемой помехи, как в тракте передатчика, так и в приемном устройстве. В частности, расчет частотных каналов излучения/приема в ИРС производится в полосе частот, намного превышающей ширину рабочей полосы частот радиоизлучений передатчика или приема сигналов для приемного устройства, что позволяет учесть в расчетах внеполосные каналы формирования/приема помех. При этом в основной и соседних полосах частот мощность помехи рассчитывается путем использования масок радиоизлучения/приема, задаваемых индивидуально для каждого передатчика/приемника радиосигналов.

Наибольшую сложность в процессе расчетов представляет учет факторов, определяющих потери мощности полезных и помеховых сигналов в трактах и в атмосфере на трассах РРВ. К ним относятся эффекты распространения РРВ в тропосфере для случаев чистой и загрязненной атмосферы, эффекты, обусловленные подстилающей поверхностью и препятствиями на пути волны, эффекты распространения РРВ в ионосфере. Учет указанных эффектов в расчетных методиках ЭМС производится с использованием ряда моделей (механизмов) распространения помех и сигналов. К ним относятся механизмы

распространения двух типов: а) стабильные (долговременные) и б) нестабильные (кратковременные). К механизмам распространения первого типа относятся: прямая видимость (для условий нормальной хорошо перемешанной атмосферы); дифракция – при высоких уровнях сигналов (над гладкой поверхностью Земли и препятствиями); тропосферное рассеяние (для трасс РРВ протяженностью более 100 км), а к механизмам второго типа – поверхностные волноводы (над водой и плоскими прибрежными зонами; при этом сигнал может превышать уровень сигнала в свободном пространстве); отражение/рефракция от приподнятого слоя (до 250-300 км); рассеяние в гидрометеорах. В процессе разработки ИРС оценки ЭМС РЭС использовались модели РРВ, разработанные Международным союзом электросвязи (МСЭ), приведенные в рекомендациях МСЭ-Р P.1546, P.452 и P.525, а также соглашение между европейскими администрациями связи "Вена-99".

ИРС оценки ЭМС РЭС содержит мультитабличную БД параметров РЭС, БД картографической информации, подсистему принятия решения, подсистему отображения и управления графическим интерфейсом, подсистему управления параметрами автоматизированного расчета и графической подсистемой, информационно-справочную подсистему, подсистему документирования результатов расчетов ЭМС и картографической информации.

Программный интерфейс ИРС позволяет оперативно изменять параметры моделирования, состав РЭС и режимы их функционирования, а также варианты размещения РЭС (антенных постов). Интерфейс системы позволяет организовать работу в многооконном режиме с одновременным выполнением нескольких задач. Отображение результатов расчетов осуществляется визуально – на плане местности, а также в виде сокращенного сообщения или развернутого формуляра несовместимых пар РЭС (если такие обнаружены). Развернутый формуляр обеспечивает возможность анализа текущих данных расчета ЭМС с определением причин несовместимости РЭС, каналов возникновения помехи и соответствующих путей ее устранения (рис. 1).

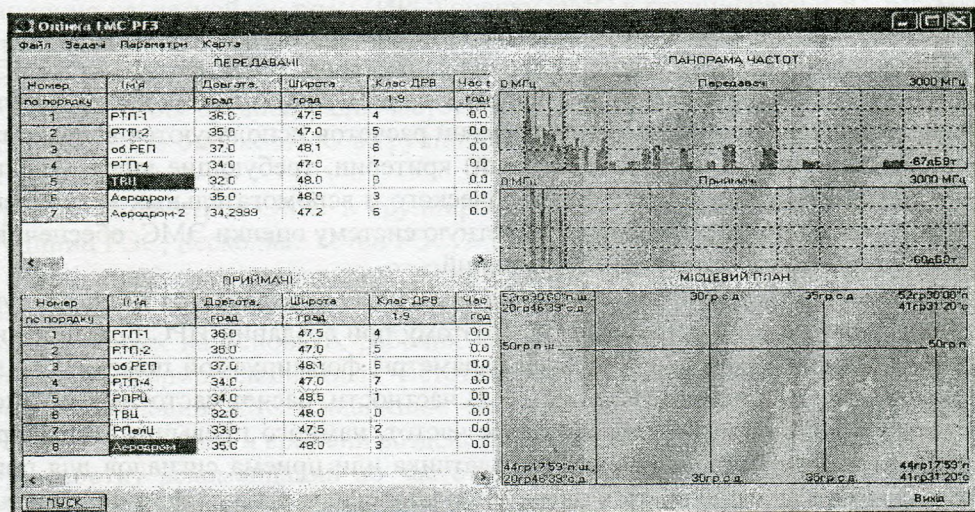


Рис. 1.

БД параметров РЭС реализована на основе СУБД PostgreSQL и включает в себя три взаимосвязанные таблицы: "Общие параметры РЭС", "Параметры передатчиков РЭС", "Параметры приемников РЭС". БД картографической информации включает две векторную и точечную карты, которые покрывают всю территорию Украины. Точечная карта имеет шаг дискретизации 50 м.

В ИРС используются два основных режима функционирования: "Автоматизированный" и "Ручной", а также вспомогательный режим "Тест-контроль".

С помощью подсистемы управления параметрами автоматизированного расчета параметры алгоритма могут изменяться в достаточно широких пределах, что позволяет осуществлять настройку ИРС под конкретную задачу.

Програмное обеспечение (ПО) ИРС оценки ЭМС РЭС позволяет:

- оценить эффективность использования и степень загрузки РЧС;
- определить ограничения на использование и регион расположения РЭС, а также оценить минимально-необходимый РЧР при различных вариантах размещения РЭС;
- определить возможные каналы действия помех на радиоприемные устройства анализируемых РЭС и уровни помех на входе радиоприемных устройств РЭС по основным и побочным каналам, включая эффекты интермодуляции и блокировки полезного сигнала в приемнике или передатчике;
- составить список потенциально несовместимых пар РЭС с указанием параметров помеховых сигналов.

ПО ИРС построено по модульному принципу, что позволяет наращивать его возможности по выполнению новых расчетных задачи путем добавления соответствующих программных модулей. Разработанное ПО оценки ЭМС РЭС может использоваться в научно-исследовательских и экспертно-аналитических целях.

Программный комплекс разработан для применения на персональных ЭВМ класса IBM PC в графической среде Windows. Основные требования к аппаратным средствам моделирования: локальная ПЕОМ типа IBM PC Pentium III, тактовая частота процессора от 2,3 ГГц, объем ОЗУ – от 256 Мбайт, объем свободного пространства на винчестере - не менее 1.3 Гбт (без учета объема БД РЭС), монитор SVGA с объемом видеопамати от 64 Мбайт (минимальное разрешение - 800×600), манипулятор „мышь”. Операционная система Windows 98/Me/XP.

Дальнейшее совершенствование разработанного ПО оценки ЭМС РЭС предполагается осуществлять в следующих направлениях [3]:

- автоматизация задач выбора новых частот РЭС в существующей группировке, анализа ЭМС подвижных РЭС и др.;
- расширение математического аппарата описаний и расчетов частотных масок передатчиков и приемников в узкой и широкой полосах частот радиоизлучений;
- учет влияния множественной помехи на приемные тракты группировки РЭС;
- расширение диапазона частот учитываемых помеховых сигналов до 18-40 ГГц.

Выводы. Разработанное ПО ИРС обеспечивает оценку ЭМС с учетом количества и конфигурации группировки РЭС и для разных значений параметров излучений, параметров приемников, передатчиков и параметров антенно-фидерных трактов анализируемых РЭС. ИРС оценки ЭМС может быть использована для определения потенциально несовместимых РЭС в группировке, оптимального распределения рабочих частот РЭС, разработке рекомендаций относительно изменения позиций или параметров функционирования РЭС или их частотного разноса.

Литература:

1. Калюжный Н.М., Николаев И.М., Смилык В.И, Семенкевич Л.Л. Информационно-расчетная система планирования мероприятий и решения задач по обеспечению электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств // 2-й Международный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2005. Сборник научных трудов. Том III. Международная конференция «Электромагнитная совместимость и живучесть». – Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, 2005. -С. 308-311.
2. Феоклисов Ю.А. Теория и методы электромагнитной совместимости радиоэлектронных систем. М.:Радио и связь, 1986. – 216 с.
3. Калюжный Н.М., Загора А.В., Николаев И.М. Разработка программного обеспечения оценки электромагнитной совместимости в группировках радиоэлектронных средств, работающих в различных частотных диапазонах.//Материалы V МНПК "Актуальные вопросы и организационно-правовые основы сотрудничества Украины и КНР в сфере высоких технологий". Киев, 2008. - С.101-105.