

зультатов вычислений (частотная зависимость ЭЭ в виде двухмерного или трехмерного (при изменении точки наблюдения на заданном интервале) изображения, цветовая гамма, резонансные частоты). Язык интерфейса программного модуля может быть изменен в разделе *Настройки*.

Таким образом, в ходе работы освещены особенности реализации программного модуля оценки ЭЭ корпусом с апертурой, который позволяет анализировать частотные зависимости ЭЭ на заданном интервале точек наблюдения при предварительной его оценке. В дальнейшем предполагается интеграция разработанного модуля в систему моделирования ЭМС TALGAT.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI57417 X0172.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комнатнов М.Е. Анализ эффективности экранирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата и создание устройств для испытаний на электромагнитную совместимость: дис. ... канд. техн. наук. – Томск: ТУСУР, 2016. – 216 с.
2. Po'ad F.A. Analytical and experimental study of the shielding effectiveness of a metallic enclosure with off-centered apertures / F.A. Po'ad, M.M.Z. Jenu, C. Christopoulos, D.W.P. Thomas // 17th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility. – Zurich, Switzerland, 2006. – P. 618–621.
3. Shi D. Shielding analysis of enclosure with aperture irradiated by plane wave with arbitrary incident angle and polarization direction / D. Shi, Y. Shen, F. Ruan, Z. Wei, Y. Gao // IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility. – Qingdao, China, 2008. – P. 361–364.
4. Сайт инструментария Qt [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.qt.io/>, свободный (дата обращения: 14.02.2018).
5. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений. – М.: Вильямс, 2006. – 544 с.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ПОМЕХОВЫХ СИГНАЛОВ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

А.А. Квасников, магистрант

*Научный руководитель С.П. Куксенко, доцент каф. ТУ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, aleksejkvasnikov@gmail.com*

Оценка уязвимости радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) к преднамеренным электромагнитным помехам играет важную роль на ранних стадиях проектирования РЭА. Задача обеспечения электромаг-

нитной совместимости зачастую связана с дорогостоящими и длительными испытаниями. Так, использование специализированного программного обеспечения (ПО), позволяющего моделировать потенциально опасное воздействие генераторов, а также вычислять нормы восприимчивости оборудования, снижает риск возникновения подобных проблем.

Цель работы – освещение результатов разработки базы данных оцифрованных помеховых сигналов и соответствующего математического аппарата вычисления норм восприимчивости для систем моделирования задач электромагнитной совместимости.

Как было отмечено ранее, при проектировании РЭА важен учет возможного влияния помеховых сигналов на работу аппаратуры. Различают два вида помех: естественные – помехи природного происхождения и искусственные – помехи, образованные устройствами, излучающими электромагнитные колебания. Искусственные помехи в свою очередь разделяются на непреднамеренные и преднамеренные. При разработке базы данных использованы оцифрованные сигналы, полученные из публично зарегистрированных генераторов высоковольтных импульсов и мощных электромагнитных излучателей, которые могут быть рассмотрены как потенциальные источники преднамеренных электромагнитных воздействий [1]. Для анализа сигналов целесообразно применять N -нормы [2].

N -нормы являются параметрами, используемыми для характеристики сигнала во временной области и определения предела восприимчивости оборудования. Расчет N -норм основан на применении математических операторов ко всей форме сигнала. Краткое описание норм с указанием того, почему норма представляет интерес, представлено в таблице.

В результате разработана база данных, содержащая 11 сигналов (BAE-NLTL, GaAs, RADAN303B, STUN GUN и др.), возможность их редактирования и методы вычисления 5 N -норм. При реализации функционала базы данных использованы язык C++ и возможности платформы Qt. Графический интерфейс взаимодействия с базой данных разработан с применением технологии (Qt Quick), особенностью которой является разделение способа описания дизайна интерфейса и логики программирования [3]. Реализована функция численного интегрирования методом трапеций. Графический интерфейс окна, содержащего функционал вычисления N -норм (рис. 1), разработан на языке QML с использованием: библиотеки для написания QML-приложений (QtQuick), модуля с набором элементов управления для графической оболочки (QtQuick.Controls). По нажатию на кнопки « N_1 – N_5 » производится расчет значений норм, а полученные значения

отображаются в специальный графический элемент. Функциональной особенностью данной разработки является процесс разбора массива входных строк из исходных файлов, и последующее преобразование их в структуры данных, пригодные для графического отображения.

N-нормы, используемые для мощных переходных сигналов

Норма	Название	Применение
$N_1 = R(t) _{\max}$	Пиковое (абсолютное) значение	Сбой схемы / электрический пробой / дуговые эффекты
$N_2 = \left \frac{\partial R(t)}{\partial t} \right _{\max}$	Пиковая (абсолютная) производная	Искрение компонента / сбой схемы
$N_3 = \left \int_0^t R(t) dt \right _{\max}$	Пиковый (абсолютный) импульс	Диэлектрический пробой (если R обозначает поле E)
$N_4 = \int_0^{\infty} R(t) dt$	Выпрямленный общий импульс	Повреждение оборудования
$N_5 = \left\{ \int_0^{\infty} R(t) ^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}}$	Квадратный корень интеграла действия	Выгорание компонента

Для апробации полученных результатов разработанный функционал был интегрирован в систему TALGAT. На рис. 2, *a* приведен пример работы разработанного функционала, на примере анализа простой печатной структуры. Так, получены соответствующие графики временного отклика и значения норм.

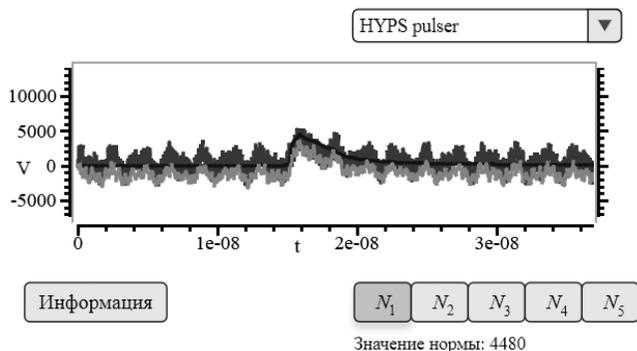


Рис. 1. Графический интерфейс модуля базы данных

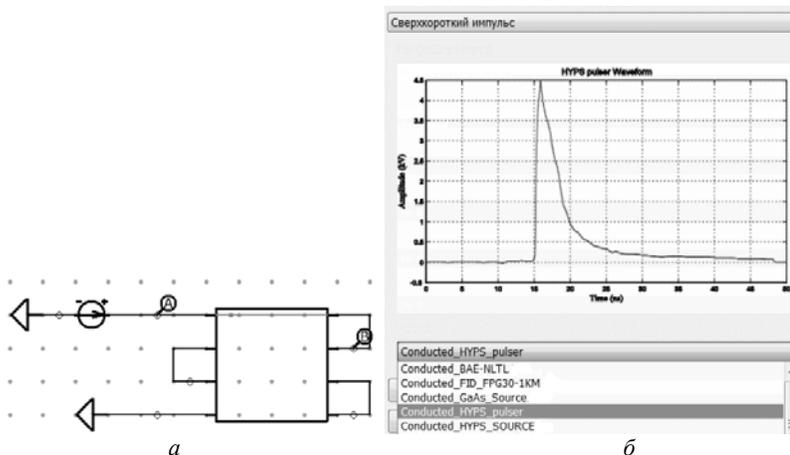


Рис. 2. Принципиальная схема в системе TALGAT (а), диалоговое меню выбора источника напряжения (б)

В процессе загрузки сигнала в соответствующий элемент в редакторе принципиальных схем реализован выбор необходимого сигнала из выпадающего списка. Для просмотра доступно предварительное изображение формы сигнала (рис. 2, б). Библиотека сигналов доступна для редактирования и хранится в виде файлов специального формата «.tsgl».

Таким образом, разработана база данных оцифрованных помеховых сигналов и соответствующий математический аппарат, позволяющие разработчикам за короткое время протестировать схему на предмет восприимчивости к потенциально опасным воздействиям.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI57417 X0172.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mora N. Study and classification of potential IEMI sources / N. Mora, F. Vega, G. Lugin, F. Rachidi, M. Rubinstein // System and assessment notes. – Note 41. – July 8, 2014.
2. Baum С.Е. Norms and Eigenvector norms // Mathematics Notes. – 1979. – Vol. 63.
3. Сайт инструментария Qt [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.qt.io/>, свободный (дата обращения: 12.02.2018).