

УДК 004.891+629.7.01

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КРИТИЧЕСКОГО БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ К ЭМИ НА ЭТАПЕ ОКР

© 2014 Е.Ю. Петряков

Ульяновский филиал КБ ОАО «Гуполев»

Поступила в редакцию 08.09.2014

В статье рассмотрено применение виртуального метода анализа электромагнитной совместимости при проведении ОКР самолета Ту-204. Рассмотрена концепция разработки БКС в рамках полного цикла ОКР самолёта. Приведен пример виртуального моделирования воздействия электромагнитных полей высокой интенсивности в соответствии с КТ-160D на участок электрожгута.

Ключевые слова: *электромагнитная совместимость, виртуальное моделирование, самолет, защита*

В настоящее время при разработке и создании летательного аппарата большая часть функций управления самолетом автоматизируется и, соответственно, возрастает объем внедрения в авиационные системы цифрового электронного оборудования, работа которого напрямую связана с электромагнитной совместимостью (ЭМС) технических средств (ТС) на борту и стойкостью к ЭМИ природного (молнии, солнечная активность) и техногенного характера (радиолокационные станции, промышленные объекты). Актуальность защиты самолёта от ЭМИ растёт в связи со следующими фактами:

- уменьшаются уровни, токов и напряжений, номинально действующих в самолётных цепях как следствие микроминиатюризации и функциональной интеграции самолётного оборудования;

- увеличивается ширина спектра рабочих частот токов, протекающих в самолётных электроцепях как следствие роста объёма и скорости обмена информации между различными функциональными группами бортового оборудования;

- увеличивается доля неметаллических материалов в конструкции самолёта как средство для снижения его массы и повышения технологичности;

- большая плотность размещения мощных источников и потребителей электрической энергии в малом объеме, исключая естественное ослабление плотности ЭМИ за счет удаления его источника;

- жесткие требования по ограничению массы электромагнитных экранов и защитных устройств, ограничивающих уровень электромагнитных наводок в бортовых электрических цепях.

Для безопасной эксплуатации ЛА необходимо, чтобы ТС функционировали удовлетворительно в окружающей электромагнитной обстановке, при этом, не создавая недопустимых электромагнитных помех для работы других ТС. Небольшие габариты ЛА и большой объём установленной авионики усложняет задачу многократно и актуальность решения ЭМС выходит на первый план.

Разработка бортовой кабельной сети ЛА, устойчивой к ЭМИ. Решение основной задачи обеспечения устойчивости критических функций бортового оборудования первой категории к ЭМИ достигается выполнением НТД по проектированию бортовой кабельной сети (БКС) и ПКИ. Так как оборудование и готовые системы ограничиваются локальными испытаниями (по КТ-160D), сертифицируются отдельно от самолета, то возникает проблема устойчивости их работы совместно с БКС самолёта.

На этапе ОКР, согласно АП-25, оценивается устойчивость критических функций оборудования самолёта к воздействию ЭМИ. Требуется доказать устойчивость к двум классам ЭМИ (воздействие атмосферного электричества, в первую очередь, разрядов молнии в землю и межоблачных, возможность целенаправленного воздействия локализованного ЭМИ на ЛА с целью его повреждения или уничтожения) и электромагнитного поля высокой интенсивности (HIRF) (большая плотность размещения мощных источников и потребителей электрической энергии

*Петряков Евгений Юрьевич, инженер-конструктор.
E-mail: ehix@narod.ru*

в малом объеме). Согласно требований п. 25.1316 АП-25 к защите от воздействия молний (прямому и непрямоу), каждая электрическая или электронная система, нарушение которой может воспрепятствовать безопасному продолжению полета и совершению посадки самолета, должна быть сконструирована и установлена таким образом, чтобы при воздействии и после воздействия молний на самолет она функционировала нормально.

Организация полномасштабных испытаний, всего готового самолета, необходима для обеспечения надежного функционирования ЛА в присутствии мощных источников электромаг-

нитных помех. Проблема таких испытаний связана:

- с принципиально более жесткими требованиями к источникам излучения и генераторам испытательного импульсного тока. Следует указать, что при заданной крутизне фронта токового импульса рабочее напряжение источника приблизительно пропорционально длине испытываемого элемента. Так, для фюзеляжа ЛА длиной ~ 50 м напряжение источника должно быть в пределах 2000 кВ, если требуется обеспечить крутизну фронта тока на уровне 5×10^{10} А/с (средняя по мощности молния);

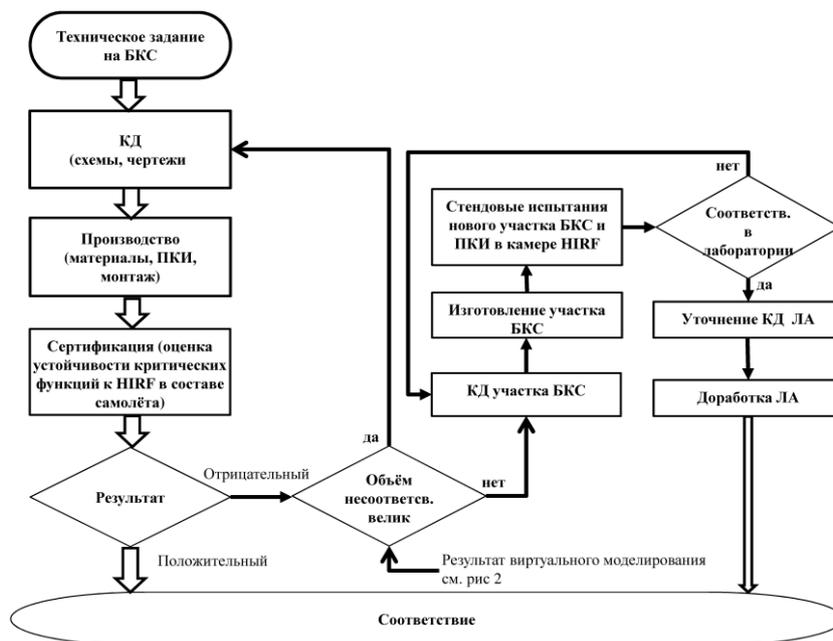


Рис. 1. Алгоритм обеспечения соответствия ЛА

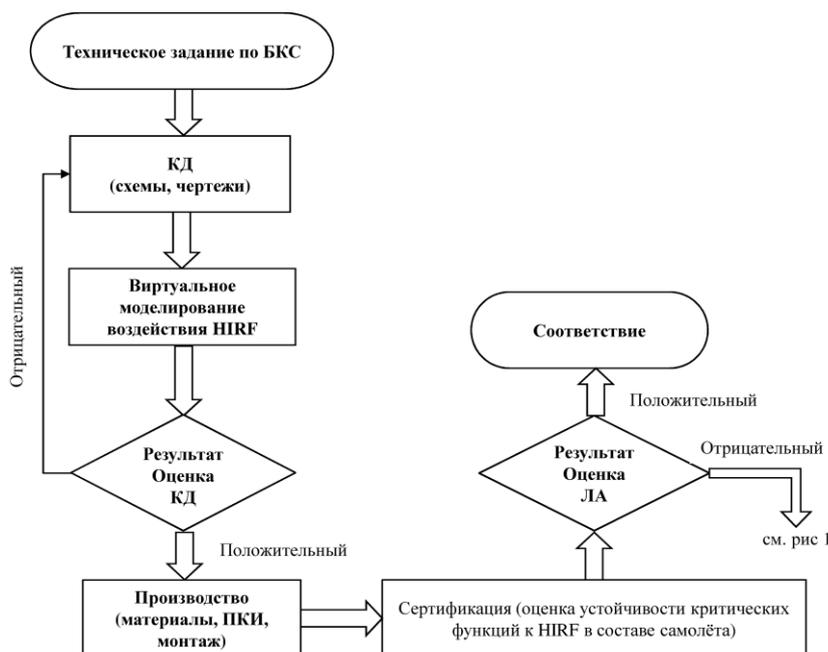


Рис. 2. Концепция виртуального цикла ОКР

- с исключительно широким частотным диапазоном возможных электромагнитных воздействий испытаний на ЭМС готового изделия;

- с длительными сроками и высокой стоимостью, что влечет к удорожанию всего ОКР ЛА.

Переход к виртуальному проектированию и разработке БКС ЛА. Развитие и накопление математического аппарата (модели, функции взаимодействия, параметризация среды) и специальной вычислительной программной системы (HIRF-SE), позволяют охватить весь ОКР по защите от ЭМИ оборудование самолета.

Достижимые цели данной методики:

- Сокращение времени на ОКР ЛА. Оценка в виртуальной среде моделей реального монтажа увеличивает вероятность (в пределах гарантирует) положительной оценки при сертификации, тем самым исключаются многократные доработки борта ЛА связанные с требованиями КТ-160.

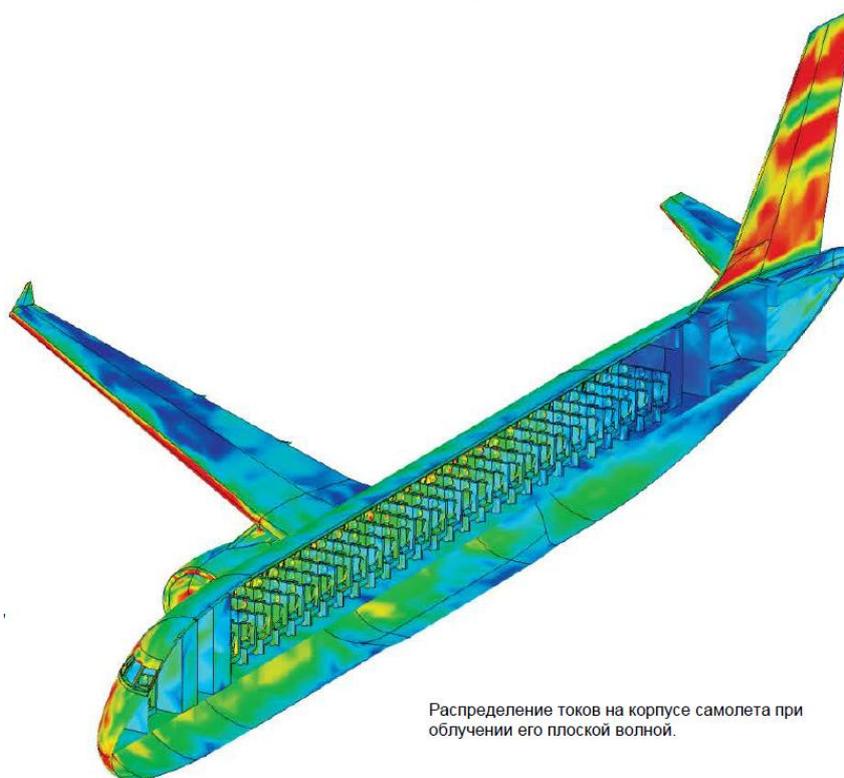
- Снижение затрат на ОКР ЛА. Так как все уточнения монтажа по результатам виртуальной «сертификации» происходят только в моделях и в уточнениях КД, отсутствуют дорогостоящие доработки уже изготовленного самолета.

- Сокращение сроков сертификации.

Создание инструмента виртуального моделирования, который делает практически невероятным событие “Отрицательный” на рис. 2.

Расчетная модель с соответствующим программным обеспечением, численные эксперименты на которой позволяют:

- выделить для последующего детального анализа наиболее опасные источники и зоны возбуждения электромагнитных помех (рис. 3);
- оценить на этапе разработки самолета достаточность предпринятых мер защиты от ЭМИ;
- подтвердить частично или полностью соответствие конструкции самолета требованиям ЭМС;
- сократить время испытаний самолета;
- уменьшить стоимость испытаний.



Распределение токов на корпусе самолета при облучении его плоской волной.

Рис. 3. Виртуальная модель ЛА в HIRF-SE

Исследование воздействия HIRF в соответствии с КТ-160D на участок электрожгута. Виртуальный участок эл. монтажа создается в среде и по правилам HIRF-SE, основываясь на КД реального участка электромонтажа. Виртуальный участок эл. монтажа содержит все конструктивные элементы реального монтажа с детальным описанием их электромагнитных свойств, а также учитывает 3D конфигурацию

реального эл. жгута и окружающую обстановку в месте его прокладки на борту (рис. 4, 5).

Восприимчивость виртуального эл. монтажа оценивается по величине и характеру виртуальных токов, протекающих в электронных моделях проводников под действием виртуальной HIRF среды и по взаимной индукции их взаимодействия. На рис. 6 показан график ЭМС, где Port1 – источник сигнала, а P1 и P3 – рецепторы.

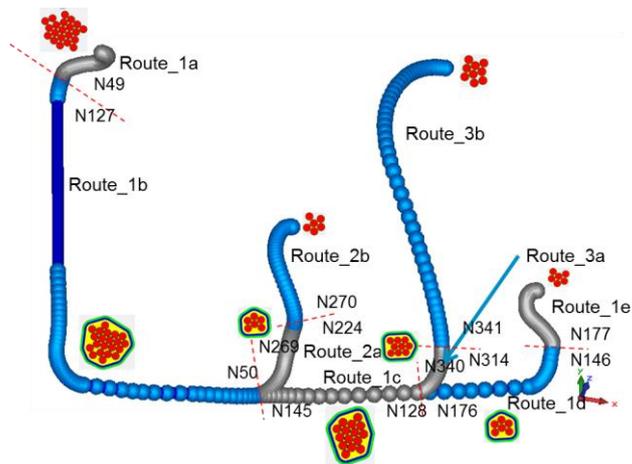


Рис. 4. Состав модели жгута БКС

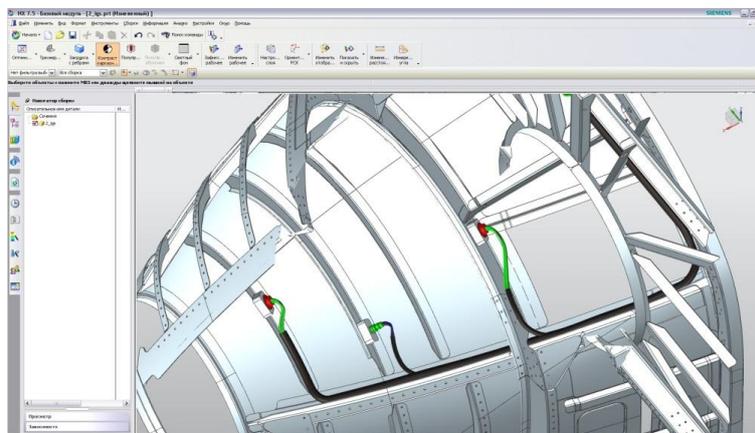


Рис. 5. Вид 3D модели жгута БКС

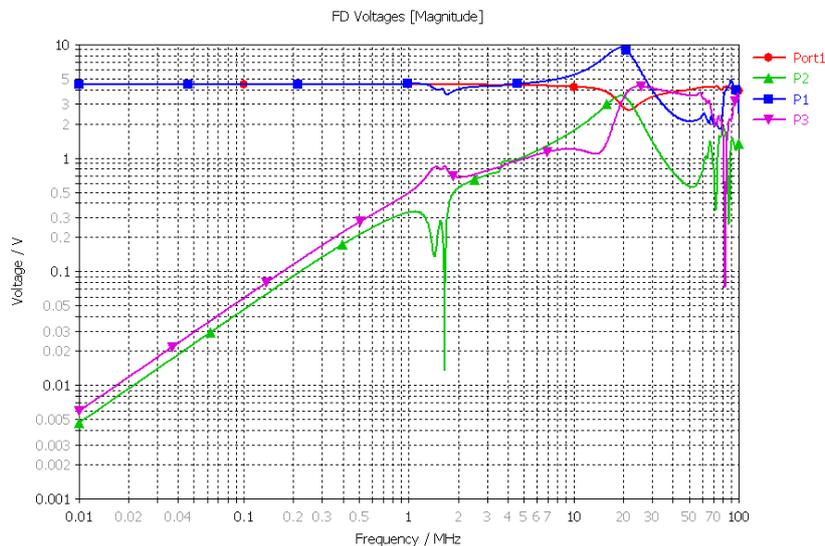


Рис. 6. Напряжения в электронных моделях проводников под действием виртуальной HIRF среды и взаимной индукции

Программа CST CABLE STUDIO (HIRF-SE) позволяет оценить ЭМС жгутов самолета. Инструмент исследований позволяет видеть создаваемые жгутом электромагнитные поля, представленные в виде цветных векторов, характеризующих численное значение напряженности

поля в исследуемых точках пространства. Также есть возможность выявить уровень помехи в отдельно исследуемом проводнике жгута. Тем самым на раннем этапе конструирования выявить потенциально помех создаваемые зоны и участки цепи.

Выводы: одним из вариантов проверки (сертификации) соответствия нормам воздействия излучения электромагнитных полей на ЛА является переход к виртуальным методам ОКР по ЭМС. Используя математические модели и специальные для этих целей программные продукты можно виртуально моделировать воздействие HIRF в соответствии с КТ-160D. Получение зависимости наведённых токов и напряжений от частоты облучающего поля на участок электрожгута необходимо для подтверждения норм защиты от ЭМИ в соответствии КТ-160D и получения доказательной базы для предварительной сертификации. В этом случае ОКР можно провести в кратчайшие сроки и с минимальными затратами, и получить модель (систему) устойчивую к воздействию ЭМИ и совместимую с другими ТС.

Рассмотренная концепция виртуального ОКР позволяет достичь следующих качественно новых показателей дальнейшего развития проекта Ту-204:

- повышение безопасности ЛА;
- уменьшение сроков и стоимости ОКР;
- переход к «виртуальной» сертификации;
- освоение программы «более электрический самолет»;

- уменьшение ограничений в использовании портативной техникой (телефоны, точки доступа интернет, специальное медицинское оборудование) для пассажиров.

- улучшение тактико-технических показателей ЛА таких как: уменьшение ЭМИ от бортового оборудования установленном на ЛА, уменьшение массы вследствие уменьшения экранов и защитных экранов по результатам моделирования ЭМС, повышение радиоэлектронной защищённости ЛА от внешних воздействий естественного и техногенного характера (молнии, РЛС, ЭМИ оружие), переход от металлических деталей планера (естественных экранов) к композитным материалам без снижения ЭМ защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Князев, А.Д. Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости /А.Д. Князев, Л.Н. Кечиев, Б.В. Петров. – М.: Радио и связь, 1989. 224 с.
2. ОСТ В1 02760-95.
3. Standard Details on SAE ARP5583, Guide to Certification of Aircraft in a High Intensity Radiated Field (HIRF) Environment. <http://engineeringstandards.globalspec.com/engineeringsearch/engineeringstandards/abstract/64422853172>

ACTUAL PROBLEMS OF ENSURING RESISTANCE OF CRITICAL ONBOARD EQUIPMENT TO THE EMI AT THE STAGE OF EXPERIMENTAL DESIGN DEVELOPMENT

© 2014 E.Yu. Petryakov

Ulyanovsk Branch CB JSC “Tupolev”

In article application of a virtual method of the analysis the electromagnetic compatibility when carrying out experimental design development of Tu-204 aircraft is considered. The concept of development of onboard cable network within a full cycle of experimental design development of aircraft is considered. The example of virtual modeling the influence of high intensity electromagnetic fields according to КТ-160D on electro plaitis is given.

Key words: *electromagnetic compatibility, virtual modeling, aircraft, protection*