

УДК 621.3

В.Ф. Шмырев, К.Ф. Фомичев

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Рассматривается природа электромагнитных помех, их влияние на бортовое оборудование летательных аппаратов, проводится анализ средств защиты критических систем и контроля параметров этих средств.

Ключевые слова: электромагнитные помехи, бортовое оборудование, экранирование, переходное сопротивление.

Введение

Практика эксплуатации электронного оборудования функциональных систем летательных аппаратов (ЛА) гражданского и военного назначения показывает, что проблема обеспечения необходимого уровня их надежности продолжает быть актуальной [1, 4, 6]. С внедрением цифровых электронных систем управления, уменьшением физических размеров $p-n$ переходов в электронных компонентах и снижением потребляемой мощности возрастает чувствительность электронного оборудования критических систем к воздействию различного рода электромагнитного излучения.

Анализ последних публикаций по вопросам исследования свойств надежности электронного оборудования функциональных систем вследствие воздействия электромагнитного излучения показывает, что, хотя они и решают проблемы защиты, однако общей концепции определения реальной электромагнитной обстановки внутри ЛА и контроля параметров средств защиты не выработано [1, 4, 5, 6].

Целью статьи является проведение анализа источников электромагнитных помех, средств защиты критических систем ЛА от воздействия электромагнитного излучения высокой интенсивности, определение и решение проблем, связанных с контролем их параметров.

1. Анализ источников электромагнитных воздействий

Так исторически сложилось, что электромагнитные помехи (ЭМП) начали учитываться в авиационной промышленности с 1930-х годов, когда латунный трубопровод был впервые использован для защиты электрического кабеля между поршневыми двигателями и системой зажигания.

Но такие антропогенные электромагнитные "шумы", вызванные работой двигателей, генераторов и другой техники оказались лишь одним из классов ЭМП, которые затрагивали бы безопасность эксплуатации воздушных судов.

Природные радиопомехи, вызванные атмосферными возмущениями (в том числе молнией) и внеземными источниками (например, пятна на солнце) также ухудшают работу электронного оборудования.

На работу чувствительного электронного оборудования могут повлиять и сигналы радиочастотного диапазона. Для защиты систем авионики от такого воздействия коммерческие авиакомпании на своих рейсах запрещают использование источников излучения радиочастот (игрушки с дистанционным управлением, рации и т.п.). Большинство, но не все авиакомпании продлили запрет на использование портативных радио и телевизионных приемников.

Персональные электронные устройства (ПЭУ), такие как ноутбуки, ручные сканеры, игровые приставки, которые можно классифицировать как непреднамеренные излучатели, могут излучать в диапазоне 1 МГц и повлиять на работоспособность оборудования авионики. Кабели систем навигации и другие важные проводки проходят вдоль фюзеляжа самолета, под обшивкой. Очевидно, что пассажиров, сидящих всего в нескольких сантиметрах от них, предупреждают о неприменении таких устройств.

Но внешние источники, такие как радио и радиолокационные передатчики на земле, или радиолокационные станции военного назначения, могут быть даже более разрушительными из-за высокой мощности и частоты такого оборудования.

Алюминиевый планер самолета при определенных обстоятельствах может действовать как резонатор или фазированная антенная решетка. Работая как спутниковая тарелка, планер может объединить внутренние и внешние электромагнитные помехи и направить их в сторону критического оборудования.

Термин "критическое" означает то оборудование, отказ которого будет создавать небезопасные условия для дальнейшего полета и посадки летательного аппарата.

К началу 1960-х годов, понятие ЭМП было расширено, чтобы охватить весь электромагнитный

спектр. И аббревиатура “ЭМП” стала применяться для описания электромагнитных помех в самом широком смысле. ЭМП определяется НАТО как электромагнитные возмущения, которые прерывают, препятствуют, или иным образом ухудшают эффективную работу электронного или электрического оборудования.

Следовательно, такие разнообразные проблемы, как помехи от контуров заземления, несоответствия импеданса, направленного электромагнитного поля (AS Hum), электростатического разряда (ESD), мощные излучения от различных источников – все подпадает под понятие ЭМП. Словарь электромагнитных акронимов приведен на рис. 1 [1].

Glossary of Electromagnetic Acronyms	
AC Hum -	Direct Magnetic/Electric Field Coupling
EMI -	Electromagnetic Interference
RFI -	Radio Frequency Interference
EMP -	Electromagnetic Pulse
ESD -	Electrostatic Discharge
EMC -	Electromagnetic Compatibility
HIRF -	High Intensity Radiated Emissions
TEMPEST -	Transient Electromagnetic Pulse Emanation Standard

Рис. 1. Словарь электромагнитных акронимов

В научных кругах, термины "электромагнитная совместимость" (EMC) и "электромагнитная помеха" (EMI) используются почти взаимозаменяемо: EMC просто описывает усилия по контролю или устранению проблем, возникающих вследствие ЭМП.

Радиочастотные помехи (RFI) представляют собой особый класс ЭМП, в котором радиочастотные передачи (как правило, узкий диапазон) не создают больших проблем для работы оборудования. Радиочастотные помехи могут исходить от большого числа источников, но меры предосторожности, как правило, ориентированы на антропогенные источники, такие как радиостанции, пейджеры, мобильные телефоны. Линии электропередачи, трансформаторы, медицинское оборудование, электромеханические переключатели и многие другие преднамеренные излучатели также являются источниками энергии в диапазоне радиочастот. В общей (неэкранированной) системе связи, RFI может снизить качество сигнала или полностью нарушить функционирование электронной системы.

Инцидент с пассажирским самолетом иллюстрирует то, что даже низкочастотные RFI могут влиять на системы авионики. В январе 1993 года на самолете, выполняющем рейс из Денвера, штат Колорадо, в Ньюарк, штат Нью-Джерси была нарушена ориентация осей гироскопов на крейсерской высоте.

После выключения 25 радиоприемников и одного персонального компьютера гироскопы установились в соответствие с первоначальной ориентацией. Позже в полете несколько пассажиров возобновили использование портативных радиоприемников, ориентация гироскопов вновь была нарушена. Радио конфисковали, и никаких проблем в дальнейшем во время этого рейса не было.

Ядерный взрыв сопровождается электромагнитным импульсом (EMP, рис. 1). По природе этот импульс в первом приближении можно сравнить с электромагнитным полем близкой молнии, создающим помехи для радиоприемников. Компоненты спектра электромагнитного импульса занимают те же самые радиоканалы, которые используются широкоэмиттерными станциями с амплитудной модуляцией, коротковолновыми передатчиками и СВЧ- и УКВ-телевизионными передатчиками [2].

HIRF (электромагнитное воздействие полей высокой интенсивности) принадлежит к классу межсистемной электромагнитной совместимости (ЭМС). Задачей межсистемной ЭМС является обеспечение совместного функционирования всех систем на всех этапах полета и при всех возможных воздействиях внешних радиочастотных полей. HIRF, наряду с молнией, электростатическими разрядами при осадках, электромагнитным импульсом и электростатическим разрядом, относится к внешним электромагнитным явлениям.

Источниками HIRF являются только передатчики, преднамеренно излучающие электромагнитную энергию, например, радио- и телепередатчики, метеорадары, радары наземных средств управления воздушным движением, различные военные системы наземного воздушного базирования, такие как системы радиолокационного обнаружения, средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и противодействия (РЭП), электромагнитное вооружение.

С точки зрения электродинамики не прямое воздействие молнии можно рассматривать как разновидность HIRF в области низких частот (килогерцовый диапазон). Удар молнии может привести к физическому разрушению самолета, а также повлиять на функционирование критических систем. Это происходит один раз на каждые 3000 часов полета (примерно раз в год) коммерческих самолетов. Взаимодействие молнии с обшивкой самолета вызывает появление в ней электрического тока, который создает электрическое и магнитное поля, что приводит к повреждению электрического и электронного оборудования (рис. 2) [3].

TEMPEST является кодовым названием ряда правительственных стандартов США, направленных на предотвращение электронного шпионажа и регламентирующих ограничение электрического и электромагнитного излучения от различных элек-

тронных компонентов, устройств, систем и распределительных сетей. Обычно это делается путем экранирования устройства, кабеля (или иногда комнаты или всего здания) медными или другими проводящими материалами.

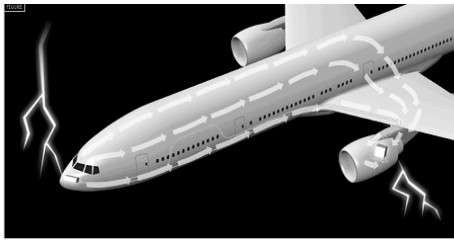


Рис. 2. Воздействие молнии на самолет

В соответствии с Руководством по сертификации самолетов, эксплуатирующихся в среде HIRF, рекомендованным Федеральной авиационной администрацией США (FAA), в перечень систем, к которым предъявляются сертификационные требования по стойкости к HIRF, входят, как минимум:

- а) системы генерирования электрической энергии;
- б) системы распределения электрической энергии;
- в) электронные системы управления двигателями;
- г) электродистанционные системы управления полетом;
- д) системы экранной индикации пространственного положения и навигации.

Необходимость улучшения защиты электрических и электронных систем от воздействия HIRF за последнее десятилетие резко возросла по следующим причинам:

- а) повышение зависимости ЛА от электрических и электронных систем, выполняющих функции, необходимые для безопасного продолжения полета и посадки;
- б) ухудшение экранирующих свойств планера вследствие расширения применения композитных материалов;
- в) резкое повышение восприимчивости электрических и электронных систем к HIRF, вызванное ростом тактовых частот процессоров и шин, повышением плотности монтажа компонентов, переходом на субмикронные технологии производства критических электронных компонентов;
- г) расширением частотного диапазона радиоизлучений, особенно в диапазоне более 1 ГГц;
- д) резкое ухудшение состояния электромагнитного загрязнения окружающей среды, вызванное интенсивным и неконтролируемым авиационными властями увеличением количества и мощности радиопередатчиков других источников HIRF [4].

2. Механизм воздействия HIRF на ЛА

При попадании ЛА в электромагнитное поле возникает взаимодействие конструкции ЛА с полем. Электронное оборудование, расположенное внутри ЛА, подвержено влиянию двух типов опасных воздействий: наведенным токам и электромагнитному облучению.

Для определения уровня напряжений и токов, индуцируемых внешним электромагнитным облучением в электрической проводке ЛА необходимо установить электромагнитную обстановку внутри него. Учитывая сложную геометрическую форму внутреннего пространства ЛА, требуются значительные вычислительные ресурсы и аналитические методы, которые в настоящее время находятся на стадии разработки и требуют многократных экспериментов для верификации.

Авиационная промышленность использует комбинацию:

- а) лабораторных испытаний, в процессе которых определяется восприимчивость оборудования;
- б) наземных полевых испытаний, предназначенных для получения передаточной функции ЛА, позволяющей определить связь между параметрами электромагнитного поля снаружи и внутри ЛА, где расположено электронное оборудование.

Такой подход уходит корнями к исследованиям электромагнитного импульса при ядерном взрыве. Предполагалось, что задачу можно представить состоящей из двух факторов:

- экранирующих свойств планера (являющихся мерой затухания)
- интенсивности взаимодействия с оборудованием.

Федеральное государственное унитарное предприятие “ЛИИ им. М.М. Громова” является одним из ведущих предприятий авиационной отрасли Российской Федерации по проблемам ЭМС и стойкости к воздействию HIRF бортового оборудования (БО) ЛА и испытаниям БО в составе ЛА на ЭМС в наземных и летных условиях (рис. 3 – 5) [5].



Рис. 3. Испытания БО в составе вертолета “Ансат” (HIRF в диапазоне МВ, ДМВ)



Рис. 4. Испытания БО в составе ЛА (HIRF СВЧ диапазона)



Рис. 5. Испытания БО в составе ЛА на ЭМС

Основные направления его работ:

- сертификационные испытания бортового радиоэлектронного, электронного и электротехнического оборудования в составе ЛА на воздействие HIRF в соответствии с требованиями российских и международных стандартов (рис. 3, 4);

- сертификационные испытания на ЭМС всех типов БО в составе ЛА (рис. 5);

- стендовые испытания БО на соответствие требованиям отечественных и зарубежных нормативно-технических документов КТ-160, ДО-160, MIL-STD-461 по ЭМС и HIRF до установки на ЛА;

- теоретический расчет (прогноз) объектовой и межобъектовой ЭМС БО ЛА в ожидаемых условиях испытаний, эксплуатации и боевого применения.

Жесткость воздействия HIRF определяется сертификационными стандартами и предшествующим опытом. “Рабочая группа по гармонизации требований к электромагнитным воздействиям” (Electromagnetic Effects Harmonization Working Group, EEWG) в 1997 году разработала проект требований по защите от HIRF, основываясь на исследованиях более 500000 передатчиков, которые располагались в пределах США и пяти странах Европы - Франции, Германии, Нидерландах, Швеции и Великобритании. В табл. 1 приведены конкретные требования для сертификации надежности критических систем, как самолетов, так и вертолетов [6].

Таблица 1

Требования для сертификации надежности критических систем

Частота	Электрическая составляющая напряженности электромагнитного поля (В/м)	
	Пик	Средняя величина
10 кГц – 100 кГц	50	50
100 кГц – 500 кГц	50	50
500 кГц – 2 МГц	50	50
2 МГц – 30 МГц	100	100
30 МГц – 70 МГц	50	50
70 МГц – 100 МГц	50	50
100 МГц – 200 МГц	100	100
200 МГц – 400 МГц	100	100
400 МГц – 700 МГц	700	50
700 МГц – 1 ГГц	700	100
1 ГГц – 2 ГГц	2000	200
2 ГГц – 4 ГГц	3000	200
4 ГГц – 6 ГГц	3000	200
6 ГГц – 8 ГГц	1000	200
8 ГГц – 12 ГГц	3000	300
12 ГГц – 18 ГГц	2000	200
18 ГГц – 40 ГГц	600	200

3. Средства защиты критических систем самолета от воздействия HIRF

С расширением использования в качестве элементов конструкции ЛА композиционных материалов, имеющих низкие, а иногда и неудовлетворительные экранирующие свойства необходимость защиты элементов функциональных систем становится первоочередной задачей.

Обеспечение функционирования электрического и электронного оборудования, выполняющего критические функции, при воздействии HIRF достигается путем многоуровневой защиты:

а) размещение элементов систем в наименее опасных зонах самолета;

б) экранирование и заземление элементов систем;

в) фильтрация помех, поступающих в блоки через внешние линии связи.

Экранирование подразумевает использование принципа “клетки Фарадея”, при этом токи, наводимые HIRF, протекают через элементы экранирования и заземления и снижают уровень помех, поступающих в блоки оборудования.

Фильтрация помех в блоках оборудования обеспечивает дальнейшее ослабление наводимых напряжений и токов до безопасного для данного оборудования уровня [2].

Экранирование электрической проводки также обеспечивает решение проблемы межсистемной ЭМС. Хорошо известным примером является низкочастотный (НЧ) гул в самолетных аудиосистемах, обычно вызываемый системой электроснабжения с частотой 400 Гц. Традиционным и эффективным решением в подавлении подобных НЧ помех является помещение соответствующей проводки в экранирующую оплетку и заземление одного из концов оплетки. Заземление двух концов экранирующей оплетки является неэффективным в борьбе с НЧ помехами. Защита же от воздействия HIRF, принадлежащих к классу высокочастотных (ВЧ) воздействий, требует ВЧ экранирования, то есть заземление именно двух концов экранирующей оплетки. Если экранирующая оплетка заземлена только на одном конце, то при воздействии ВЧ помех она действует как антенна и только усугубляет проблему, приводя к возрастанию значений импульсов напряжения наводимых на электропроводку.

Если экранирующая оплетка заземлена на обоих концах, протекающие по ней токи стекают на конструкцию планера и возвращаются на другой конец экрана, образуя замкнутый контур. Циркулирующий по замкнутому контуру ток подавляет магнитное поле, порождающее наводку напряжения. Это объясняет необходимость заземления экранирующей оплетки на обоих концах.

С учетом необходимости как НЧ, так и ВЧ заземления, широкое распространение получило **двойное экранирование**: внутренний экран с заземлением одного конца и внешний экран с заземлением обоих концов.

В соответствии с принципом “клетки Фарадея” сопряжение экранов отдельных элементов защищаемой системы должно быть неразрывным. Для выполнения данного требования применяются специальные электрические соединители, имеющие минимальный импеданс между блочной и кабельной частями, а также соединители, дополнительно обеспечивающие неразрывное сопряжение с минимальным импедансом общей экранирующей оплетки жгута с корпусом соединителя. Заземление экранов электрических жгутов отдельными элементами металлизации не применяется [3].

4. Контроль параметров средств защиты от воздействия HIRF

До настоящего времени мероприятия по защите ЛА от воздействия HIRF в основном сосредотачивались на разработке, испытаниях и анализе, необходимых только для процедуры сертификации ЛА. Однако поддержание летной годности ЛА в части средств защиты от воздействия HIRF является не менее важным, чем изначальная защита. Существовавшие программы обслуживания большинства ЛА

до недавнего времени не содержали специальных требований по проверке состояния средств защиты от HIRF.

С постоянно расширяющимся внедрением электронных и электрических систем, выполняющих критические функции в полете, электромагнитная защита ЛА становится приоритетной с точки зрения поддержания летной годности при эксплуатации.

FAA поручило разработчикам самолетов создания специальных программ поддержания исправного состояния средств защиты самолетов от воздействия HIRF на протяжении всего этапа эксплуатации.

Ремонт соединителей предписывался в случае, если переходное сопротивление между частями соединителей достигало определенного уровня.

Причиной возникновения коррозии электрических соединителей и соединений является наличие в воздухе влаги и солей. Перепады давления в широких пределах при изменении высоты в сочетании с изменением температуры буквально закачивают раствор электролита в электрические соединения и соединители. Наличие небольшого объема воздуха, оставшегося в хвостовиках соединителей, приводит к конденсированию влаги, даже если хвостовики являются полностью герметичными. Перепад между температурой в районе аэропорта (выше +38 °C) и температурой на эшелоне 11 км (до -55 °C) также приводит к изменению объема воздуха в хвостовике, что приводит циклическому всасыванию и вытеснению раствора электролита, содержащегося в окружающем воздухе. Данное явление происходит как в негерметичных зонах, так и в герметичных отсеках самолета. Вибрационные и ударные нагрузки, возникающие при посадках и полете в турбулентных условиях, могут приводить к ослаблению затяжки узлов крепления и соединителей, создавая дополнительные пути проникновения влаги.

Применение защитного экранирования электрической проводки предполагает обеспечение контакта в местах соединения металлических элементов экранирования. Неизбежное присутствие электролита приводит к возникновению оксидов между соприкасающимися элементами электрических соединителей. Нарастание оксидной пленки, являющейся изолятором, постепенно повышает импеданс электрического соединения и спустя определенное время приводит к полному разрыву электрической цепи. Подобная деградация приводит к снижению защитных свойств экрана и позволяет наводкам, возникающим при воздействии HIRF, беспрепятственно проникать в защищаемые электрические линии и попадать на входы критического электронного оборудования. Опасностью подобной деградации является то, что она относится к скрытым повреждени-

ям, поскольку ее признаки не выявляются визуальным осмотром.

Применение коррозионно – стойких материалов и защитных покрытий соединителей не является полной гарантией обеспечения долговечности защиты.

Единственным способом выявления таких скрытых дефектов, как коррозия и ослабление затяжки частей соединителей, является измерение переходных сопротивлений электрических соединений. При достижении сопротивлением критического значения должны выполняться восстановительные работы.

Изначально разработанные методы измерения сопротивления предполагали разъединение соединителей и измерение сопротивление омметром. Такой подход требует больших временных затрат и, главное, не гарантирует того, что соединение будет восстановлено соответствующим образом при повторной сборке, тем самым требуя полной проверки функционирования системы, в которой производилась проверка элементов экранирования.

С целью обеспечения проведения неразрушающегося контроля средств экранирования и заземления в полевых условиях разработан прибор для измерения сопротивления замкнутой цепи – LRT (Loop Resistance Tester), позволяющий производить измерение без разъединения соединителей (рис. 6), [3].



Рис. 6. LRT для Boeing 777

Прибор позволяет измерять сопротивление замкнутого контура и сопротивление участка цепи.

Принцип работы прибора в режиме измерения сопротивления контура заключается в следующем. С помощью кольцевидного индуктора на экранирующую оплетку наводится напряжение, а с помощью индуктивного датчика измеряется возникающий ток. Экранирующая оплетка выступает в качестве участка замкнутого контура, образованного также конструкцией и соединителями.

Далее LRT численно “демоделит” форму кривых напряжения и тока, возникающих в контуре для представления их в комплексном виде путем умножения на синус и косинус и последующего сложения. Отношение комплексного напряжения к

току позволяет определить импеданс контура, действительная составляющая которого и является искомым сопротивлением контура (рис. 7).

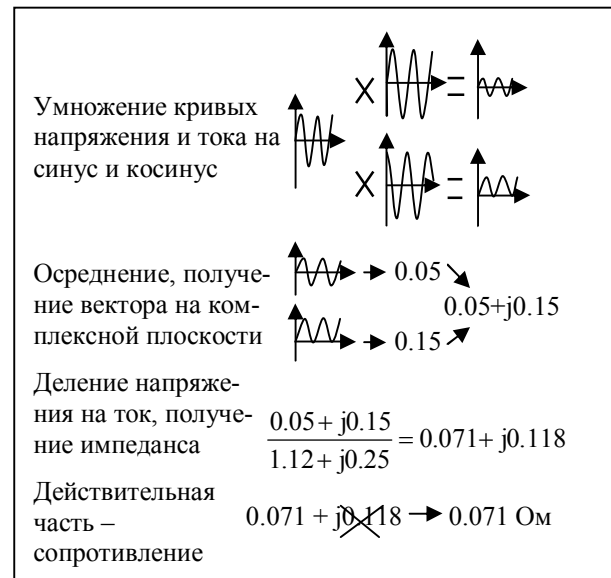


Рис. 7. Теоретические основы принципа определения сопротивления контура

Первым этапом проверки является измерение сопротивление контура (рис. 8).

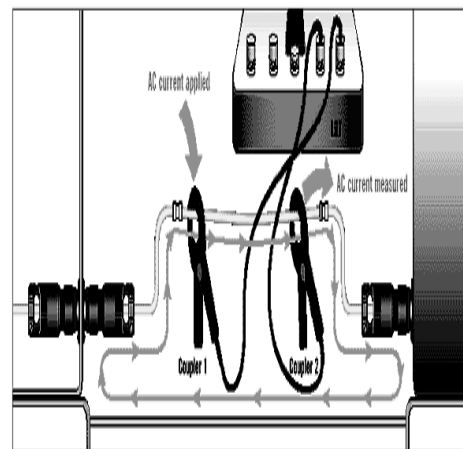


Рис. 8. Измерение сопротивления замкнутого контура

В случае обнаружения контура со значением сопротивления, превышающим допустимое значение, должны быть выявлены проблемные соединения. Если при этом произвести разъединение соединителя, коррозия может быть удалена и измерение переходного сопротивления не позволит произвести правильную дефектацию – соединение будет восстановлено и скрытая коррозия продолжит прогрессировать. LRT спроектирован таким образом, что позволяет производить измерение переходного сопротивления соединителя без необходимости его разъединения. Измерение переходного сопротивления соединителей производится при переключении

прибора в режим измерения сопротивления соединения (рис. 9).

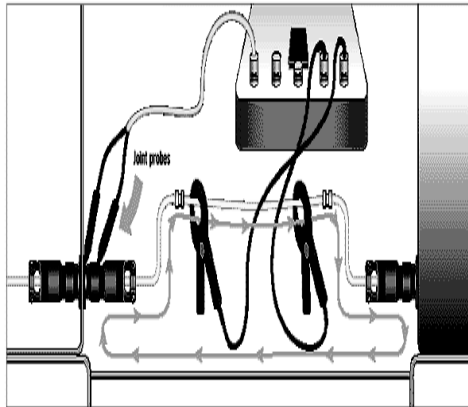


Рис. 9. Измерение сопротивления отдельного соединения

В соответствии с отчетом FAA, независимо от частоты индуцируемого напряжения (поскольку в диапазоне частот до 2 кГц импеданс экранирующей оплетки носит преимущественно активный характер), LRT признан адекватным и эффективным средством оценки состояния средств экранирования критических систем самолета. Он равноценен по точности измерений лабораторному сетевому анализатору и более предпочтителен для постоянного использования в полевых условиях.

Выводы

1. Спектр электромагнитных возмущений в настоящее время значительно расширился, что связано, во-первых, с появлением ЛА с критическими:

- электродистанционными системами управления (ЭДСУ), заменившими традиционные механические тяги и тросы;
 - системами экранной индикации,
- во-вторых, появлением персональных электронных устройств и технологии беспроводных сетей.

2. Для оценки влияния воздействия электромагнитных полей, особенно высокой интенсивности, на электронные и электрические компоненты борто-

вого оборудования требуются значительные вычислительные ресурсы и аналитические методы, которые в настоящее время находятся на стадии разработки. Лабораторные и наземные полевые испытания не позволяют установить все возможные пути проникновения излучения внутрь ЛА, а получение передаточной функции готового ЛА не оказывает никакой помощи при его проектировании.

3. Для контроля параметров средств защиты функциональных систем ЛА от электромагнитных воздействий целесообразно использование неразрушающего (без разъединения соединителей) контроля.

Список литературы

1. Glenair: A World of Interconnect Solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.glenair.com/html/emi.htm>.
2. Рикетс Л.У. Электромагнитный импульс и методы защиты: Пер. с англ. / Л.У. Рикетс, Дж.Э. Бриджес, Дж. Майлетта; под ред. Н.А. Ухина. – М.: Атомиздат, 1979. – 328 с.
3. E. GODO, M. TAORMINA. Loop Resistance Tester / Aero magazine no. 10 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_10/loop_textonly.html.
4. High-Intensity Radiated Fields (HIRF) Protection for Aircraft Electrical and Electronic Systems. [Docket No. FAA-2006-23657; Amendment Nos. 23-57, 25-122, 27-42, and 29-49] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cryptome.org/faa080607.htm>.
5. Исследования электромагнитной совместимости и стойкости к полям высокой интенсивности (HIRF) / ГНЦ РФ ФГУП «ЛИИ им. М.М. Громова» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lii.ru/issledovaniya_elektromagnitnoj_sovmestimosti_i_stojkosti_k_polyam_vysokoj_intensivnosti_hirf_s_razd.html.
6. The Background to the HIRF Requirements for Civil Aerospace. By Dr Nigel Carter, DERA Farnborough [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.compliance-club.com/archive/old_archive/980212.html.

Поступила в редколлегию 23.03.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.А. Калкаманов, Харьковский университет Воздушных Сил имени И. Кожедуба, Харьков.

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ЗАХИСТУ БОРТОВОГО ОБЛАДНАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ДІЙ

В.Ф. Шмирьов, К.Ф. Фомичов

Розглядається природа електромагнітних перешкод, їх вплив на бортове обладнання літальних апаратів, проводиться аналіз засобів захисту критичних систем і контролю параметрів цих засобів.

Ключові слова: електромагнітні перешкоди, бортове устаткування, екранування, перехідний опір.

MODERN ASPECTS OF DEFENCE OF ONBOARD EQUIPMENT OF AIRCRAFTS FROM ELECTROMAGNETIC INFLUENCES

V.F. Shmyrev, K.F. Fomichov

Nature of EMIS, their influence, is examined on the onboard equipment of aircrafts, the analysis of facilities of defence of the critical systems and control of parameters of these facilities is conducted.

Keywords: electromagnetic hindrances, side equipment, screening, transitional resistance.