ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56529— 2015

СОВМЕСТИМОСТЬ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ

Общие требования и методы испытаний

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП «ЦНИИмаш»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 321 «Ракетно-космическая техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 июля 2015 г. № 974-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2016 г.

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)

© Стандартинформ, 2016

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 2
3.1 Термины и определения 2
3.2 Обозначения и сокращения 2
4 Требования по обеспечению электромагнитной совместимости космического комплекса 3
4.1 Общие требования к космическому комплексу 3
4.2 Специальные требования к космическому комплексу 5
4.3 Требования по обеспечению электромагнитной совместимости на уровне оборудования 8
5 Виды и условия испытаний на соответствие требованиям по ЭМС комплекса 11
5.1 Общие требования к космическому комплексу 11
5.2 Специальные требования к космическому комплексу 12
5.3 Испытания электромагнитных помех на уровне оборудования 14
Приложение А (рекомендуемое) Рекомендации по мерам обеспечения электромагнитной совместимости на уровне комплекса 17
Приложение Б (справочное) Измерение наводимых источником кондуктивных помех на шине питания во временной и частотной областях 19
Приложение В (рекомендуемое) Измерение кондуктивных помех в проводах питания в диапазоне от 30 Гц до 10 кГц (метод CE101) 20
Приложение Г (рекомендуемое) Контроль подавления наводимых нагрузкой быстрых коммутационных процессов 30
Приложение Д (рекомендуемое) Измерение пульсаций во временной области, наведенных на шине питания 31
Приложение Е (справочное) Измерение кондуктивных помех 34
Приложение Ж (справочное) Измерение излучаемых помех в виде магнитного поля в диапазоне от 30 Гц до 100 кГц (метод RE101) 38
Приложение И (рекомендуемое) Измерение излучаемых помех в виде электрического поля в диапазоне от 10 кГц до 18 ГГц (метод RE102) 40
Приложение К (справочное) Измерение устойчивости к пульсациям звуковой частоты в линии питания 46
Приложение Л (рекомендуемое) Измерение устойчивости к импульсам напряжения 47
Приложение М (справочное) Испытание восприимчивости к кондуктивным помехам в виде наводок в кабелях в диапазоне от 10 кГц до 200 МГц (метод CS114) 49
Приложение Н (справочное) Измерение восприимчивости к излучаемым помехам в виде магнитного поля с помощью катушки Гельмгольца (альтернативный метод RS101) . . 53
Приложение П (справочное) Измерение восприимчивости к излучаемым помехам в виде электрического поля в диапазоне от 2 МГц до 40 ГГ ц (метод RS103) 56
Приложение Р (справочное) Измерение восприимчивости к магнитным полям, наводимым в оборудовании 63
Приложение С (справочное) Измерение восприимчивости к магнитным полям, наводимым в соединительных кабелях 64
Приложение Т (рекомендуемое) План проверки электромагнитных эффектов на уровне комплекса 65
Приложение У (рекомендуемое) Рекомендации по содержанию отчета о проверке электромагнитных эффектов 66
Приложение Ф (рекомендуемое) Рекомендации по демонстрации внутрисистемной электромагнитной совместимости 67
Библиография 68

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СОВМЕСТИМОСТЬ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ

Общие требования и методы испытаний

Electromagnetic compatibility of space technology. General requirements and test methods

Дата введения — 2016—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие требования и методы испытаний электромагнитной совместимости космической техники (космических комплексов социально-экономического, научного и коммерческого назначения и их составных частей), разрабатываемой предприятиями Российской Федерации, на следующих уровнях: общие требования к космическому комплексу, специальные требования к космическому комплексу и требования к электромагнитным помехам на уровне оборудования. Стандарт не содержит испытательных норм электромагнитных помех. Испытательные нормы должны разрабатываться исходя из электромагнитной обстановки, требований к качеству электроэнергии и эксплуатационных требований.

Требования настоящего стандарта являются обязательными при наличии ссылки на него в международных договорах, государственных контрактах и других договорных документах.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.030—81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. Система стандартов безопасности труда

ГОСТ 18707—81 Перемычки для обеспечения защиты изделий ракетной и ракетно-космической техники от статического электричества. Технические условия

ГОСТ 18714—81 Провода заземления для обеспечения защиты изделий ракетной и ракетно-космической техники от статического электричества. Технические условия

ГОСТ 19005—81 Средства обеспечения защиты изделий ракетной и ракетно-космической техники от статического электричества. Общие требования к металлизации и заземлению

ГОСТ 23611—79 Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения

ГОСТ Р 50397—2011 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения

ГОСТ Р 50842—95 Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Устройства радиопередающие народнохозяйственного применения. Требования к побочным радиоизлучениям. Методы измерения и контроля

ГОСТ Р 51317.4.2—2010 (МЭК 61000-4-2—2008) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51317.4.4—2007 (МЭК 61000-4-4—2004) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 53734.5.1—2009 Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Общие требования

ГОСТ Р 53802—2010 Системы и комплексы космические. Термины и определения

Издание официальное

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 23611, ГОСТ Р 50397, ГОСТ Р 53802, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **внутренняя электризация** (internal charging): Явление, вызываемое проникновением электронов высокой энергии сквозь конструкцию космического аппарата и(или) стенки компонентов, когда эти частицы попадают на незаземленные металлические или диэлектрические внутренние поверхности.

3.1.2 **зачищенная поверхность** (faying surface): Обработанная металлическая поверхность достаточной площади и проводимости, которая при контакте под давлением обеспечивает низкое переходное сопротивление соединения на всем сроке эксплуатации изделия.

3.1.3 **кабель-вставка** (break-out box): Нелетный элемент вспомогательного испытательного оборудования, включаемый в линию кабелем, который согласовывает внешние соединители (обычно зажимы) или последовательные и(или) параллельные испытательные цепи с проводами в данном кабеле.

3.1.4 **коэффициент безопасности** (safety margin): Отношение порога восприимчивости схемы к наводимой в ней помехе в наихудшей ожидаемой обстановке (внутри- и межсистемной).

3.1.5 **обесточивание** (dead-facing): Отключение электропитания от схемы перед стыковкой или расстыковкой схемного интерфейса (обычно для предотвращения дугообразования или непреднамеренных коротких замыканий).

3.1.6 **требования к качеству электроэнергии** (power quality requirement): Требования, разрабатываемые для космического комплекса, определяющие кондуктивное напряжение, токовый шум (вследствие регулирования нагрузки, выбросов, провалов и т. п.) и импеданс, которые может ожидать потребитель электроэнергии.

3.1.7 **оборудование (подсистема)** (equipment/subsystem): Любое электрическое, электронное или электромеханическое устройство, либо объединение таких устройств, предназначенное для работы в качестве отдельной единицы и выполняющее специфический набор функций; в общем случае оборудование размещается в одном корпусе, в то время как подсистема может состоять из нескольких взаимосвязанных единиц оборудования.

3.2 Обозначения и сокращения

3.2.1 В настоящем стандарте применены следующие условные обозначения:

c — скорость распространения электромагнитных волн в свободном пространстве;

d — диаметр;

E — напряженность электрического поля;

f_0 — доля частоты настройки источника сигнала,

I — ток;

L — индуктивность;

$lgth$ — длина;

n — число витков;

N — число позиций антенн;

R — резистор;

r — радиус;

U — напряжение;

BWI — ширина полосы сигнала на промежуточной частоте.

3.2.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АФУ — антенно-фидерное устройство;

БА — бортовая аппаратура;

ДКИ — документ контроля интерфейсов;

ИО — испытуемое оборудование;

КА — космический аппарат;

КГЧ — космическая головная часть;

КД — конструкторская документация;

КСЭМС — Консультативный совет по электромагнитной совместимости;

КТ — космическая техника;

ОКР — опытно-конструкторская работа;

РКН — ракета космического назначения;

РЭС — радиоэлектронное средство;

ТЗ — техническое задание;

ТС — техническое средство;

ТТЗ — тактико-техническое задание,

ТУ — технические условия;

ЭВУ — электровзрывное устройство;

ЭМП — электромагнитная помеха;

ЭМС — электромагнитная совместимость.

4 Требования по обеспечению электромагнитной совместимости космического комплекса

4.1 Общие требования к космическому комплексу

В космическом комплексе должна обеспечиваться ЭМС всего оборудования и(или) подсистем между собой, а также с создаваемой им самим и заданной внешней электромагнитной обстановкой на всех этапах жизненного цикла.

4.1.1 Заказывающая организация и головное предприятие-разработчик комплекса (разработчик изделия комплекса) должны разработать общую программу обеспечения ЭМС. Программа обеспечения ЭМС должна базироваться на требованиях настоящего стандарта, ведомости исполнения, ТЗ на космический комплекс и других применимых документах контракта. Назначение программы обеспечения ЭМС — гарантировать совместимость на уровне комплекса при минимальном влиянии на стоимость программы, календарный план и эксплуатационные характеристики. Программа обеспечения ЭМС должна включать документацию по обеспечению ЭМС и создание КСЭМС.

Ответственным за разработку программы обеспечения ЭМС является главный (генеральный) конструктор ОКР (разработки изделия). На изготовителей изделия КТ и его составных частей возлагаются обязанности осуществления технических мер по обеспечению соответствия опытных или серийных образцов ТС требованиям по ЭМС, установленным в КД.

Типовые этапы программы обеспечения ЭМС и соответствующие данные и представляемые материалы по ЭМС приведены в приложении А. В случае коммерческих космических программ, подтвердивших на опыте обеспечение ЭМС и надлежащее административное управление, вместо этого заказывающей организации может представляться документация, подтверждающая выполнение требований на уровне оборудования иными способами, при условии выполнения требований настоящего стандарта к интерфейсам на уровне комплекса.

Программа обеспечения ЭМС должна разрабатываться, прежде всего, на составные части космического комплекса.

4.1.2 КСЭМС должен отвечать за своевременное и эффективное выполнение программы обеспечения ЭМС под руководством руководителя (или его заместителя) головного предприятия-разработчика комплекса. Головное предприятие-разработчик комплекса (или разработчик изделия комплекса) возглавляет КСЭМС, а заказывающая организация — осуществляет надзор. В качестве других членов КСЭМС могут приглашаться организации-соисполнители или разработчики составных частей и независимый эксперт органа по сертификации КТ. Заказывающие организации могут отступать от этого требования для космических комплексов, уровень интеграции которых не оправдывает создание такого совета; в этом случае функции КСЭМС выполняет головное предприятие-разработчик комплекса (или разработчик изделия комплекса). КСЭМС должен выполнять свои обязанности и фиксировать деятельность главным образом через документацию по ЭМС на уровне комплекса. КСЭМС несет также ответственность за решение проблем ЭМС по мере их возникновения.

4.1.3 Детали программы обеспечения ЭМС должны быть задокументированы в плане обеспечения ЭМС. Первая редакция должна документировать механизмы программы обеспечения ЭМС, включая базовые руководящие КД, а в дальнейшем программные документы должны обновляться установленным порядком. Содержание программы обеспечения ЭМС должно включать, не ограничиваясь этим, следующее:

а) руководство программой обеспечения ЭМС, определяющее:

1) обязанности заказывающей организации, предприятия-разработчика комплекса (изделия комплекса) и организаций-соисполнителей;

2) интегрирование календарного плана и этапов программы обеспечения ЭМС с генеральным графиком (план-графиком) создания космического комплекса (изделия комплекса);

б) характеристики на уровне комплекса и проектные требования, включающие:

1) определение электромагнитной обстановки РКН, КГЧ и технических систем на стартовой позиции, включая РЭС в районе старта;

2) определение критических цепей при необходимости;

в) требования к ЭВУ, предусматривающие:

1) соответствующие требования к ЭМС ЭВУ при необходимости;

2) методы проверки при необходимости;

г) требования к характеристикам ЭМП оборудования или подсистем и проверке, включающие:

1) распределение проектных характеристик между уровнями комплекса и оборудования и(или) подсистем в соответствии с требованиями настоящего стандарта;

2) требования к характеристикам ЭМП на уровне оборудования, включая адаптированные к плану обеспечения требования к нормам и методам испытаний на этом уровне;

3) по результатам испытаний ЭМП, ЭМС должны быть выпущены отчеты, согласованные с заинтересованными организациями;

4) любые несоответствия ТЗ или ТУ, признанные приемлемыми, должны быть подробно описаны, а анализ влияния несоответствий на общие характеристики ЭМС должен быть представлен как часть доказательного обоснования;

д) анализ ЭМС, осуществляемый посредством расчетов ЭМП, ЭМС (коэффициентов безопасности), основанных на действительных, прогнозируемых характеристиках ЭМС систем, предоставляемых разработчиками систем или полученных в результате измерения, и включающий:

1) подготовку (разработку) решений на обеспечение ЭМС;

2) корректировку разделов КД и проектной документации в части обеспечения ЭМС изделия КТ в соответствии с принятыми решениями;

3) разработку программ-методик испытания по обеспечению ЭМС как на отдельные системы, так и на изделие КТ в целом; проведение испытаний с выпуском отчетов;

4) оценку выполнения требований ТТЗ на разработку КТ в части обеспечения ЭМС в соответствии с принятыми решениями и проведенными испытаниями;

5) разработку предложений при необходимости по корректировке рабочей КД, программ-методик испытаний по результатам испытаний изделия в части ЭМС;

6) решаемые разработчиком конкретного радиоэлектронного оборудования вопросы обеспечения внутрисистемной ЭМС; для обеспечения внутрисистемной ЭМС КА рассматриваются только критичные режимы связи (например, цепи питания или связи по требованию разработчика РЭС);

7) меры фильтрации, экранирования, заземления, которые необходимо применить для достижения прогнозируемых коэффициентов безопасности ЭМП;

8) разработку номенклатуры и численных значений норм параметров ЭМС в части индустриальных помех и требования по ЭМС РЭС для ТЗ на проектирование ТС КА, требований к конструкции, бортовой кабельной сети в части ЭМС, к видам испытаний по ЭМС;

е) анализ электризации КА и возможности возникновения электростатических разрядов;

ж) проверку ЭМС на уровне комплекса, предусматривающую план проверки электромагнитных эффектов на уровне комплекса, включая обоснование выбора критических цепей для демонстрации коэффициентов безопасности;

и) решения об отступлении от требований первой редакции и последующих обновлений программы обеспечения ЭМС следует подготавливать и представлять в соответствии со сроками, предусмотренными контрактом.

Рекомендации по мерам обеспечения ЭМС на уровне комплекса приведены в приложении А.

4.1.4 КСЭМС должен определить функциональную критичность всего оборудования и(или) подсистем. Категории функциональной критичности следующие:

1) категория I, критичная для безопасности — воздействие ЭМП может привести к потере жизни и(или) потере космической платформы;

2) категория II, критичная для выполнения целевой задачи — воздействие ЭМП может привести к повреждению космической платформы, прерыванию или задержке выполнения программы полета либо к ухудшению характеристик, которое неприемлемо снижает эффективность выполнения целевой задачи;

3) категория III, некритичная — воздействие ЭМП может привести лишь к незначительным неудобствам или ухудшению характеристик, которое не снижает желаемую эффективность КА.

4.1.5 КСЭМС или орган, его заменяющий, должны установить проектные коэффициенты безопасности как для критических функций, так и для цепей ЭВУ. Проектные коэффициенты должны учитывать вероятные режимы ухудшения работы и методы защиты цепей в течение всего срока службы проектируемого КА.

4.2 Специальные требования к космическому комплексу

4.2.1 Внешняя электромагнитная обстановка

Космический комплекс должен функционировать без ухудшения характеристик в электромагнитной обстановке, создаваемой не только им самим, но и внешними источниками (межсистемными ЭМП), такими как другие радиочастотные источники, плазменные образования и др. КСЭМС или орган, его заменяющий, должны определить электромагнитную обстановку, основываясь на задачах программы полета.

4.2.2 Внутрисистемная электромагнитная совместимость

Космический комплекс не должен создавать помех основным элементам полезного груза. Каждое оборудование и(или) подсистема должны работать без ухудшения характеристик при совместном функционировании остальных оборудования и(или) подсистем в любом сочетании, предусмотренном программой полета.

4.2.3 Контроль электромагнитных помех

Ответственность за адаптацию требований к характеристикам ЭМП на уровне оборудования и(или) подсистем к показателям ЭМС на уровне комплекса возлагается на головное предприятие-разработчика комплекса (или разработчика изделия комплекса). Требования и методы испытаний могут быть, если требуется, адаптированы к потребностям программы обеспечения ЭМС при условии утверждения заказывающей организацией. Характеристики ЭМП (эмиссия и восприимчивость) должны контролироваться в той мере, в какой это необходимо для обеспечения внутрисистемной ЭМС и совместимости с прогнозируемой внешней электромагнитной обстановкой. Требования к характеристикам ЭМП на уровне оборудования и(или) подсистем и методы испытаний должны соответствовать 4.3 и 5.3.

4.2.4 Конструкция заземления и монтажа

4.2.4.1 До выпуска первой редакции плана обеспечения ЭМС или другой контрактной документации по ЭМС для космического комплекса должна быть разработана концепция контролируемого опорного заземления. Должны быть учтены обратные провода и опорные уровни как питания, так и сигналов. Должны быть рассмотрены величины импедансов этих соединений по всему спектру пораженного сигнала, чтобы определить, какие виды питания и сигналов могут иметь общие пути (провод или конструкцию). Могут быть назначены величины активного сопротивления и индуктивности каждому элементу схемы возвратной цепи заземления; могут быть рассчитаны синфазные напряжения, которые создаются в опорных точках цепи. Эти рассчитанные значения можно сравнивать с требованиями к кондуктивной восприимчивости оборудования.

Защитное заземление и зануление электроустановок ТС космических комплексов должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.030.

Заземление изделий ракетной и ракетно-космической техники должно соответствовать требованиям ГОСТ 19005, ГОСТ 18714.

4.2.4.2 Для космического комплекса должны быть разработаны проектные нормативы монтажа электропроводки, разделения кабелей и категорирования сигналов.

Монтаж ТС, бортовой кабельной сети должен соответствовать требованиям действующих нормативных документов, ТУ, КД.

4.2.5 Электрическое соединение (металлизация)

4.2.5.1 Должны быть приняты меры по обеспечению металлизации с целью управления путями электрического тока и контроля потенциалов напряжения, чтобы обеспечить требуемые характеристики космического комплекса и защиту персонала. Методы и средства металлизации должны быть совместимы с другими мерами, применяемыми на КА для борьбы с коррозией.

Металлизация изделий ракетной и ракетно-космической техники должна соответствовать требованиям ГОСТ 19005, ГОСТ 18707.

4.2.5.2 Если в качестве пути возврата тока используется конструкция, то требования металлизации должны задаваться для путей тока источников электропитания так, чтобы полные падения напряжения постоянного тока между точкой стабилизации подсистемы питания и электрическими нагрузками были в пределах допусков стандартов качества электроэнергии.

4.2.5.3 Для предотвращения опасности поражения персонала все незащищенные проводящие элементы, на которых могут накапливаться электрические заряды, должны быть соединены так, чтобы ограничить потенциалы до величин, безопасных для персонала. Чтобы устранить повреждение или предотвратить случайный разряд тока короткого замыкания на землю через проводник, все незащищенные проводящие элементы, которые могут заряжаться при электрическом повреждении, должны быть соединены с подсистемой заземления. Импеданс перемычки должен быть достаточно низким, чтобы обеспечить необходимый для устранения повреждения ток посредством срабатывания устройства защиты цепи.

4.2.5.4 Антенные конструкции, предусматривающие противовес, соединенный с обшивкой КА (или встроенный в нее), должны иметь радиочастотную перемычку на конструкцию, так чтобы создавать радиочастотным токам, протекающим по обшивке, низкоимпедансный путь к противовесу и через него.

В зависимости от конструктивного исполнения радиочастотные перемычки подразделяют на неразъемные, разъемные и разрывные. Конструкция, размеры, технические требования, правила приемки и методы контроля перемычек приведены в ГОСТ 18707.

4.2.5.5 Все электронные и электрические элементы, качество функционирования которых может снижаться или которые могут снижать качество функционирования других электронных или электрических элементов из-за воздействия внешней электромагнитной энергии, должны быть соединены с подсистемой заземления подходящими поверхностными перемычками с зачищенными поверхностями, имеющими низкий импеданс на интересующих частотах. Для композиционных материалов металлизация должна быть выполнена по переменному току и импеданс соединения должен соответствовать используемому материалу. Если требуется вибро- или термоизоляция, то могут применяться соединительные перемычки. Эти соединительные перемычки должны быть как можно короче и обеспечивать путь с низкой индуктивностью. Соединительные перемычки следует использовать в последнюю очередь.

4.2.5.6 Любые изолированные проводящие элементы должны быть соединены с подсистемой заземления, чтобы избежать дифференциального накопления заряда, что может привести к электростатическому разряду, если только не показано, что накопление заряда недостаточно, чтобы создать какую-либо опасность.

4.2.5.7 Проводящие элементы, расположенные поблизости от взрывоопасных или воспламеняющихся материалов, должны быть соединены с подсистемой заземления, так чтобы искрение за счет токов короткого замыкания и токов молнии (как при прямом, так и при индуцированном воздействии) или вызванный этим нагрев были недостаточны для загорания воспламеняющегося вещества. В условиях космической плазмы токи короткого замыкания могут проходить через штырьки (подверженные воздействию) разделяемых соединителей. Перед расстыковкой соединителей во взрывоопасной атмосфере и в плазме, создаваемой корректирующими двигателями, должно применяться обесточивание.

4.2.6 Совместимость при связи через антенны (радиочастотная совместимость)

Должна быть подтверждена радиочастотная совместимость между всеми РЭС космического комплекса. Это требование применимо также к межсистемной совместимости, если должен быть требуемый межсистемный интерфейс. Анализ радиочастотной совместимости, если он проводится вместо испытаний, должен учитывать влияние продуктов интермодуляции, внеполосные и побочные излучения, а также побочные каналы приема.

4.2.7 Молниезащита

Космический комплекс должен быть настолько защищен как от прямых, так и от косвенных воздействий молнии, чтобы программа полета могла быть выполнена без ухудшения характеристик после пребывания в грозовой обстановке. Применять процедуру испытаний по [1] (пункт 3.8, раздел 22) для демонстрации совместимости при косвенных воздействиях молнии, и процедуру испытаний по [1] (пункт 3.10, раздел 23) при прямых воздействиях. Молниезащита может обеспечиваться сочетанием эксплуатационных мер и конструктивного предотвращения электрических перенапряжений.

4.2.8 Космический аппарат и накопление статических зарядов

4.2.8.1 Электростатические заряды, накапливаемые в космическом комплексе как от наземных источников при предпусковой подготовке, так и в условиях образования космической плазмы на орбите, должны регулироваться и рассеиваться до такой степени, которая необходима для защиты персонала от поражения, недопущения возгорания топлива, исключения радиочастотных помех и предотвращения разрушения диэлектрических материалов из-за разрядов статического электричества.

4.2.8.2 Нарушения функционирования КА, которые могут явиться результатом индуцированной плазмой и(или) полезным грузом дифференциальной зарядки (создания разностей потенциалов между различными элементами конструкции КА) внешних поверхностей и внутренних компонентов и которые могут приводить к электрическим разрядам, должны быть минимизированы соединением всех проводящих частей и контролем накопления заряда на внешних диэлектрических поверхностях и в объемных диэлектриках.

Дифференциальная электростатическая зарядка должна быть минимизирована избеганием использования почти идеальных диэлектрических материалов на внешней поверхности аппаратов. Должны быть созданы, если это осуществимо, полупроводящие поверхностные покрытия или другие пути утечки заряда.

Электрические соединения изделий ракетной и ракетно-космической техники должны соответствовать требованиям ГОСТ 19005, ГОСТ 18707.

4.2.8.3 Если параметры орбиты таковы, что интенсивность падающего потока электронов достаточна для возникновения внутренней электризации, то должны быть приняты меры защиты, минимизирующие зарядку поверхностей и не допускающие достижение порога электростатического разряда.

4.2.8.4 На всех трубопроводах, магистралях и шлангах, по которым проходят жидкости, должны быть приняты меры разрядки жидкости и системы ее транспортировки, не допускающие электрические разряды.

Металлизация трубопроводов должна соответствовать требованиям ГОСТ 19005, ГОСТ 18714.

4.2.8.5 Нарушения функционирования ракет-носителей, которые могут явиться результатом трибоэлектрической (электростатической) зарядки внешних поверхностей воздействием атмосферных частиц и которые могут приводить к образованию короны или стримерным разрядам и искрению, должны быть предотвращены соединением всех проводящих частей и контролем накопления заряда на внешних диэлектрических поверхностях.

Электрические соединения изделий ракетной и ракетно-космической техники должны соответствовать требованиям ГОСТ 19005, ГОСТ 18707.

4.2.9 Опасность электромагнитного излучения

Космический комплекс должен быть сконструирован так, чтобы топливо, люди, системы подрыва и приводимые в действие электроникой органы управления двигателями малой тяги не подвергались

опасным уровням электромагнитного излучения. Во всех этих случаях должна учитываться полная электромагнитная обстановка, включая возможные помехи от посторонних передатчиков.

4.2.10 Защита от ЭМП

4.2.10.1 Проекты защиты от ЭМП должны учитывать все аспекты этой защиты. Учет жизненного цикла включает определение компонентов и процессов защиты от ЭМП, безотказность, удобство эксплуатации, ремонтопригодность, требования проверки и контроля.

Защита КА от ЭМП должна учитывать, не ограничиваясь этим, следующие требования, относящиеся к жизненному циклу:

- безотказность;
- удобство эксплуатации;
- ремонтопригодность.

4.2.10.2 Схема защиты от ЭМП должна быть по меньшей мере так же безотказна, как оборудование, подсистема или КА, которые она защищает.

4.2.10.3 Схемы защиты должны быть либо доступны и удобны для обслуживания, либо должны быть такими, чтобы они сохранялись в течение всего проектного срока службы КА без обязательного технического обслуживания или контроля. Электрическое соединение, экранирование или другие средства защиты, которые могут отсоединиться, разомкнуться или иным образом перестать работать во время технического обслуживания, и требуемые действия по восстановлению их эффективности должны быть указаны в эксплуатационной документации. Характеристики тех схем защиты, ремонт которых может потребоваться в течение срока службы КА, должны быть заданы так, чтобы их можно было надлежащим образом испытывать или проверять.

4.2.10.4 В потенциально ремонтируемых системах схемы защиты должны быть пригодны для ремонта и замены без снижения первоначального уровня защиты.

4.2.11 Требования по работоспособности БА при воздействии постоянного магнитного поля

Требования по работоспособности БА при воздействии постоянного магнитного поля задают при установке на изделии магнитных исполнительных органов (силовых магнитов).

4.3 Требования по обеспечению электромагнитной совместимости на уровне оборудования

4.3.1 Требования к ЭМС на уровне комплекса должны быть распределены на требования к ЭМП на уровне оборудования. Требования к ЭМП на уровне оборудования должны определяться для каждого разрабатываемого космического комплекса на основе требований, приведенных в 4.3.2—4.3.17, но не ограничиваясь ими. Везде, где это применимо, должны использоваться как методы по умолчанию соответствующие процедуры испытаний, перечисленные в [1]. Матрицы, показывающие требования на уровне оборудования, их применимость и процедуры испытаний в ссылочных документах, приведены в таблицах 1 и 2. Требования к устойчивости, которые имитируют воздействие радиочастотных сигналов, должны основываться на характеристиках модуляции, свойственных реальным радиочастотным сигналам КА.

Примечание — Допустимо и рекомендуется применять современные средства измерительной техники (например, фирм Rohde & Schwarz, Agilent, Marconi).

Таблица 1 — Матрица видов и применимости испытаний на уровне оборудования (эмиссия)

Вид испытаний	Пункт требования/ метода	Применимость	Ссылочные методы испытаний	Альтернативные методы
Кондуктивные помехи на шине питания, наводимые источником, временная и частотная область	4.3.2/5.3.2	Требуется для подсистемы электропитания	Приведен в приложениях Б, Е	—
Кондуктивные помехи на шине питания, наводимые нагрузкой, частотная область	4.3.3/5.3.3	Требуется	Приведен в приложении В	Приведен в [2] (пункты 5.4.2 и 5.4.3)
Контроль наводимых нагрузкой коммутационных процессов большой длительности	4.3.4 б)/5.3.4.2	При необходимости	Приведен в приложении Г	Приведен в [2] (пункт 5.4.4)

Окончание таблицы 1

Вид испытаний	Пункт требования/ метода	Применимость	Ссылочные методы испытаний	Альтернативные методы
Контроль быстрых коммутационных процессов	4.3.4 в)/5.3.4.3	Требуется	Приведен в приложении Г	Приведен в [2] (пункт 5.4.4)
Пульсации во временной области, наведенные нагрузкой на шине питания	4.3.5/5.3.5	При необходимости	Приведен в приложении Д	—
Кондуктивные помехи в сигнальных кабелях, частотная область	4.3.6/5.3.6	При необходимости	Приведен в приложении М	Приведен в [2] (пункт 5.4.3)
Уровни побочных и внеполосных сигналов в тракте АФУ	4.3.7/5.3.7	Требуется для радиопередатчиков и АФУ	В соответствии с ГОСТ Р 50842	—
Излучаемые помехи в виде магнитного поля	4.3.8/5.3.8	При необходимости	Приведен в приложении Ж	Приведен в [2] (пункт 5.4.5)
Излучаемые помехи в виде электрического поля	4.3.9/5.3.9	Требуется	Приведен в приложении И	Приведен в [2] (пункт 5.4.6)
Примечание — «При необходимости» означает задание требований по усмотрению заказывающей организации или КСЭМС.				

Таблица 2 — Матрица видов и применимости испытаний на уровне оборудования (устойчивость)

Вид испытаний	Пункт требования/ метода	Применимость	Ссылочные методы испытаний	Альтернативные методы
Устойчивость к низкочастотным пульсациям в линии питания	4.3.10/5.3.10	Требуется	Приведен в приложении К	Приведен в [2] (пункт 5.4.7)
Устойчивость к коммутационным переходным процессам в линии питания	4.3.11/5.3.11	Требуется	Приведен в приложении Л	Приведен в [2] (пункт 5.4.9)
Устойчивость к кондуктивным эффектам излучаемых электромагнитных полей	4.3.12/5.3.12	При необходимости	Приведен в приложении М	Приведен в [2] (пункт 5.4.8)
Устойчивость к излучаемым магнитным полям звуковой частоты	4.3.13/5.3.13	При необходимости	Приведен в приложении Н	Приведен в [2] (пункт 5.4.10)
Устойчивость к излучаемым электромагнитным полям	4.3.14/5.3.14	Требуется	Приведен в приложении П	Приведен в [2] (пункт 5.4.11)
Устойчивость к наводимым магнитными полями сигналам в оборудовании и кабелях	4.3.15/5.3.15	При необходимости	Приведен в приложениях Р, С	Приведен в [2] (пункт 5.4.10)
Устойчивость к внеполосным помехам на антенных разъемах	4.3.16/5.3.16	Приемники	Зависит от типа приемника	—
Устойчивость к электростатическому разряду	4.3.17/5.3.17	Требуется или обусловлена необходимостью проверки защищенности аппаратуры с учетом особенностей ее эксплуатации	В соответствии с ГОСТ 19005, ГОСТ Р 51317.4.2, ГОСТ Р 51317.4.4, ГОСТ Р 53734.5.1	Приведен в [2] (пункт 5.4.12)
Примечание — «При необходимости» означает задание требований по усмотрению заказывающей организации или КСЭМС.				

4.3.2 Требования по защите от кондуктивных помех на шине питания, наведенных источником во временной и частотной области, предъявляются только к подсистеме электропитания. Требования относятся к шине питания, нагружаемой на активное сопротивление. Пульсации напряжения на шине питания должны удовлетворять требованиям к качеству электроэнергии при всех уровнях нагрузки. Должен также предусматриваться контроль кондуктивных помех с целью ограничения излучаемых помех от шины питания.

4.3.3 Требования по защите от кондуктивных помех на шине питания, наведенных нагрузкой в частотной области, предъявляются к оборудованию и(или) подсистемам, работающим от шины питания, которая может совместно использоваться полезными грузами. При разработке требований к кондуктивным помехам полная сумма всех наведенных нагрузкой пульсаций напряжения на шине питания должна удовлетворять требованиям к качеству электроэнергии. К каждому оборудованию и(или) подсистеме должны предъявляться требования по помехам в виде пульсаций дифференциального и синфазного типа, так чтобы вклад помех от подсистем не выходил за пределы спецификации качества напряжения на шине питания. Нормы кондуктивных помех должны учитывать также воздействие радиочастотных излучаемых помех на приемники.

4.3.4 Коммутационные переходные процессы, наведенные нагрузкой на шине питания:

1) должны контролироваться воздействия двух типов коммутационных процессов. Это переходные процессы большой продолжительности (миллисекундной длительности) и быстрые переходные процессы (субмиллисекундной длительности);

2) наведенные нагрузкой коммутационные переходные процессы большой продолжительности должны быть ограничены так, чтобы подсистема питания была способна поддерживать уровни напряжения в пределах допусков спецификации на качество электроэнергии;

3) наведенных нагрузкой быстрые коммутационные переходные процессы (огибающие коммутационных переходных процессов) должны контролироваться так, чтобы спецификация качества электроэнергии могла обеспечить точные огибающие нормальных переходных процессов. Должны контролироваться как амплитуда, так и длительность переходных процессов при включении, выключении и коммутации. Каждый из переходных процессов может оцениваться отдельно, если они не являются часто повторяющимися переходными процессами, в последнем случае их можно измерять в частотной области.

4.3.5 Требования по защите от пульсации во временной области, наведенной нагрузкой на шине питания, могут предъявляться в дополнение к требованиям 4.3.2. Огибающая во временной области размаха пульсации, создаваемая на импедансе источника питания испытываемым изделием, должна контролироваться так, чтобы спецификация качества электроэнергии обеспечивала точный учет наведенных нагрузкой эффектов.

4.3.6 Синфазный ток в кабельном жгуте должен контролироваться в специфической для целевой задачи частотной области, если необходимо избежать кондуктивных помех в рабочем диапазоне приемников и другой чувствительной электронной аппаратуры.

4.3.7 Контроль уровней побочных и внеполосных сигналов в тракте АФУ должен осуществляться, чтобы обеспечить радиочастотную совместимость при связи через антенны. При задании норм и частотных диапазонов должны учитываться вопросы:

- чувствительности приемных подсистем, которые могут подвергаться помехам (приемника, линии передачи, антенны), включая внеполосные каналы приема;
- исключения регулирования частоты передачи и ширины полосы модуляции, несущей информацию (для передатчиков, приемопередатчиков);
- самой высокой и самой низкой рабочих частот, используемых приемниками космического комплекса;
- характеристики усиления антенн и потерь в фидерных трактах.

4.3.8 Излучаемые помехи в виде непреднамеренного магнитного поля должны быть ограничены до уровней, при которых не нарушается работа приборов для измерения низкочастотного магнитного поля.

4.3.9 Излучаемые в виде электрического поля помехи от любых оборудования и(или) подсистем должны контролироваться. Должно быть обращено особое внимание на диапазоны частот, используемые приемниками КА и(или) полезного груза и ракеты-носителя. Кроме того, оборудование и(или) подсистемы, закупаемые для системы многократного применения, должны удовлетворять требованиям к излучаемым помехам в виде электрического поля в диапазонах частот всех приемников предполагаемого полезного груза. Норма(ы) должна(ы) отражать требуемую по условиям эксплуатации чувствительность подверженных помехам приемников, усиление, размещение их антенн и направление на них.

4.3.10 Оборудование должно быть устойчиво к низкочастотным пульсациям в линии питания с уровнями, допускаемыми спецификацией качества электроэнергии, и соответствующими уровнями кондуктивных помех. Должны быть обеспечены соответствующие запасы между допускаемыми пульсациями на шине и восприимчивостью оборудования.

4.3.11 Оборудование должно быть устойчиво к наводимым нагрузкой коммутационным переходным процессам на шине питания, как задано спецификацией качества электроэнергии.

4.3.12 Оборудование, работающее в космическом комплексе и подвергаемое воздействию преднамеренного радиочастотного излучения, должно быть устойчиво к токам синфазного типа, наводимым в подсоединенных к оборудованию кабелях и проводах питания. Это требование применимо только в диапазонах, где вероятно или ожидается преднамеренное радиочастотное излучение. Это требование может быть выполнено проведением испытаний ввода объемного тока на частотах до 400 МГц.

4.3.13 Устойчивость к излучаемым магнитным полям должна быть обеспечена в том случае, если будет генерироваться переменное магнитное поле, которое может помешать оборудованию космического комплекса.

4.3.14 Устойчивость оборудования к преднамеренно и непреднамеренно излучаемым радиочастотным полям должна контролироваться в степени, необходимой для обеспечения ЭМС на уровне комплекса. Особое внимание должно быть уделено диапазонам, где работают передатчики КА, и диапазонам, где передатчики, внешние по отношению к КА, облучают его с интенсивностью, достаточной, чтобы устойчивость нужно было контролировать.

4.3.15 Если в космическом комплексе используется кабельная сеть высокой плотности, то для контроля связи между кабелями может проводиться испытание устойчивости к наводимым сигналам. В этом случае должны учитываться связь за счет магнитного поля звуковой частоты и связь за счет переходных процессов.

4.3.16 Отклик радиоприемника на внеполосные помехи на антенных разъемах должен контролироваться. Должны контролироваться побочные каналы приема, а также перекрестная модуляция и интермодуляция.

4.3.17 Предусматривается нормирование электростатического разряда для обеспечения устойчивости оборудования и безопасного обслуживания. Реальные квалификационные нормы устойчивости к электростатическому разряду должны задаваться в ТЗ (ТТЗ) на космический комплекс и отражать обстановку в течение всего срока службы оборудования, от окончательной сборки до завершения программы полета. Зарядка КА рассматривается в 4.2.8.

5 Виды и условия испытаний на соответствие требованиям по ЭМС комплекса

5.1 Общие требования к космическому комплексу

5.1.1 Головное предприятие-разработчик комплекса (или разработчик изделия комплекса) должны нести полную ответственность за подтверждение того, что все конструктивные требования настоящего стандарта выполнены. Специфические задачи при необходимости могут быть делегированы организациям-соисполнителям непосредственно или через КСЭМС. Проверка должна осуществляться в ходе квалификационных испытаний, анализа, осмотра или методом подобия, как это будет утверждено заказывающей организацией.

5.1.2 План проверки электромагнитных эффектов на уровне комплекса составляется с учетом приводимых ниже требований.

5.1.2.1 Головное предприятие-разработчик комплекса (или разработчик изделия комплекса) должны подготовить план проверки электромагнитных эффектов на уровне комплекса, задающий в деталях методологию, которая должна применяться для проверки выполнения каждого требования к электромагнитным эффектам, а также критерии успеха для каждого оборудования и(или) подсистемы. В этом документе должны быть предусмотрены подробные планы демонстрации ЭМС на уровне космического комплекса. Утверждение этого плана заказывающей организацией должно предшествовать началу квалификационных испытаний. План проверки электромагнитных эффектов должен включать в том числе методы проверки на уровне комплекса и условия испытаний. Рекомендации по содержанию плана проверки электромагнитных эффектов на уровне комплекса приведены в приложении Т.

5.1.2.2 Проверка, если она осуществляется методом испытаний, может быть разделена на проверку опытного образца и проверку летного изделия в зависимости от адекватности опытного образца

и степени успешности его испытаний. Проверка на уровне комплекса должна включать методы, процедуры и приборы, необходимые для документирования результатов испытаний.

5.1.2.3 Должен быть определен требуемый персонал, включая представителей заказывающей организации, головного предприятия-разработчика комплекса (или разработчика изделия комплекса), организаций-соисполнителей и органов контроля качества. Кроме того, должно быть определено требуемое испытательное оборудование, включая описание уникальных приборов для испытаний ЭМС посредством стимулирования и измерения электрических, электронных и механических откликов оборудования и(или) подсистем, подлежащих контролю в ходе программы испытаний, в том числе измеренные характеристики любых эквивалентов сети, применяемых при испытаниях на уровне комплекса.

Системы ракетных комплексов, имеющие в своем составе приборные контейнеры и протяженную кабельную сеть, должны проходить испытания на ЭМС в составе космического комплекса (ракеты) при штатной трассировке кабельной сети, размещении приборных контейнеров и приборов.

Критерием оценки соответствия результатов испытаний ЭМС является выход на режим «Норма» штатной диагностической аппаратуры.

5.1.3 Головное предприятие—разработчик комплекса (или разработчик изделия комплекса) должны подготовить отчет о проверке электромагнитных эффектов. Отчет о проверке электромагнитных эффектов должен содержать материалы, демонстрирующие, что каждое требование настоящего стандарта выполнено. Отчет должен включать материалы по каждому отдельному испытанию и(или) цели испытаний.

Рекомендации по содержанию отчета о проверке электромагнитных эффектов приведены в приложении У.

Примечание — Применительно к требованиям более низкого уровня приемлема сводка результатов и ссылок на отчеты о проверке на уровне оборудования.

5.1.4 Коэффициенты безопасности, если они не были ранее определены испытаниями на уровне оборудования или анализом, должны быть продемонстрированы на уровне интегрированного комплекса при работе оборудования и(или) подсистем в режиме, имитирующем реальные операции. Должны быть либо встроены контролируемые цепи для непосредственного измерения наводимого шума, либо уменьшено действующее отношение сигнал/шум на величину коэффициента безопасности, в зависимости от того, что правильнее технически и практичнее в реализации. При демонстрации коэффициентов безопасности устройств, восприимчивых во временной области (включая ЭВУ), должны применяться методы проверки коэффициентов безопасности во временной области.

Если действующее отношение сигнал/шум уменьшается на величину коэффициента безопасности, то нет необходимости в непосредственном измерении при текущем контроле цепи, надлежащая работа оборудования и(или) подсистемы демонстрирует наличие запаса надежности. Типичными для цепей ЭВУ методами являются применение сенсибилизированных ЭВУ (плавких перемычек на одну десятую безопасного тока реальных ЭВУ) или же термопары либо других приспособлений для измерения температуры в реальных перемычках.

5.2 Специальные требования к космическому комплексу

5.2.1 Внешняя электромагнитная обстановка

Космический комплекс должен быть подвергнут воздействию, соответствующему внешней электромагнитной обстановке, заданной согласно 4.2.1.

Если облучение всего космического комплекса не осуществимо, то для проверки выполнения этого требования может быть проведен анализ результатов испытаний на уровне оборудования и(или) подсистем.

5.2.2 Внутрисистемная ЭМС

Внутрисистемная совместимость должна быть продемонстрирована подходящим сочетанием испытаний и анализа. Перед испытанием ЭМС на уровне космического комплекса все оборудование и(или) подсистемы должны пройти процедуру проверки нормального функционирования после установки на платформу.

Рекомендации по демонстрации ЭМС приведены в приложении Ф.

5.2.3 Контроль ЭМП

5.2.3.1 Предшествующее подтверждение соответствия характеристик оборудования и(или) подсистем требованиям 4.3 обеспечивает выполнение требований к испытаниям на уровне комплекса. При проведении испытаний должны быть предусмотрены специфические для целевой задачи или специальные испытательные процедуры для задействования всего оборудования, включенного в матрицу.

5.2.3.2 Основой для оценки результатов испытаний ЭМС на уровне комплекса является успешное демонстрационное испытание комплекса.

5.2.4 Конструкция заземления и монтажа

5.2.4.1 Соответствие проекту электрического заземления и изоляции на уровне комплекса должно быть подтверждено схемой заземления на уровне комплекса (однолинейных схем недостаточно) и испытанием космического комплекса в сборке.

Контроль заземления — в соответствии с ГОСТ 19005.

5.2.4.2 Реализация категорирования проводов должна проверяться при анализе проекта и методом осмотра.

5.2.5 Электрическое соединение (металлизация)

5.2.5.1 Соответствие требованиям электрического соединения должно быть подтверждено испытаниями, анализом или осмотром, как это подходит для конкретных соединителей. Совместимость с методами борьбы с коррозией должна быть подтверждена демонстрацией того, что были реализованы такие процессы изготовления, которые предусматривают борьбу с коррозией.

Контроль металлизации — в соответствии с ГОСТ 19005.

5.2.5.2 Соединение для путей возврата тока должно быть продемонстрировано анализом путей возврата электрического тока, уровней электрического тока и измерением величин сопротивления соединений.

5.2.5.3 Соединение для предотвращения опасности поражения электрическим током должно быть подтверждено испытаниями, анализом и осмотром, как это подходит в данном конкретном случае.

5.2.5.4 Электрическое соединение противовеса антенны с конструкцией должно быть подтверждено испытаниями, анализом и осмотром, в зависимости от конкретного случая.

5.2.5.5 Подтверждение соединений на миллиомном уровне, требуемых для подавления радиочастотных помех, должно производиться специальными миллиомметрами с низким выходным напряжением переменного тока. Выходное напряжение измерителя должно быть напряжением переменного тока, чтобы обеспечить эффективное измерение без помех от гальванических напряжений. Если имеется только измеритель на постоянном токе, то должны производиться два измерения, причем при втором измерении пробники омметра необходимо поменять друг с другом по сравнению с первым измерением и оба измерения усреднить, чтобы получить правильное значение активного сопротивления соединения. Если то же самое соединение используется как путь возврата при повреждении, то оно может быть испытано на соответствие этому требованию с использованием высоковольтного сильноточного омметра, но только после того, как закончены низковольтные слаботочные измерения.

5.2.5.6 Достаточность соединения разрядных элементов, тепловых покрытий или металлических изделий, требующих металлизацию для выравнивания статического потенциала, должна быть подтверждена испытаниями на собранной конструкции.

Измерить переходные сопротивления по ГОСТ 19005 либо имитировать зарядку составных частей изделий ракетно-космической техники в условиях, идентичных условиям эксплуатации.

5.2.5.7 Соединение проводящих элементов, расположенных поблизости от взрывоопасной атмосферы, должно быть подтверждено сочетанием анализа, испытаний и осмотра. Схема обесточивания должна проверяться контролем соответствующих чертежей, логики управления и испытанием, как удобнее.

5.2.6 Совместимость при связи через антенны (радиочастотная совместимость)

Для обеспечения радиочастотной совместимости как части плана обеспечения ЭМС должен быть выполнен анализ, который должен выявить опасные частоты. Затем они должны быть проверены для демонстрации совместимой работы. В испытаниях РЭС на ЭМС передатчики и приемники (в частном случае передатчик-приемник) должны работать, имитируя эксплуатацию во время программы полета (штатную работу). Совместимость подвергаемого помехам приемника с источником помех должна демонстрироваться его способностью принимать минимальный полезный сигнал. Обеспечение ЭМС РЭС должно подтверждаться сочетанием расчета и анализа ЭМС и испытанием РЭС на ЭМС с выпуском отчета.

5.2.7 Молниезащита

Защита от молнии как при прямом, так и при косвенном воздействии, должна быть проверена подходящим сочетанием испытаний, анализа и осмотра, как удобнее.

Методы испытаний приведены в [1] (подразделы 3.8 и 3.10).

5.2.8 Космический аппарат и накопление статических зарядов

5.2.8.1 Достаточность защиты от накопления статических зарядов должна быть подтверждена экспериментальным или расчетно-экспериментальным методами.

5.2.8.2 Достаточность защиты от индуцированной плазмой или полезным грузом дифференциальной зарядки и разрядки должна подтверждаться экспериментальным или расчетно-экспериментальным методами.

5.2.8.3 Достаточность защиты от воздействий внутренней электризации должна быть подтверждена экспериментальным или расчетно-экспериментальным методами.

5.2.8.4 Достаточность контроля электризации (зарядки) трубопроводов должна подтверждаться проверкой выполнения требований ГОСТ 19005 (пункты 1.6.5—1.6.9).

5.2.9 Опасность электромагнитного излучения

Защищенность от радиочастотного облучения топлива, людей, систем подрыва (включая ЭВУ), а также органов управления полетом и(или) двигателями и(или) двигателями малой тяги (от излучаемых полей высокой интенсивности) должна быть подтверждена приемлемым сочетанием испытаний, анализа и осмотра.

5.2.10 Срок службы

Конструктивные характеристики системы, реализованные для целей ЭМС, должны соответствовать требования к сроку службы по безотказности, удобству обслуживания и ремонтопригодности. Должны быть продемонстрированы удобство обслуживания, испытаний и способность обнаруживать ухудшения. Методы и средства технического обслуживания должны быть указаны в отчете о проверке электромагнитных эффектов и соответствующих документах по техническому обслуживанию.

5.2.11 Внешнее заземление

Надлежащие размещение и маркировка приспособлений для внешнего заземления КА должны быть подтверждены осмотром. Соответствие требованиям электрического соединения должно быть подтверждено испытаниями.

Контроль заземления — в соответствии с ГОСТ 19005.

5.2.12 Постоянные магнитные поля

Подтверждение работоспособности БА при воздействии постоянного магнитного поля проводится разработчиком БА путем проведения автономных испытаний на заводе изготовителе БА.

5.3 Испытания электромагнитных помех на уровне оборудования

5.3.1 Для подтверждения соответствия требованиям 4.3.1—4.3.17 в максимально возможной степени должны использоваться процедуры испытаний согласно [1]. Ссылки на конкретные процедуры испытаний [1] приведены в таблицах 1 и 2. Это необходимо для минимизации стоимости испытаний (минимизации закупок испытательного оборудования, которого обычно нет в лабораториях по испытаниям ЭМП). В некоторых случаях стандартные методы испытаний могут оказаться неподходящими для данного требования к ЭМС. Кроме того, в некоторых случаях стандартные процедуры испытаний ЭМП не предназначены для решения вопросов ЭМС КТ. Эти специальные вопросы регламентируются в 5.3.2—5.3.17. Могут применяться и другие стандарты при условии, что испытательное расстояние между антенной и испытуемым изделием равно 1 м, применяется пиковое детектирование и оборудование размещается на плоскости заземления подобной той, что будет в реальном полете. ТЗ, которые не удовлетворяют этим критериям, должны быть пересмотрены заказывающей организацией.

При испытаниях уровней помех, требующих просмотра некоторого диапазона частот, должны контролироваться ширина полосы измерения и скорость или шаг перестройки частоты. Скорость перестройки должна быть достаточно низкой, чтобы полностью заряжался полосовой фильтр наименьшей промежуточной частоты, а размер шага должен быть ограничен половиной ширины полосы измерения. При определении времени перестройки частоты должно учитываться функционирование испытываемого изделия. Оборудование и(или) подсистемы, которые выполняют некоторый цикл операций, требуют нескольких итераций просмотра излучений, чтобы охватить все возможные излучения.

При испытаниях устойчивости, которые требуют просмотра некоторого диапазона частот, должны регулироваться число испытательных частот и время задержки срабатывания. Если оборудование выполняет цикл операций, то при испытаниях кондуктивных помех и излучаемых помех в частотной области должен быть установлен и реализован самый «зашумленный» цикл.

Методики испытаний на уровне оборудования должны быть оценены головным разработчиком.

Примечание — Параметры эквивалентов сети электропитания указываются головным разработчиком КА в ТЗ на оборудование.

5.3.2 Кондуктивные помехи на шине питания во временной и частотной области должны проверяться испытанием. Пульсации напряжения во временной области должны измеряться непосредствен-

но на активной нагрузке с использованием осциллографа. Пульсации напряжения в частотной области могут быть измерены аналогично (см. приложение Б). Ширина полосы осциллографа должна быть совместима с шириной полосы, указанной в стандарте качества электроэнергии.

Метод испытаний приведен в приложении Б.

5.3.3 Кондуктивные помехи на шине питания, наводимые нагрузкой, в частотной области должны проверяться испытанием. Это требование может быть предъявлено как норма пульсаций напряжения и(или) тока. Задается эквивалент сети в частотной области. Эквивалент сети согласно [1] не обеспечивает адекватного контроля на частотах ниже 150 кГц. Применительно к кондуктивным помехам на частотах ниже 150 кГц контроль должен осуществляться исключительно по току.

Ниже 150 кГц ширина полосы должна быть менее 2 % частоты настройки, за исключением очень близких к постоянному току, где требование к ширине полосы таково, чтобы загрязнение шумового фона гетеродином контролировалось до уровня по меньшей мере на 6 дБ ниже нормы спецификации.

Метод испытаний приведен в приложении Б.

Альтернативные методы — согласно [3] (пункты 5.4.2 и 5.4.3).

5.3.4 Коммутационные переходные процессы, наведенные нагрузкой на шине питания должны проверяться с учетом приводимых ниже рекомендаций.

5.3.4.1 Методы измерения напряжения переходных процессов как большой продолжительности (падение напряжения на внутреннем сопротивлении), так и быстрых, обусловленных изменением тока во времени, приведены в 5.3.4.2 и 5.3.4.3.

5.3.4.2 В целях контроля подавления наведенных нагрузкой коммутационных переходных процессов большой продолжительности пусковой ток должен проверяться испытанием. Рекомендации по измерению приведены в приложении Г.

Альтернативный метод — согласно [2] (пункт 5.4.4).

5.3.4.3 Наведенные нагрузкой быстрые коммутационные переходные процессы должны проверяться испытанием. Нормы напряжения переходных процессов, продолжающихся менее 50 мкс, могут контролироваться с тем же самым эквивалентом сети согласно [1], который используется для измерения напряжения кондуктивных помех в частотной области. Если необходимо измерять напряжения переходных процессов длительностью более 50 мкс, то должна быть сконструирована специальная модель импеданса источника питания космического комплекса Чтобы точно измерять переходный процесс во временной области от начала до установившегося состояния, импеданс схемы имитации должен быть определен до постоянного тока. Импеданс источника питания испытательной установки, на котором происходит падение напряжения переходного процесса, должен быть выше импеданса проводки шины питания исследуемого космического комплекса.

Схема испытаний и подробности процедур приводятся в приложении С. Если в испытуемом изделии не предусматривается коммутация литания, то материалы по переходным процессам при выключении служат только для информации.

Метод испытаний приведен в приложении Г.

Альтернативный метод — согласно [2] (пункт 5.4.4).

5.3.5 Пульсации во временной области, наведенные нагрузкой на шине питания должны проверяться испытанием. Рекомендации приведены в приложении Т. Если используется шина переменного тока или необходим гарантированный импеданс источника в более широком диапазоне частот, то должен быть применен эквивалент сети, соответствующий реальной шине питания.

5.3.6 Кондуктивные помехи в сигнальных кабелях в частотной области должны проверяться испытанием. Соответствие этому требованию должно подтверждаться для каждого отдельного испытываемого кабеля. Могут применяться другие методы проверки, если получено согласие заказывающей организации.

Метод испытаний приведен в приложении М.

Альтернативный метод — согласно [2] (пункт 5.4.3).

5.3.7 Когда только возможно, соответствие должно подтверждаться при непосредственном коаксиальном и(или) волноводном соединении антенного разъема и измерителя ЭМП. Рассогласования импедансов должны компенсироваться трансформаторами импедансов или согласующими цепями, а соответствующие потери учитываться. Если измерение при непосредственном соединении реализовать нельзя, то должны быть проведены испытания с двумя антеннами. В этом случае должна быть использована антенна испытываемого изделия, а приемные антенны должны по возможности близко имитировать антенны приемников, подвергающихся помехам.

Методы испытаний — в соответствии с ГОСТ Р 50842.

5.3.8 Обеспечение качественной работы приборов для измерения постоянного магнитного поля должно проводиться путем размещения его в области, где на расстоянии 0,5 м от него отсутствуют электрическое оборудование с мощностью потребления более 50 Вт и кабели питания с током более 1 А.

Излучаемые низкочастотные помехи в виде магнитного ноля должны измеряться от оборудования, которое расположено на расстоянии ближе 0,5 м к прибору для измерения магнитного поля.

Метод испытаний приведен в приложении Ж.

Альтернативный метод — согласно [2] (пункт 5.4.5).

5.3.9 Излучаемые помехи в виде электрического поля должны проверяться испытанием.

Метод испытаний приведен в приложении И.

Альтернативный метод — согласно [2] (пункт 5.4.6).

5.3.10 Устойчивость к пульсациям звуковой частоты в линии питания должна проверяться испытанием.

Метод испытаний приведен в приложении К.

Альтернативный метод — согласно [2] (пункт 5.4.7).

5.3.11 Устойчивость к коммутационным переходным процессам в линии питания должна проверяться испытанием.

Метод испытаний приведен в приложении Л.

Альтернативный метод — согласно [2] (пункт 5.4.9).

5.3.12 Устойчивость к кондуктивным эффектам излучаемых электромагнитных полей должна проверяться испытанием. Токи и(или) напряжения заданного уровня должны вводиться через зажимы ввода объемного тока, которые характеризуются зависимостью вносимых ими потерь от частоты.

Метод испытаний приведен в приложении М.

Альтернативный метод — согласно [2] (пункт 5.4.8).

5.3.13 Устойчивость к излучаемым магнитным полям звуковой частоты должна проверяться испытанием. Предпочтительное средство демонстрации соответствия устойчивости предъявляемым требованиям — катушка Гельмгольца. Если испытываемое изделие велико, то может применяться локализованный источник магнитного поля (переносная рамка). Физические размеры и проводимый ток обоих источников калибруются.

Метод испытаний приведен в приложении Н.

Альтернативные методы — согласно [2] (пункт 5.4.10).

Примечание — Это испытание обычно не требуется, за исключением научных КА, где применяются магнитометры, или КА, на которых есть магнитные датчики моментов.

5.3.14 Устойчивость к излучаемым электромагнитным полям должна проверяться испытанием. Предпочтительно проводить испытания в безэховой камере.

Метод испытаний приведен в приложении П.

Альтернативный метод — согласно [2] (пункт 5.4.11).

5.3.15 Устойчивость к наводимым магнитными полями сигналам в кабелях должна проверяться испытанием.

Метод испытаний приведен в приложении Р.

5.3.16 Устойчивость к внеполосным помехам на антенных разъемах должна проверяться испытанием. Методы проверки сильно зависят от типа приемника, подвергаемого квалификационным испытаниям. Методы должны быть представлены в соответствующем разделе Плана обеспечения ЭМС до начала испытаний.

5.3.17 Устойчивость к электростатическому разряду должна подтверждаться расчетно-экспериментальным либо экспериментальным методами.

Устойчивость к электростатическому разряду должна подтверждаться на экспериментальных или опытных образцах комплексов.

Допускается проведение испытания летного образца КА на стойкость к воздействию электростатического разряда и его факторов после проведения автономной экспериментальной отработки всей БА (при проведении лабораторно-отработочных, конструкторско-доводочных, приемо-сдаточных испытаний).

Методы испытаний — в соответствии с ГОСТ 19005, ГОСТ Р 51317.4.2, ГОСТ Р 51317.4.4, ГОСТ Р 53734.5.1. Альтернативный метод — согласно [2] (пункт 5.4.12).

Приложение А
(рекомендуемое)

Рекомендации по мерам обеспечения электромагнитной совместимости на уровне комплекса

А.1 Типовые этапы программы обеспечения ЭМС на уровне комплекса и соответствующие проводимые мероприятия по ЭМС приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Обеспечение ЭМС на уровне комплекса

Этапы программы	Проводимые мероприятия по ЭМС
Выдача заявки на предложения	Выдача ТЗ по ЭМС Задание требований к интерфейсу космического комплекса Задание известных условий эксплуатации Учреждение КСЭМС (головные предприятия-разработчики комплекса (разработчики изделия комплекса) включаются с началом действия контракта)
Экспертиза задания требований	Задание требований по ЭМС на уровне комплекса Задание требований к распределению питания в космическом комплексе Задание требований к кондуктивным и излучаемым помехам на уровне оборудования Задание требований к восприимчивости к кондуктивным и излучаемым помехам на уровне оборудования Задание методов подтверждения коэффициентов безопасности на уровне комплекса Задание предварительного распределения питания и конфигурации заземления и(или) изоляции
Предварительная экспертиза проекта	Проведение исследования электромагнитной обстановки — требования к излучаемым и кондуктивным ЭМП в ДКИ Представление распределения питания и схемы конфигурации заземления или изоляции Представление данных о физическом расположении устройств согласования питания (преобразователя питания) Представление данных о всех нагрузках и расположении одноточечных заземлений Представление первого варианта плана обеспечения ЭМС или контрактной документации по ЭМС, устанавливающей методы обеспечения ЭМС Задание технических функций кабельной сети и ответственности за соединение блоков или систем Представление результатов макетных испытаний кондуктивных помех в линиях питания — нет необходимости приемки, но нужно определить необходимость фильтрации Определение перечня вероятных опасностей Определение конфигурации соединителей или проводов питания и представление предложений по прокладке сигнальных цепей и экранированию Описание предполагаемого использования коммерческих стандартных изделий Описание расположения устройств подавления переходных процессов Выявление проблем, связанных с электростатической зарядкой, и представление предложений по их решению

Окончание таблицы А.1

Этапы программы	Проводимые мероприятия по ЭМС
Критическая экспертиза проекта	Проведение экспертизы результатов испытаний опытного образца Проверка выполнения требований ДКИ Представление на рассмотрение скорректированного плана обеспечения ЭМС Представление перечня закрытия выявленных замечаний по ЭМС Задание испытаний или демонстрации для подтверждения ЭМС космического комплекса
Поставка и испытания летного оборудования	Требуемые поставки Реализация при необходимости отступлений от требований
Комплексные испытания первого летного изделия	Проверка соответствия ЭМС Рассмотрение необходимости корректировки окончательного плана обеспечения ЭМС Устранение несоответствия результатов проверки проекту
Примечание — Этапы программы могут изменяться в зависимости от ее структуры.	

А.2 Первая и последующие редакции программы обеспечения ЭМС должны подготавливаться и представляться в соответствии со сроками, предусмотренными контрактом. Как правило, программа обеспечения ЭМС — это документ, действие которого не прекращается, пока не будет завершена закупка. Однако в некоторых организациях действие этого руководящего документа заканчивается на ранней стадии программы, а для контроля обеспечения ЭМС применяется отчет о конструктивном анализе или другая документация по ЭМС.

А.3 Программа обеспечения ЭМС должна разрабатываться, прежде всего, на составные части космического комплекса.

Приложение Б
(справочное)

Измерение наводимых источником кондуктивных помех на шине питания во временной и частотной областях

Б.1 Кондуктивные помехи на шине питания во временной и частотной областях должны измеряться при испытаниях согласно [3] (подпункт А.3.3.2). Пульсации напряжения должны измеряться непосредственно на активной нагрузке.

Б.2 Пульсации напряжения в частотной области могут быть измерены с использованием цифрового запоминающего осциллографа с быстрым преобразованием Фурье или при сопряжении с компьютером, осуществляющим быстрое преобразование Фурье. Ширина полосы цифрового запоминающего осциллографа должна быть совместима с шириной полосы, указанной в стандарте на качество электроэнергии. В связи с тем, что шум подсистемы питания, нагруженной на чисто активную нагрузку, может быть по своей природе только периодическим, достаточно, чтобы повторяющаяся ширина полосы цифрового запоминающего осциллографа удовлетворяла требованию к ширине полосы при измерении качества электропитания. Для этой цели достаточно, чтобы при однократных событиях цифровой запоминающий осциллограф мог захватывать 100-наносекундный переходный процесс.

Б.3 Если используется 50 Ом измеритель ЭМП, то должен быть предусмотрен фильтр верхних частот, который предотвращает повреждение измерителя напряжением частоты питания.

Б.4 Если для контроля излучаемых помех задаются нормы на кондуктивные помехи в частотной области, то применение токосъемника должно быть обязательным. В этом случае необходимо применять токосъемник ЭМП, в который встроена функция фильтра верхних частот. Такие измерения подобны тем, что требуются для синфазного режима, поэтому токосъемник должен размещаться и вокруг фидера, и вокруг возвратных линий.

Приложение В
(рекомендуемое)

Измерение кондуктивных помех в проводах питания в диапазоне от 30 Гц до 10 кГц (метод CE101)

В.1 Данный метод испытаний согласно [4] применяют для проверки того, что ЭМП от ИО в проводах питания, включая обратные провода, не превышают заданных значений.

В.2 Должно применяться следующее испытательное оборудование:

- измерительные приемники;
- токосъемники;
- генератор сигналов;
- устройство регистрации данных;
- осциллограф;
- резистор (*R*);
- эквиваленты сети.

В.3 Схемы испытательной установки при различных вариантах размещения оборудования приведены на рисунках В.1—В.4.

В.4 Испытуемое оборудование должно располагаться, как показано на соответствующих общих схемах испытательных установок, показанных на рисунках В.1—В.4. Эти схемы должны выдерживаться при любых испытаниях, если только для некоторой конкретной методики не указано иное.

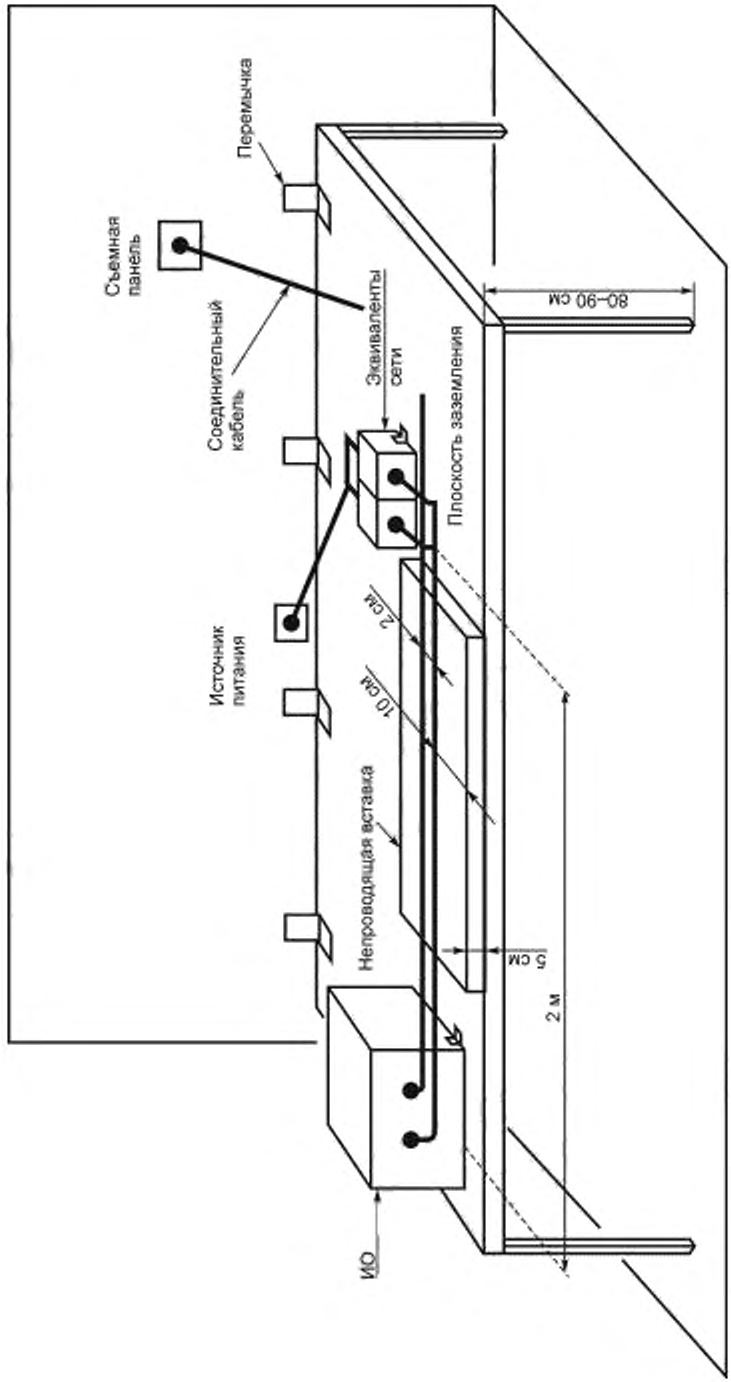


Рисунок В.1 — Общий вид испытательной установки

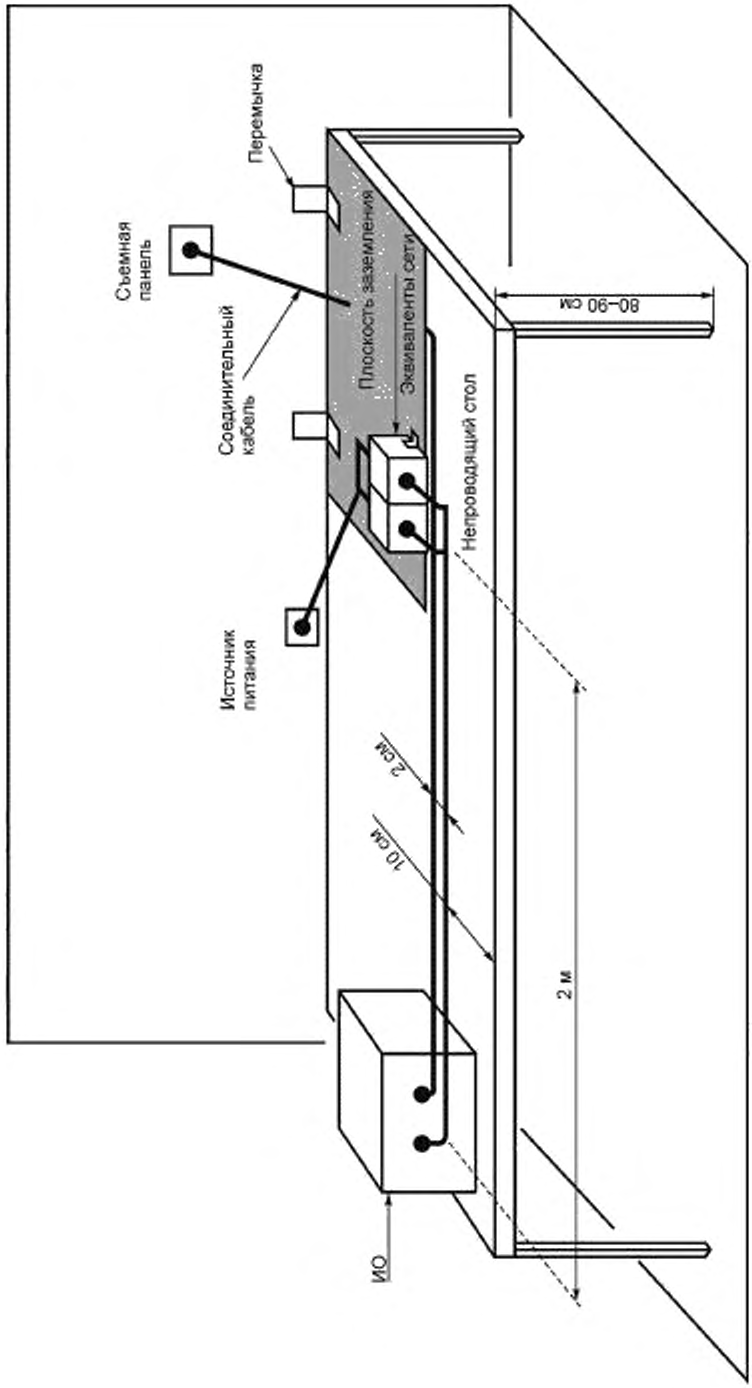


Рисунок В.2 — Испытательная установка при размещении оборудования на непроводящей поверхности

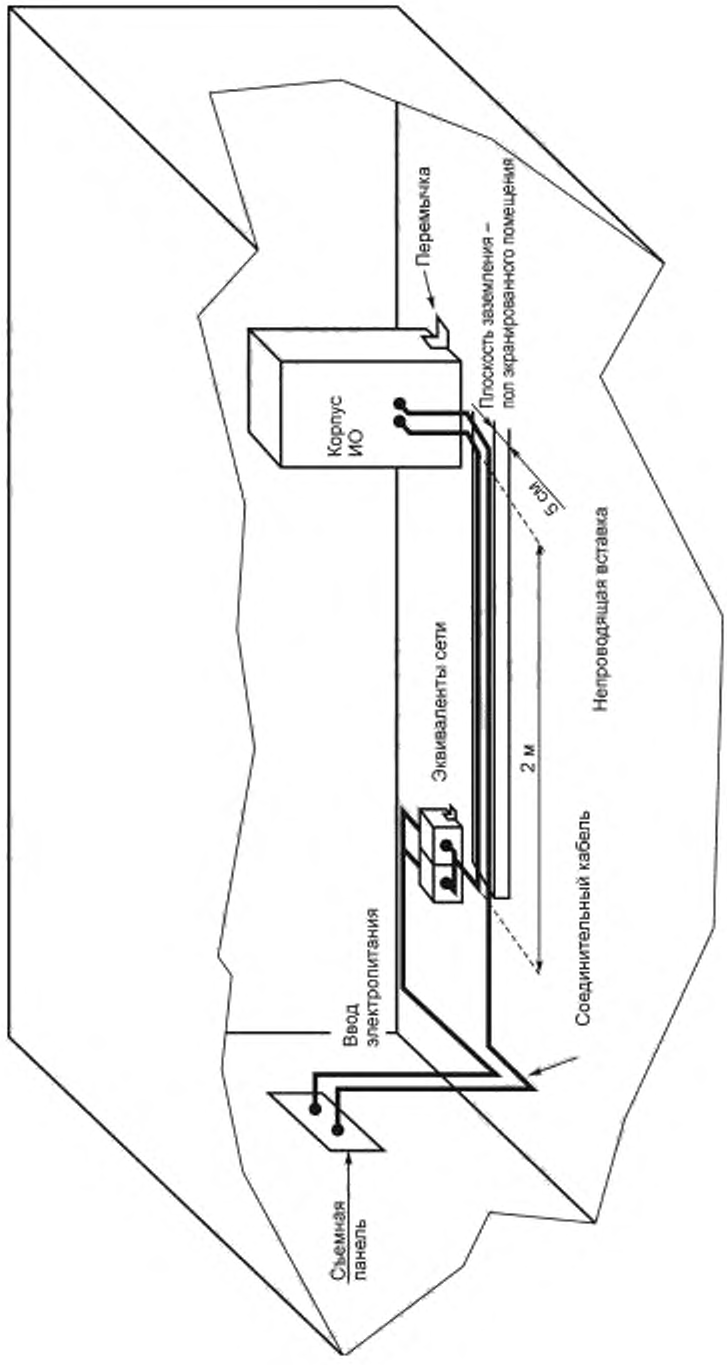


Рисунок В.3 — Установка для испытания свободно стоящего оборудования в экранированном помещении

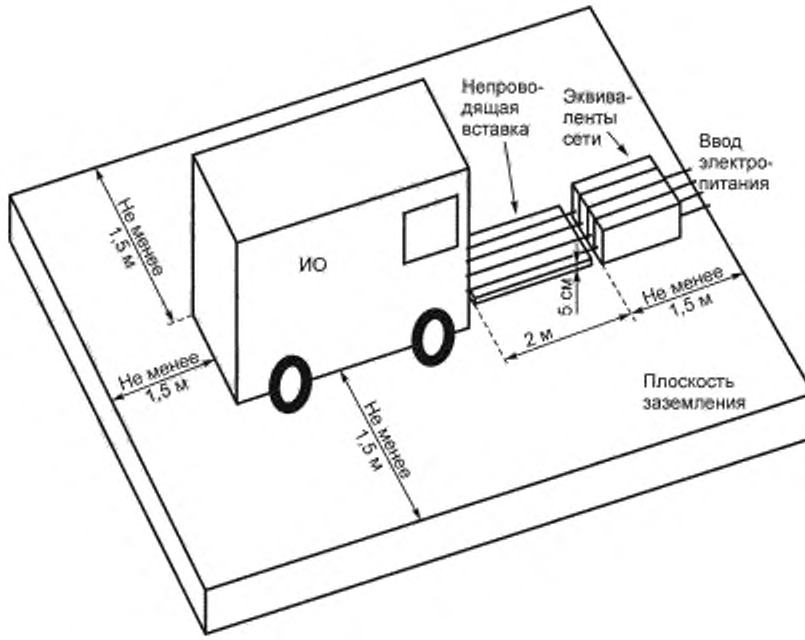


Рисунок В.4 — Установка для испытания свободно стоящего оборудования

В.4.1 Аппаратура и программное обеспечение ИО должны обеспечивать повторяемость. Программное обеспечение может быть дополнено добавочным кодом, который обеспечивает диагностические возможности для оценки работоспособности.

В.4.2 Для электрического соединения корпусов оборудования с шасси или с плоскостью заземления должны применяться только средства, предусмотренные конструкцией ИО. Если при сборке схемы испытаний требуются соединительные перемычки, то они должны быть идентичными указанным в монтажных схемах.

В.4.3 Испытуемые образцы должны быть прикреплены к шасси, снабженным амортизаторами ударов и виброизоляторами, если такие шасси применяются при реальном размещении. Если шасси снабжены соединительными перемычками, то последние должны быть подсоединены к плоскости заземления. Если шасси не имеют соединительных перемычек, то последние не должны применяться в схеме испытаний.

В.4.4 Если на реальном объекте имеются и используются для защитного заземления внешние выводы, штырьки соединителей или провода заземления оборудования, то они должны подсоединяться к плоскости заземления. Расположение и длина должны соответствовать В.4.5.1.

В.4.5 Жгуты электрических кабелей должны имитировать реальные условия. Экранированные кабели или экранированные жилы (включая провода питания и заземления) внутри кабелей должны применяться только в том случае, если они указаны в монтажных схемах. Должно быть проверено выполнение требований к монтажу кабелей и применению надлежащих конструктивных мер, таких как скручивание пар, экранирование и концевая заделка экранов. Сведения о конструкции кабелей, применяемых при испытаниях, должны включаться в методики испытаний ЭМП.

В.4.5.1 Отдельные провода должны быть сгруппированы в кабели таким же образом, что и на реальном объекте. Общая длина соединительных кабелей в схеме испытаний должна быть такой же, что и в реальных условиях платформы. Если кабель длиннее 10 м, то должно быть включено не менее 10 м. Если длина кабелей на объекте не задана, то кабели должны быть достаточно длинными, чтобы удовлетворять заданным ниже условиям. По меньшей мере 2 м каждого соединительного кабеля, идущего к корпусу ИО (за исключением тех, которые на реальном объекте короче), должно проходить параллельно передней границе испытательной установки. Оставшиеся отрезки кабелей должны прокладываться зигзагообразно к противоположной границе. Если в схеме более одного кабеля, то отдельные кабели должны быть разнесены на 2 см, считая от оболочки. На лабораторных столах с плоскостями заземления ближайший к передней границе испытательной установки кабель должен располагаться на удалении 10 см от переднего края плоскости заземления. Все кабели должны проходить на высоте 5 см над плоскостью заземления.

В.4.5.2 Двухметровые отрезки входных проводов питания (включая нейтрали и обратные провода) должны быть проложены параллельно переднему краю установки таким же способом, что и соединительные провода. Провода питания должны быть подключены к эквивалентам сети (см. В.4.6). Провода питания, которые собраны в жгут как часть соединительного кабеля в реальной установке, должны быть расположены таким же образом, чтобы обеспечить двухметровый облучаемый отрезок и затем отделяться от жгута и подводиться к эквивалентам сети. После двухметрового подвергаемого воздействию отрезка провода питания должны как можно скорее подключаться к эквивалентам сети. Общая длина провода питания от электрического разъема ИО до эквивалента сети не должна превосходить 2,5 м. Все провода питания должны проходить на высоте 5 см над плоскостью заземления. Если на реальном объекте провода питания скручены, то они должны быть скручены и при подсоединении к эквивалентам сети.

В.4.6 Импеданс источников питания, подающих входную мощность в ИО, должен регулироваться эквивалентами сети при реализации методик измерения, приведенных в приложениях В, И, Л, Н, Р, если только в конкретном методе испытаний не оговорено иное. Эквиваленты сети не должны применяться в выходных проводах питания. Эквиваленты сети должны включаться между источником питания и подвергающимся воздействию отрезком провода питания, указанным в В.4.5.2. Схема эквивалента сети должна соответствовать рисунку В.5. Характеристики импеданса эквивалента сети должны соответствовать рисунку В.6. Импеданс эквивалента сети должен измеряться по крайней мере ежегодно, при следующих условиях:

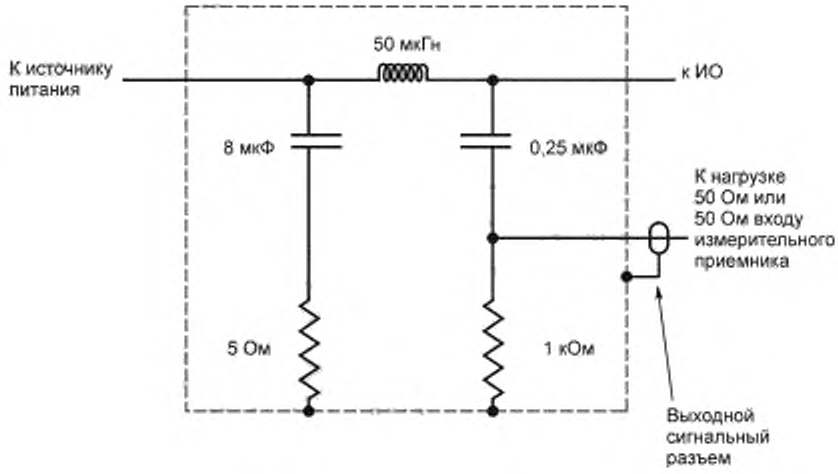


Рисунок В.5 — Схема эквивалента сети

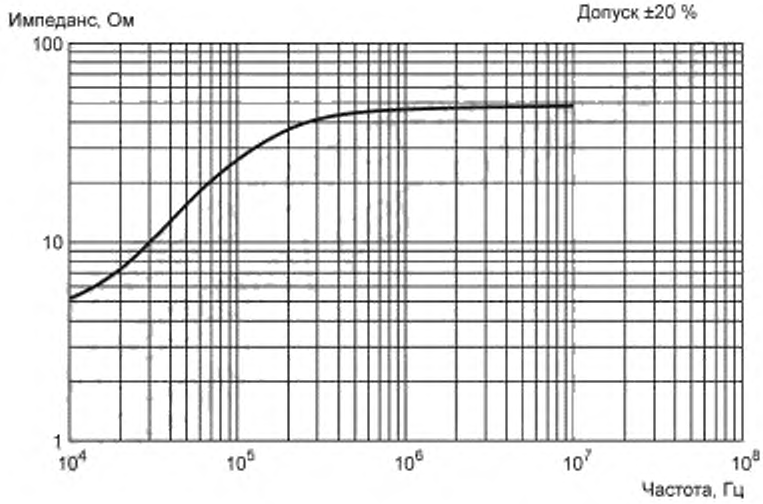


Рисунок В.6 — Импеданс эквивалента сети

В.4.6.1 Импеданс должен измеряться между выходным проводом питания на нагрузочной стороне эквивалента сети и металлическим корпусом эквивалента сети.

В.4.6.2 Выход эквивалента сети должен быть нагружен на сопротивление 50 Ом.

В.4.6.3 Вход эквивалента сети со стороны источника питания не должен быть нагружен.

Результаты измерения импеданса должны быть предусмотрены в отчете об испытаниях ЭМП.

Примечание — Эквивалент сети можно не применять или заменить другим стабилизирующим устройством, если это разрешено заказывающей организацией.

В.4.7 Все входные и выходные электрические интерфейсы должны быть нагружены либо на реальное оборудование, устанавливаемое на платформе, либо на нагрузки, которые имитируют электрические свойства (импеданс, заземление, симметричность и т. п.), имеющие место на реальном объекте. Для испытания схем испытуемых образцов входные сигналы должны подаваться на соответствующие электрические интерфейсы. ИО с механическим выходом должно быть нагружено надлежащим образом. Если на реальном объекте имеет место переменная электрическая или механическая нагрузка, то испытания должны проводиться в ожидаемых наихудших условиях. Если используется активная электрическая нагрузка (например, испытательное устройство), то должны быть приняты меры, чтобы она удовлетворяла изложенным в В.4.8 требованиям к уровню внешних помех при подсоединении к установке и не реагировала на сигналы для испытания восприимчивости.

В.4.8 В процессе испытаний уровень внешних ЭМП, измеренный при обесточивании ИО и включении всего вспомогательного оборудования, должен быть по крайней мере на 6 дБ ниже допускаемого заданными нормами, когда эти испытания проводятся в экранированном помещении. Уровни внешних кондуктивных помех в проводах питания должны измеряться при отсоединении проводов от ИО и подсоединении их к эквиввалентной резистивной нагрузке. Если испытания проводятся в экранированном помещении и ИО соответствует требуемым нормам, то уровни внешних помех регистрировать в отчете об испытаниях ЭМП не нужно. Если измерения проводятся не в экранированном помещении, то испытания должны проходить в такое время и в таких условиях, когда уровень внешних помех минимален. Эти внешние помехи должны регистрироваться в отчете об испытаниях ЭМП и не должны искажать результаты испытаний.

В.4.9 Сборку испытательной установки для проверки измерительной системы проводят в соответствии с рисунком В.7.

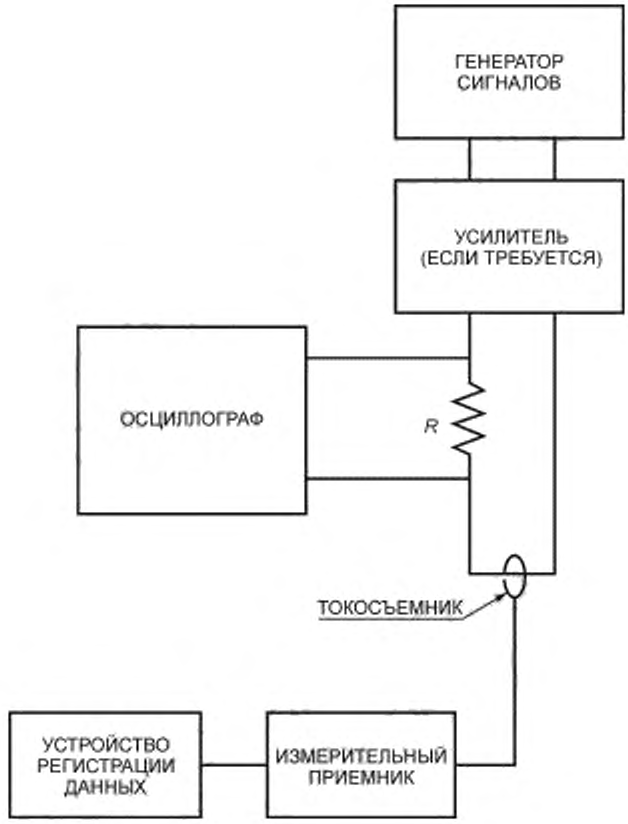


Рисунок В.7 — Блок-схема проверки измерительной системы

В.4.10 Сборку испытательной установки для проверки ИО на соответствие заданным требованиям проводят в соответствии с рисунком В.8. Токосъемник располагается в 5 см от эквивалента сети.

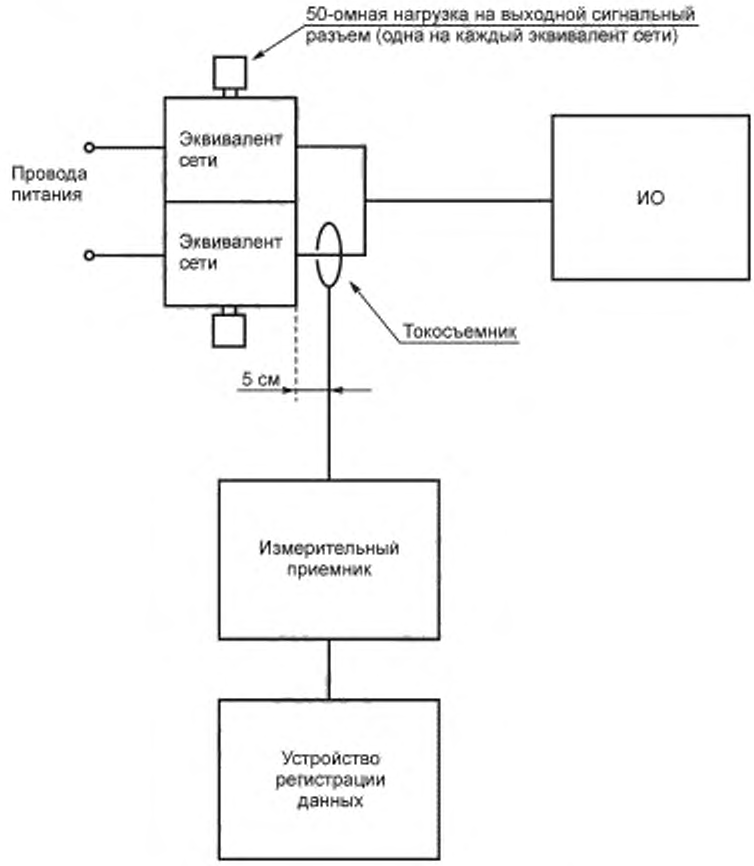


Рисунок В.8 — Блок-схема измерений

В.5 Методика испытаний

Включают измерительное оборудование и дают достаточное время для стабилизации.

Определяют качество всей измерительной системы от токосъемника до устройства вывода данных.

На токосъемник подается калиброванный уровень сигнала на 6 дБ ниже применимой нормы на частотах 1, 3 и 10 кГц.

Проверяют уровень тока, используя осциллограф и нагрузочный резистор; также следует убедиться, что форма колебаний тока синусоидальная.

Сканируют измерительный приемник на каждой частоте так же, как и при обычном просмотре данных. Следует убедиться, что показания устройства регистрации данных отличаются от уровня вводимого сигнала не более, чем на ± 3 дБ.

Если полученные отсчеты отклоняются более, чем на ± 3 дБ, необходимо найти местонахождение источника ошибки и устранить его, прежде чем продолжать испытание. Если ошибка не устраняется, то значение ошибки фиксируют и учитывают в результатах измерений.

В.6 Испытание оборудования

В.6.1 Определяют уровень кондуктивных помех от входных проводов питания ИО, включая обратные провода.

В.6.2 Включают ИО и дают достаточное время для его стабилизации.

В.6.3 Выбирают интересующий провод для испытания, который охватывается токосъемником.

В.6.4 Перестраивают измерительный приемник в применимом диапазоне частот, при этом ширина полосы и минимальное время измерения должны соответствовать значениям, приведенным в таблице В.1.

Таблица В.1 — Ширина полосы и время измерения

Диапазон частот	Ширина полосы по уровню 6 дБ	Время задержки	Минимальное время измерения аналоговым измерительным приемником
От 30 Гц до 1 кГц	10 Гц	0,15 с	0,015 с/Гц
От 1 кГц до 10 кГц	100 Гц	0,015 с	0,15 с/кГц
От 10 кГц до 150 кГц	1 кГц	0,015 с	0,015 с/кГц
От 150 кГц до 30 МГц	10 кГц	0,015 с	1,5 с/МГц
От 30 МГц до 1 ГГц	100 кГц	0,015 с	0,15 с/МГц
Свыше 1 ГГц	1 МГц	0,015 с	15 с/ГГц

В.6.5 Для каждого провода питания повторяют процедуру, указанную в В.6.4.

В.7 Данные представляют следующим образом:

- непрерывно и автоматически вычерчивают частотные профили амплитуды помех в прямоугольных координатах. Полученные вручную данные неприемлемы, кроме как для подтверждения графика;
- на каждом графике отображают соответствующие норму;
- обеспечивают на каждом графике разрешение по частоте не более 1 % или удвоенной ширины полосы измерительного приемника, если она более этого значения, и минимальное разрешение по амплитуде не менее 1 дБ;
- представляют графики данных, полученных как при измерении по данной методике, так и при проверке системы.

Приложение Г
(рекомендуемое)

Контроль подавления наводимых нагрузкой быстрых коммутационных процессов

Г.1 Наводимые нагрузкой быстрые коммутационные переходные процессы проверяют испытанием согласно [3] (подпункт А.3.3.4.3). Нормы напряжения переходных процессов, продолжающихся менее 50 мкс, могут контролироваться с тем же самым эквивалентом сети, который используется для измерения напряжения кондуктивных помех в частотной области. Если необходимо измерять напряжения переходных процессов длительностью более 50 мкс, то должна быть сконструирована специальная модель импеданса источника питания космического комплекса. Чтобы точно измерять переходный процесс во временной области от начала до установившегося состояния, импеданс схемы имитации должен быть определен до постоянного тока. Импеданс источника питания испытательной установки, на котором происходит падение напряжения переходного процесса, должен быть выше импеданса проводки шины питания исследуемого космического комплекса. Если в ИО не предусматривается коммутация питания, то материалы по переходным процессам при выключении служат только для информации.

Г.2 Измерения кондуктивных помех в частотной области характеризуются нижней граничной частотой, ниже которой импеданс эквивалента сети не задается. На рисунке Г.1 показана схема имитации импеданса линии во временной области (и сопоставляется со схемой эквивалента сети в частотной области). Схема имитации импеданса линии во временной области не содержит компонентов линия-земля и поэтому не требует регулирования импеданса источника питания в синфазном режиме. Это приемлемо при измерении переходных процессов во временной области или пульсаций между линиями в проходящих над землей шинах питания обратного тока, потому что это явления дифференциального типа. На рисунке Г.2 показаны измерительные установки, использующие эти два типа эквивалента сети.

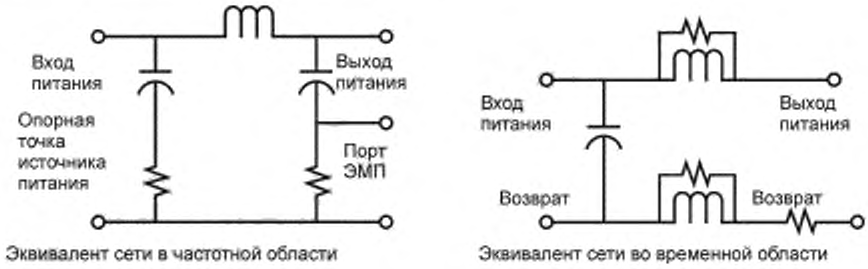


Рисунок Г.1 — Схемы эквивалентов сети

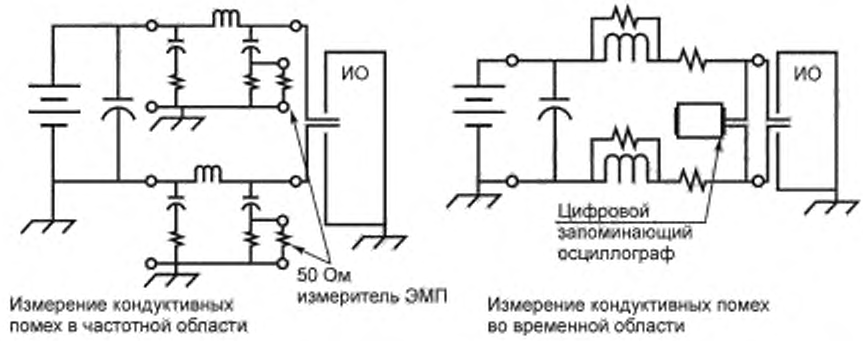


Рисунок Г.2 — Моделирование кондуктивных помех в частотной и временной областях

Г.3 Если испытательная установка для частотной области используется для измерений во временной области, то вместо измерителя ЭМП применяется цифровой запоминающий осциллограф. Каждый порт ЭМП должен быть нагружен на сопротивление 50 Ом. Следует обратить внимание на проведение симметричного измерения между линиями, чтобы избежать эффектов синфазного типа на порте ЭМП. Необходимо отметить, что эквивалент сети в частотной области неадекватно регулирует импеданс на частотах ниже 150 кГц (появляется резонанс).

Приложение Д
(рекомендуемое)

Измерение пульсаций во временной области, наведенных на шине питания

Д.1 Пульсации во временной области, наведенные нагрузкой на шине питания, проверяют испытанием согласно [3] (подпункт А.3.3.5). Если используется шина переменного тока или необходим гарантированный импеданс источника в более широком диапазоне частот, то приведенная ниже упрощенная схема имитации должна быть заменена эквивалентом сети, соответствующим реальной шине питания.

Д.2 Ширина полосы пропускания измерительного прибора (цифрового запоминающего осциллографа, измеряющего истинное среднеквадратическое значение) должна быть согласована со спецификацией качества электроэнергии, если она устанавливает определенное напряжение пульсации с упомянутой шириной полосы. Однократная ширина полосы пропускания цифрового запоминающего осциллографа должна быть такой, чтобы захватывать колебания длительностью 100 нс. Если оборудование работает от шины питания переменного тока, то необходимы средства обнуления или уменьшения колебаний на частоте питания. Импеданс источника, на котором измеряется пульсация, должен регулироваться в ширине полосы, требуемой в спецификации на качество электроэнергии.

Д.3 Поскольку должны быть установлены как полный размах, так и среднеквадратические значения напряжения пульсаций, то при проведении этого испытания требуется истинный среднеквадратический отсчет. Если ИО питается от шины постоянного тока и в спецификации на качество питания требуется, чтобы пульсация во временной области измерялась с шириной полосы не более 10 МГц (захват импульсов длительностью 100 нс), то импеданс простого источника может быть получен из индуктивности наихудшего случая и следующего уравнения

$$L = \frac{d^2 n^2}{0{,}45d + lgth}, \qquad (Д.1)$$

где L — индуктивность, нГн;

d — диаметр катушки, мм (между центрами проводов);

$lgth$ — длина катушки, мм;

n — число витков.

Эта индуктивность может шунтироваться четвертьваттным сопротивлением 50 Ом, чтобы обеспечить регулируемый высокочастотный импеданс шины. На рисунке Д.1 показана физическая реализация вышеупомянутого уравнения индуктивности. Испытательная установка для измерения пульсаций во временной области для оборудования постоянного тока показана на рисунке Д.2. Входной импеданс цифрового запоминающего осциллографа должен быть в этом случае 1 МОм или более. Импеданс источника питания должен быть достаточно жестким, чтобы напряжение пульсации, измеренное на сочетании индуктивность-резистор на стороне источника, было пренебрежимо мало по отношению к норме спецификации.

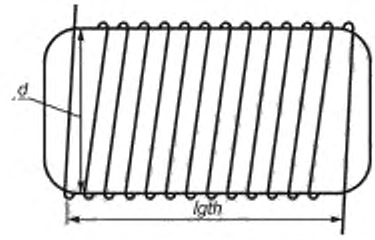


Рисунок Д.1 — Обмотка дросселя

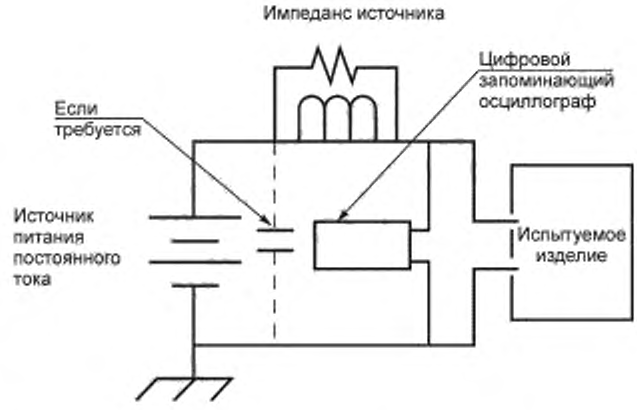


Рисунок Д.2 — Испытательная установка для измерения кондуктивных помех в цепи постоянного тока во временной области

Д.4 Испытательная установка для ИО, питаемого переменным током, показана на рисунке Д.3. В этой испытательной установке входной импеданс цифрового запоминающего осциллографа должен быть 50 Ом. Кроме того, может оказаться необходимым дальнейшее снижение напряжения частоты питания на порте эквивалента сети посредством фильтрации верхних частот между портом ЭМП и входным портом 50 Ом цифрового запоминающего осциллографа. Фильтр, который обеспечивает подавление по меньшей мере 40 дБ на частоте 400 Гц (возрастающее на более низких частотах) и пренебрежимо малые вносимые потери на частотах свыше 100 кГц, схематически изображен на рисунке Д.4. Он встроен в металлический корпус с коаксиальными соединителями, которые должны быть включены в линию между портом ЭМП эквивалента сети и цифровым запоминающим осциллографом. Поскольку линейное напряжение переменного тока ослабляется и ток ограничивается за счет блокирующего постоянный ток конденсатора эквивалента сети, то провод диаметром 0,65 мм достаточен для намотки катушки индуктивности, и подходит ферритовый сердечник диаметром 2,5 см или менее.

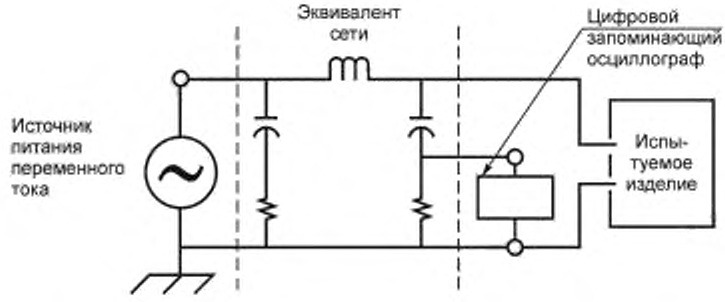


Рисунок Д.3 — Испытательная установка для измерения кондуктивных помех в цепи переменного тока во временной области

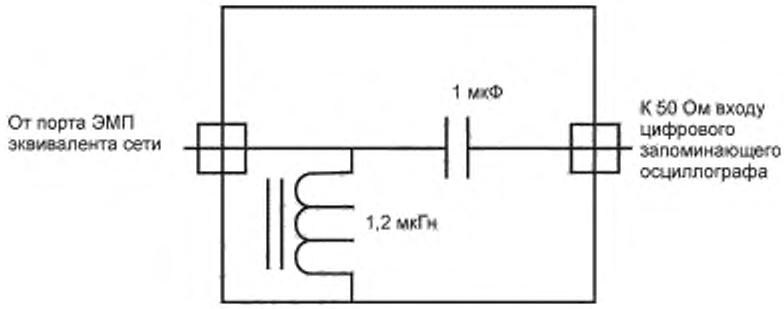


Рисунок Д.4 — Режекторный фильтр частоты питания

Приложение Е
(справочное)

Измерение кондуктивных помех

Е.1 Общие требования применяют в соответствии с [1] (пункт 21.3).

Е.1.1 Испытуемое оборудование должно устанавливаться на плоскости заземления в соответствии со следующими требованиями.

Е.1.1.1 В качестве плоскости заземления должна использоваться медная, бронзовая или алюминиевая заземляющая пластина толщиной не менее 0,25 мм (медь и алюминий) или 0,5 мм (бронза), площадью не менее 2,5 м^2 и минимальной шириной (от переднего до заднего края) 0,75 м. Если испытания проводят в экранированной камере, то плоскость заземления должна быть соединена с экраном металлическим перемычками с интервалами между ними не более 1 м и на обоих ее концах. Рекомендуется, чтобы сопротивление перемычек постоянному току было не более 2,5 мОм.

Е.1.1.2 Если это задано изготовителем оборудования, то ИО должно быть установлено на монтажную раму с амортизаторами ударов и вибрации. Металлические перемычки, которыми оборудуется рама, должны быть соединены с плоскостью заземления. Металлические перемычки не должны использоваться в испытательной установке, если монтажная рама ими не оборудуется.

Е.1.1.3 Для металлизации должны использоваться только те средства, которые предусмотрены конструкцией испытываемого изделия или инструкциями по его установке, например, соединения с экраном, монтажной рамой и плоскостью заземления.

Электрическое соединение оборудования, соединителей и жгутов проводов должно быть таким же, как на КА, в соответствии с ТУ изготовителей оборудования.

Е.1.1.4 Если имеется внешний вывод для заземления ИО, то он должен соединяться с плоскостью заземления для обеспечения электробезопасности во время испытания. Длина соединения должна соответствовать инструкциям по установке; если длина не определена, то используют провод соответствующего типа длиной приблизительно 30 см.

Е.1.1.5 Все соединительные провода ИО (например, экранированные провода, скрученные провода и т. п.), кабельные жгуты и радиочастотные линии передачи должны соответствовать применимым чертежам или схемам установки и контроля интерфейсов.

Кабели должны быть собраны в жгуты подобно тому, как они проложены на КА, и поддерживаться на высоте примерно 50 мм над плоскостью заземления. При сложной конфигурации кабельных жгутов все кабельные жгуты и подсоединенные нагрузки необходимо как можно дальше разносить друг от друга, чтобы минимизировать связь между кабелями.

Если не оговорено иное, длина кабелей должна быть не менее 3,3 м. Если длина соединительного кабельного жгута больше, чем длина испытательного стенда, то кабельный жгут должен быть уложен зигзагом на задней части испытательного стенда на высоте примерно 50 мм над плоскостью заземления. Отрезок подходящего к ИО кабеля длиной по меньшей мере 1 м должен проходить не ближе 10 см от переднего края испытательного стенда и параллельно ему.

Для некоторых специальных установок могут потребоваться кабельные жгуты очень большой длины, которые не умещаются на испытательном стенде. Для таких испытаний рекомендуемая максимальная длина соединительных кабельных жгутов составляет 15 м. Исключение из этого составляют случаи, когда длины кабельных жгутов согласованы или задана некоторая конкретная длина для фазового согласования или по аналогичным причинам.

Любые входы или выходы оборудования или нагрузок, соединенных с ИО, должны подсоединяться к реальным эксплуатируемым устройствам или имитироваться с учетом частотно-зависимых импедансов «линия-линия» и «линия-земля».

Е.1.1.6 При испытаниях кабельных жгутов провода питания и обратные провода, которые штатно находятся в одном жгуте с проводами управления и(или) сигнализации, должны оставаться в том же кабельном жгуте и отделяться от этого жгута только перед тем, как кабельный жгут возбуждается в испытательной зоне. Эти провода должны подсоединяться к эквивалентам сети.

Если реальная конфигурация кабельных жгутов на КА неизвестна или если провода питания и (или) обратные провода штатно проходят отдельно от проводов управления и (или) сигнализации, то провода питания и обратные провода должны быть отделены от кабельного жгута вблизи разъема ИО и отдельно подведены к эквивалентам сети. В этих условиях длина проводов до эквивалентов сети не должна превышать 1,0 м, если только в применимых ТУ на оборудование не оговаривается иное.

Если обратный провод имеет местное заземление, этот провод может быть заземлен непосредственно на испытательный стенд в соответствии с применимыми чертежами или схемами установки и контроля интерфейсов.

Е.1.1.7 Испытательное оборудование должно иметь металлические перемычки и заземлено для сведения к минимуму контуров заземления и обеспечения безопасности персонала.

Е.1.1.8 В каждую линию первичного питания испытываемого устройства должен быть включен эквивалент сети. Для обратных цепей питания, имеющих местное заземление при установке на КА, эквивалент сети не требуется. Корпус эквивалента сети должен быть соединен с плоскостью заземления. При проведении всего испытания между каждым входным зажимом питания эквивалента сети и плоскостью заземления должен быть включен конденсатор емкостью 10 мкФ. При всех испытаниях радиочастотный измерительный порт эквивалента сети должен иметь оконечную нагрузку 50 Ом. Характеристика входного импеданса показана на рисунке Е.1.

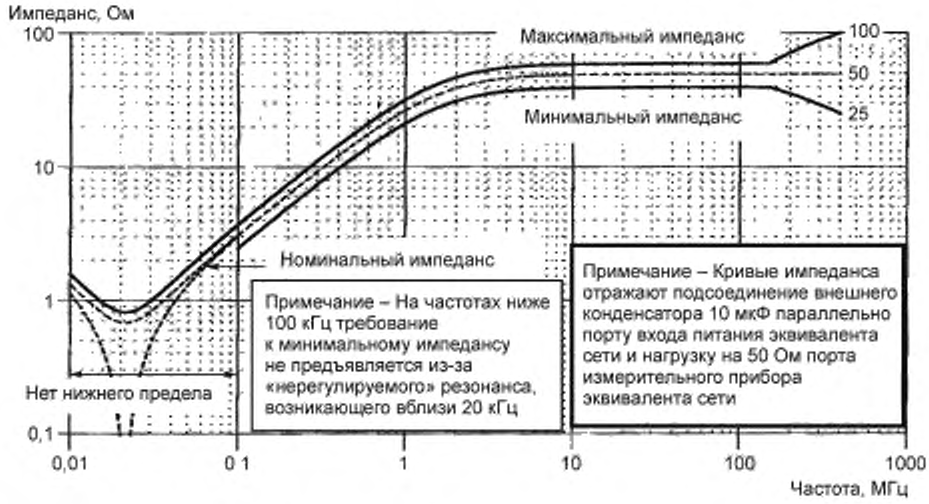


Рисунок Е.1 — Входной импеданс эквивалента сети

Е.1.1.9 Токовые зонды должны иметь необходимые характеристики по мощности и диапазону. Нормы вносимых потерь токового зонда показаны на рисунке Е.2. Предлагаемая испытательная установка для измерения вносимых потерь токового зонда показана на рисунке Е.3. Зонд удерживается и центрируется приспособлением.



Рисунок Е.2 — Нормы вносимых потерь токового зонда

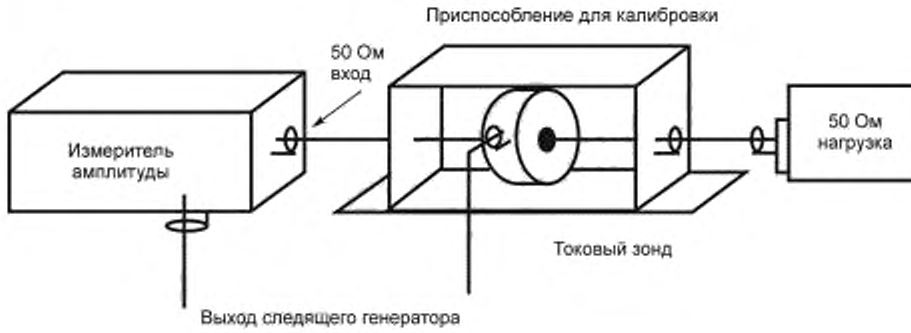


Рисунок Е.3 — Установка для испытания вносимых потерь токового зонда

Е.1.1.10 Токи помех в соединительных кабельных жгутах, за исключением антенных фидерных кабелей и первичных линий электропитания, должны измеряться с применением приборов, фиксирующих пиковые значения. Можно применять приборы для измерения помех с выбираемой шириной полосы на промежуточной частоте (BWI). Выбираемая ширина полосы на промежуточной частоте должна соответствовать таблице Е.1.

Постоянная времени пикового детектора не должна превышать 1/BWI.

Таблица Е.1 — Ширина полосы прибора для измерения помех

Диапазоны частот	Ширина полосы измерительного прибора на промежуточной частоте BWI
От 0,15 до 30 МГц	1 кГц
От 30 до 400 МГц	10 кГц
От 400 до 1000 МГц	100 кГц
От 1000 до 6000 МГц	1 МГц

Упрощенная испытательная установка с использованием токосъемника показана на рисунке Е.4.

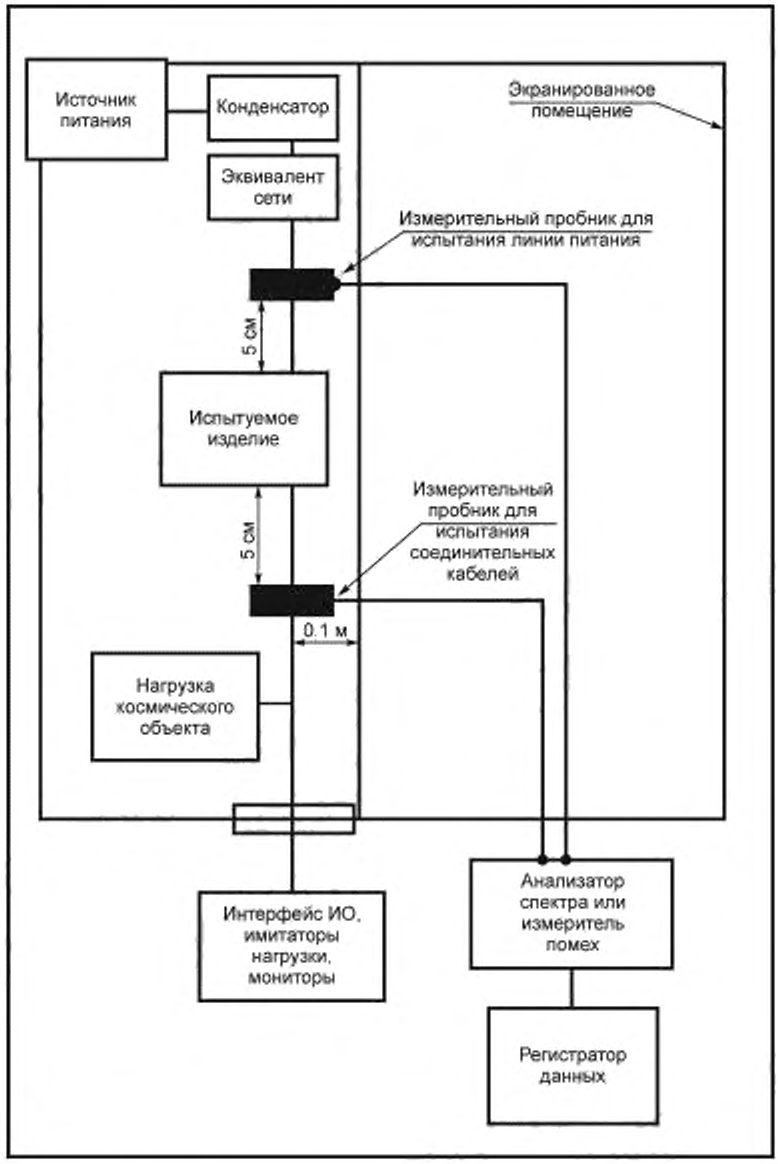


Рисунок Е.4 — Типовая установка для испытания кондуктивных помех

Токосъемник устанавливается на расстоянии 5 см от ИО. Если длина корпуса разъема превышает 5 см, то токосъемник помещается по возможности близко к корпусу разъема и это положение отмечается.

Примечание — Если в процессе измерения кондуктивных помех указанные выше значения ширины полосы не обеспечивают достаточно низкий шумовой фон для надлежащего измерения в полосах, соответствующих рабочим частотам расположенных на объекте радиоприемников, то должна применяться ширина полосы пропускания на промежуточной частоте, равная 10 кГц без поправочного коэффициента.

Приложение Ж
(справочное)

Измерение излучаемых помех в виде магнитного поля в диапазоне от 30 Гц до 100 кГц (метод RE101)

Ж.1 Назначение

Данный метод испытаний согласно [4] предназначен для проверки того, что помехи в виде магнитного поля от ИО и подсоединенных к нему электрических интерфейсов не превышают заданных требований.

Ж.2 Применяется следующее испытательное оборудование:

а) измерительные приемники;

б) устройство регистрации данных;

в) датчик в виде рамки, имеющий следующие характеристики:

1) диаметр — 13,3 см;

2) число витков — 36;

3) провод — литцендрат, семь жил, Ø 0,08 мм;

4) экранирование — электростатическое;

5) поправочный коэффициент: см. данные изготовителя о коэффициентах преобразования отсчетов измерительного приемника в дБ относительно 1 пТ (дБпТ);

г) эквиваленты сети;

д) омметр;

е) генератор сигналов.

Ж.3 Испытательная установка готовится в следующем порядке:

- собирают базовую испытательную установку для ИО, как показано на рисунках В.1—В.4 и описано в В.4;
- измерительное оборудование для калибровки подключают в соответствии с блок-схемой, приведенной на рисунке Ж.1;
- для проведения испытаний рамку измерительного приемника и ИО располагают в соответствии с базовой блок-схемой испытаний, приведенной на рисунке Ж.2.



Рисунок Ж.1 — Блок-схема калибровки

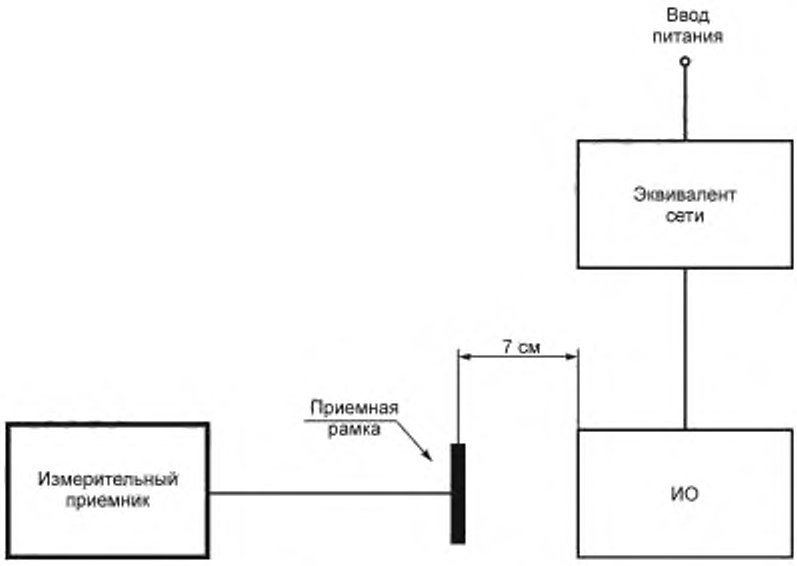


Рисунок Ж.2 — Базовая блок-схема испытаний

Ж.4 Методика испытаний заключается в следующем:

а) включают измерительное оборудование и дают достаточное время для его стабилизации;

б) калибровку производят следующим образом:

1) подают уровень калиброванного сигнала на 6 дБ ниже нормы (нормы минус поправочный коэффициент рамочного датчика) на частоте 50 кГц. Настраивают измерительный приемник на центральную частоту 50 кГц. Измеренный уровень регистрируют;

2) необходимо убедиться, что показания измерительного приемника отличаются от уровня вводимого сигнала не более чем на ± 3 дБ;

3) если полученные отсчеты отклоняются более чем на ± 3 дБ, находят местонахождение источника ошибки и устраняют его, прежде чем продолжать испытание. Если ошибка не устраняется, то значение ошибки фиксируют и учитывают в результатах измерений;

4) используя омметр, необходимо убедиться, что сопротивление обмотки рамочного датчика равно приблизительно 10 Ом;

в) испытание оборудования проводят следующим образом:

1) включают ИО и дают достаточное время для его стабилизации;

2) размещают рамочный датчик в 7 см от лицевой поверхности ИО или от испытуемого соединителя электрического интерфейса. Следует сориентировать плоскость рамочного датчика параллельно лицевым поверхностям ИО и параллельно осям соединителей;

3) перестраивают измерительный приемник в применимом диапазоне частот, чтобы определить частоты максимального излучения; при этом ширина полосы и минимальное время измерения должны соответствовать значениям, заданным в таблице В.1;

4) настраивают измерительный приемник на частоту или диапазон частот, определенные в Ж.4 перечисление в) (подпункт 3);

5) проводят наблюдение за выходным сигналом измерительного приемника, перемещая рамочный датчик (на удалении 7 см) над лицевой поверхностью ИО или вокруг соединителя. Замечают точку максимального излучения на каждой частоте, определенной в Ж.4 перечисление в) (подпункт 4);

6) на расстоянии 7 см от точки максимального излучения следует сориентировать плоскость рамочного датчика так, чтобы получить максимальный отсчет измерительного приемника, и зарегистрировать этот отсчет;

7) повторяют процедуры, предусмотренные в Ж.4 перечисление в) (подпункты 4—6), не менее чем на двух частотах максимального излучения на октаву ниже 200 кГц, и не менее чем на трех частотах максимального излучения на октаву в диапазоне выше 200 кГц;

8) повторяют процедуры, предусмотренные в Ж.4 перечисление в) (подпункты 2—7), для каждой лицевой поверхности ИО и для каждого кабеля, подсоединенного к ИО.

Ж.5 Представляют в виде графиков и таблиц перечень частот, на которых проводились измерения, режимы работы, расстояния от ИО, измеренные напряженности и предельные уровни магнитного поля.

Приложение И
(рекомендуемое)

Измерение излучаемых помех в виде электрического поля в диапазоне от 10 кГц до 18 ГГц (метод RE102)

Данный метод испытаний согласно [4] предназначен для проверки того, что помехи в виде электрического поля от ИО и подсоединенных к нему кабелей не превышают заданных требований.

И.1 Испытательное оборудование

Должно применяться следующее испытательное оборудование:
- измерительные приемники;
- устройство регистрации данных;
- антенны;
- генераторы сигналов;
- штыревой излучатель;
- конденсатор 10 пФ;
- эквиваленты сети.

И.2 Типы применяемых антенн

При измерениях в различных диапазонах применяют антенны следующих типов:
- 10 кГц—30 МГц: штырь длиной 104 см со схемой согласования полных сопротивлений;

Примечания

1 Если схема согласования полных сопротивлений содержит предварительный усилитель (активный штырь), то необходимо соблюдать меры предупреждения перегрузки. Необходимо проводить периодические проверки, чтобы убедиться, что перегрузки не возникают. В случае возникновения режима перегрузки необходимо внести изменения в состав измерительных приборов.

2 Следует проводить измерения с квадратным противовесом со стороной не менее 60 см.

- 30 МГц—200 МГц: биконическая, полная длина 137 см;
- 200 МГц—1 ГГц: двугребневой рупор, раскрыв 69,0 х 94,5 см;
- 1 ГГц—18 ГГц: двугребневой рупор, раскрыв 24,2 х 13,6 см.

И.3 Подготовка испытательной установки

Испытательную установку готовят в следующем порядке:
- собирают базовую испытательную установку для ИО, как показано на рисунке И.1, рисунках В.1—В.4 и описано в В.4 (приложение В). Необходимо убедиться, что ИО ориентировано так, что поверхность, создающая максимальные излучаемые помехи, обращена к переднему краю границы испытательной установки;
- схему калибровки собирают в соответствии с тем, как показано на рисунке И.2.

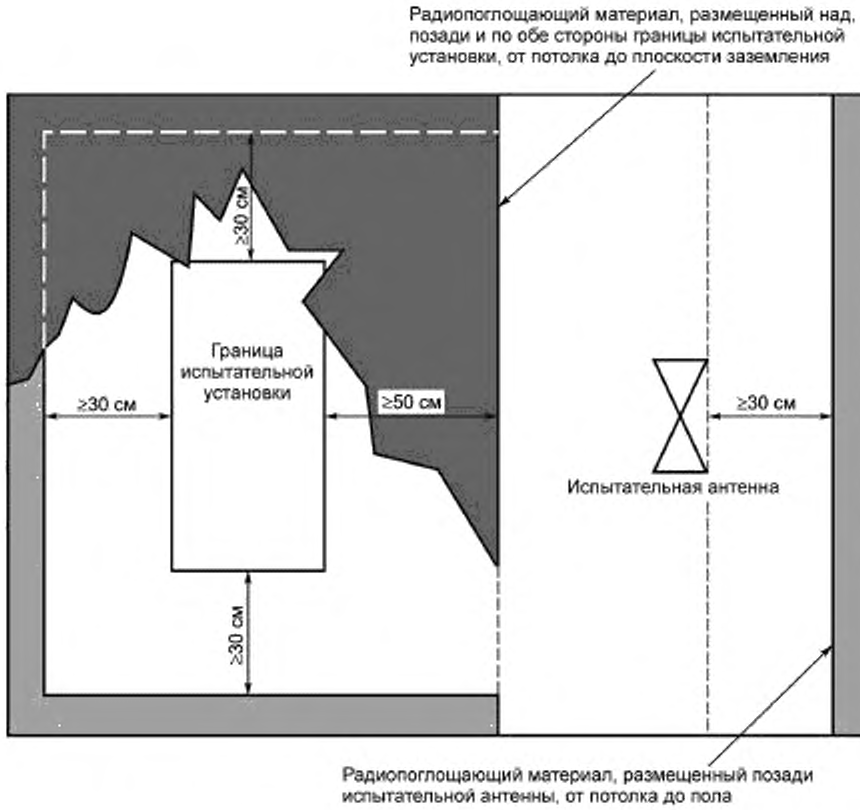


Рисунок И.1 — Схема распределения радиопоглощающего материала

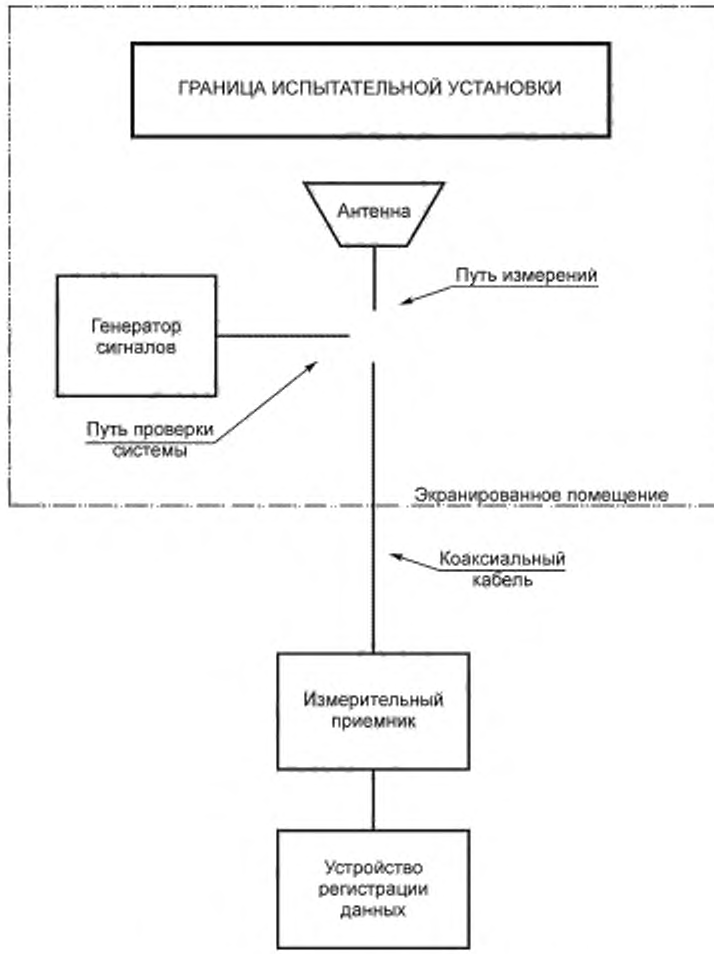


Рисунок И.2 — Базовая блок-схема испытаний

И.4 Проведение испытаний

И.4.1 При измерениях в экранированном помещении следует электрически соединить противовес штыревой антенны с плоскостью заземления, используя твердый металлический лист такой же или большей ширины, что и противовес. Максимальное сопротивление постоянному току между противовесом и плоскостью заземления должно быть не более 2,5 мОм. Для схем на рабочей поверхности стола с использованием металлической плоскости заземления подсоединяют противовес перемычкой к этой плоскости заземления. В других случаях подсоединяют противовес перемычкой к напольной плоскости заземления. При измерениях вне экранированных помещений электрически подсоединяют противовес перемычкой к заземлению.

И.4.2 Порядок установки антенн в заданное положение описан ниже в следующих подпунктах.

И.4.2.1 Определяют границу испытательной установки ИО и подсоединенных кабелей для размещения антенн в заданном положении.

И.4.2.2 Для измерения высот антенн и расстояний от антенн до границы испытательной установки используют физические реперные точки на антеннах, показанные на рисунке И.3.

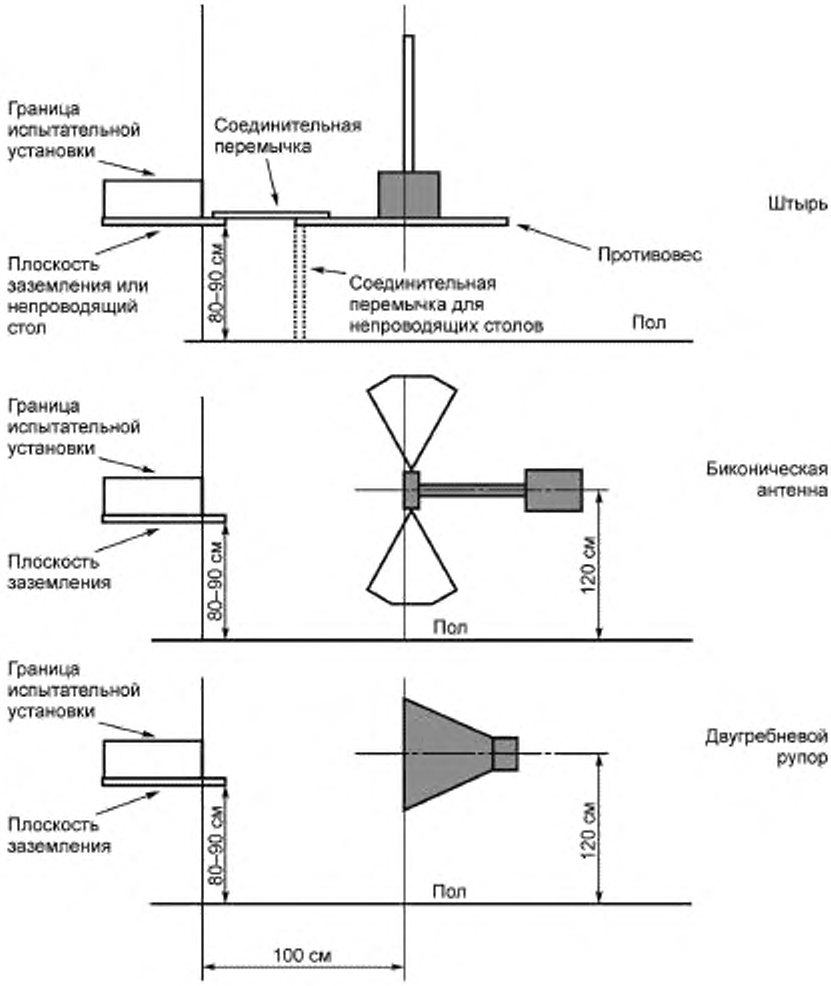


Рисунок И.3 — Установка антенны в заданное положение

Антенны устанавливают на расстоянии 1 м от переднего края границы испытательной установки для всех схем и на высоте 120 см над напольной плоскостью заземления (за исключением штыря длиной 104 см).

Следует убедиться, что никакая часть ни одной антенны не располагается ближе 1 м от стен и 0,5 м от потолка экранированного помещения.

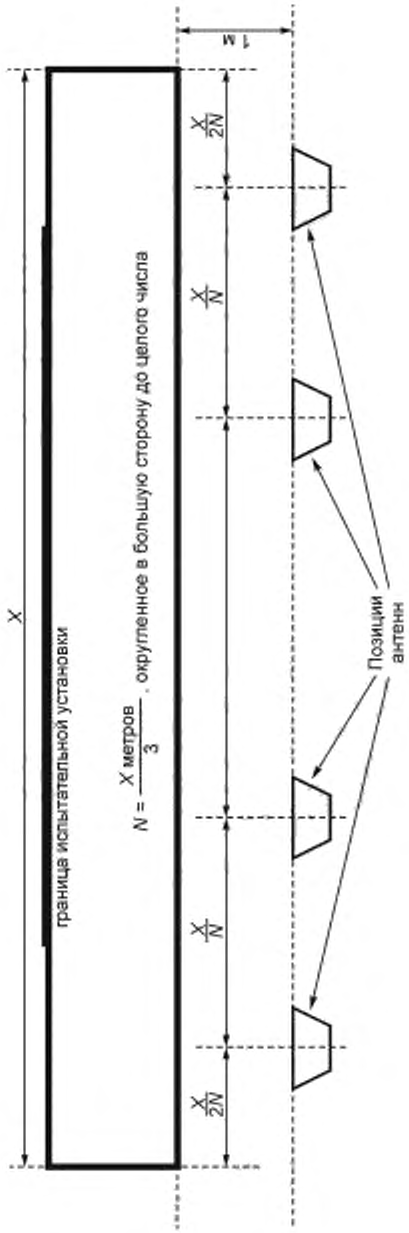
Для испытательных установок, размещенных на рабочих поверхностях столов, дополнительные требования к размещению штыревой антенны и расстоянию над настольной плоскостью заземления показаны на рисунке И.3.

В случае свободно стоящих установок необходимо электрически соединить и разместить схему согласования штыревой 104 см антенны на напольной плоскости заземления без отдельного противовеса.

И.4.2.3 Количество требуемых положений антенны зависит от размера границы испытательной установки и количества блоков, входящих в эту установку.

При испытаниях на частотах ниже 200 МГц для определения конкретных положений антенн используются следующие критерии:

- если расстояние между боковыми сторонами границы испытательной установки менее или равно 3 м, то антенну размещают в одном положении перед центром боковых сторон этой границы;
- если расстояние между боковыми сторонами границы более 3 м, то антенну размещают в нескольких положениях на удалениях, показанных на рисунке И.4. Число позиций антенны (*N*) определяют делением расстояния между боковыми сторонами границы, м, на три и округлением в большую сторону до целого числа.



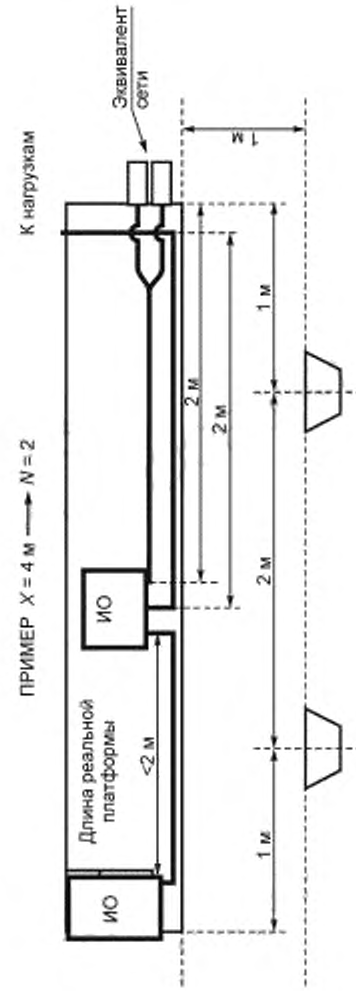


Рисунок И.4 — Несколько позиций антенн

При испытаниях на частотах 200 МГц — 1 ГГц следует располагать антенну на достаточном числе позиций, так чтобы полная ширина каждого блока ИО и первые 35 см кабелей и проводов, подсоединенных к корпусу ИО, попадали в ширину луча антенны по уровню 3 дБ.

При испытаниях на частотах 1 ГГц и выше следует размещать антенну на достаточном числе позиций, так чтобы полная ширина каждого корпуса ИО и первые 7 см кабелей и проводов, подсоединенных к корпусу ИО, попадали в ширину луча антенны по уровню 3 дБ.

И.5 Методика испытаний

И.5.1 В процессе испытаний уровень внешних ЭМП, измеренный при обесточивании ИО и включении всего вспомогательного оборудования, должен быть по крайней мере на 6 дБ ниже допускаемого заданными нормами, когда эти испытания проводят в экранированном помещении. Уровни внешних кондуктивных помех в проводах питания должны измеряться при отсоединении проводов от ИО и подсоединении их к эквивалентной резистивной нагрузке. Если испытания проводят в экранированном помещении и ИО соответствует требуемым нормам, то уровни внешних помех регистрировать в отчете об испытаниях ЭМП не следует. Если измерения проводят не в экранированном помещении, то испытания должны проходить в такое время и в таких условиях, когда уровень внешних помех минимален. Эти внешние помехи должны регистрироваться в отчете об испытаниях ЭМП и не должны искажать результаты испытаний.

И.5.2 Включают измерительное оборудование и дают достаточное время для его стабилизации.

И.5.3 Используя путь проверки системы (см. рисунок И.2), производят следующую оценку всей измерительной системы от каждой антенны до устройства вывода данных на наивысшей измеряемой этой антенной частоте. Для штыревых антенн с пассивными схемами согласования эта оценка должна проводиться на центральной частоте каждого диапазона. Для активных штыревых антенн эта оценка должна проводиться на низшей частоте испытаний, на средней частоте диапазона и на высшей частоте испытаний.

И.5.3.1 Подают на коаксиальный кабель в точку подсоединения антенны уровень калиброванного сигнала на 6 дБ ниже нормы (норма минус антенный фактор).

И.5.3.2 Перестраивают измерительный приемник таким же образом, как и при обычном просмотре данных. Необходимо убедиться, что устройство регистрации данных показывает уровень, отличающийся от уровня вводимого сигнала не более, чем на ±3 дБ.

И.5.3.3 При использовании штыревой антенны длиной 104 см следует удалить штырь и подать сигнал в схему согласования полного сопротивления антенны через конденсатор 10 пФ, подключенный к основанию штыря.

И.5.3.4 Если полученные отсчеты отклоняются более чем на ±3 дБ, следует найти местонахождение источника ошибки и устранить его, прежде чем продолжать испытание. Если ошибка не устраняется, то значение ошибки фиксируют и учитывают в результатах измерений.

И.5.4 Используя путь измерения (см. рисунок И.2), проводят следующие операции для каждой антенны, чтобы продемонстрировать нормальное прохождение сигнала:

- излучается какой-либо сигнал, используя антенну или штыревой излучатель, на наивысшей измеряемой частоте каждой антенны;
- настраивается измерительный приемник на частоту подаваемого сигнала, при этом следует убедиться, что принимается сигнал соответствующей амплитуды.

Примечание — Эта оценка предназначена для грубой индикации надлежащего функционирования антенны. Требование к точному измерению уровня сигнала не предъявляется.

И.5.5 Включают ИО и дают достаточное время для его стабилизации.

И.5.6 Используя путь измерения (см. рисунок И.2), определяют излучаемые помехи от ИО и соединенных с ним кабелей.

И.5.6.1 Перестраивают измерительный приемник в каждом применимом диапазоне частот. При этом ширина полосы и минимальное время измерения должны соответствовать значениям, заданным в таблице В.1 (приложение В).

И.5.6.2 На частотах выше 30 МГц следует ориентировать антенны для приема как горизонтально, так и вертикально поляризованных полей.

И.5.6.3 Проводят измерения на каждой позиции антенны, определенной в И.3.3.2.3.

И.6 Представление данных

Данные представляют следующим образом:

- аппаратура отображения данных должна непрерывно и автоматически вычерчивать частотные профили амплитуды. Полученные вручную данные неприемлемы, кроме как для подтверждения правильности графика. Данные для вертикальной и горизонтальной поляризации в каждом отдельном частотном диапазоне должны быть представлены отдельными графиками или должны быть ясно различимы в черно-белом формате на общем графике;
- на каждом графике отображается соответствующая норма;
- для каждого графика обеспечивается разрешение по частоте не хуже 1 % или удвоенной ширины полосы измерительного приемника, если она более этого значения, и разрешение по амплитуде не хуже 1 дБ;
- представляют графики данных, полученных как при измерении по настоящей методике, так и при проверке системы;
- представляют подтверждение электрической целостности измерительных антенн, как это было определено в И.5.4.

Приложение К
(справочное)

Измерение устойчивости к пульсациям звуковой частоты в линии питания

К.1 Устойчивость к пульсациям звуковой частоты в линии питания проверяют испытанием в соответствии с [3] (подпункт А.3.3.10).

При этом испытании напряжение уровня спецификации должно измеряться на зажимах силового ввода испытуемого изделия. Вводят немодулированный сигнал. Импеданс источника генератора пульсаций должен быть больше 0,5 Ом или ожидаемого импеданса источника питания на частоте, не превышающей 1500 Гц. Импеданс источника будет возрастать при увеличении частоты свыше 1500 Гц. Если при проведении этого испытания используют стандартную измерительную аппаратуру, то импеданс источника не будет превышать требований данного пункта.

К.2 Требование выполняется в том случае, если удовлетворено любое из двух условий:

- качество функционирования испытуемого изделия не ухудшается до неприемлемого уровня, когда на входных зажимах питания появляется напряжение уровня спецификации;
- качество функционирования испытуемого изделия не ухудшается до неприемлемого уровня, когда генератор пульсаций вводит такой ток, который он может выдать в импеданс нагрузки при напряжении уровня спецификации, независимо от напряжения, создаваемого на входных зажимах питания испытуемого изделия. Если не используется жесткий источник питания, то при этом испытании качество электроэнергии может ухудшиться настолько, что ИО будет считаться восприимчивым.

К.3 Могут применяться и модулированные сигналы. Включение междуфазного конденсатора параллельно источнику питания способствует созданию напряжения на ИО.

Приложение Л
(рекомендуемое)

Измерение устойчивости к импульсам напряжения

Л.1 Испытание проводится в соответствии с [1] (раздел 17) и предназначено для определения способности ИО выдерживать воздействие импульсов напряжения, которые могут поступать на оборудование по питающим его проводам как переменного, так и постоянного тока. При этом могут иметь место следующие отрицательные последствия:

- полное повреждение, повреждение составляющих, пробой изоляции;
- ухудшение чувствительности или изменение характеристик оборудования.

Л.2 Испытательная установка и аппаратура должны соответствовать указанным ниже требованиям.

Используемый генератор переходных процессов должен генерировать импульсы формы, приведенной на рисунке Л.1. Блок-схема типовой испытательной установки приведена на рисунке Л.2. Можно использовать любой метод генерации импульсов напряжения, если только форма колебаний соответствует приведенной на рисунке Л.1.

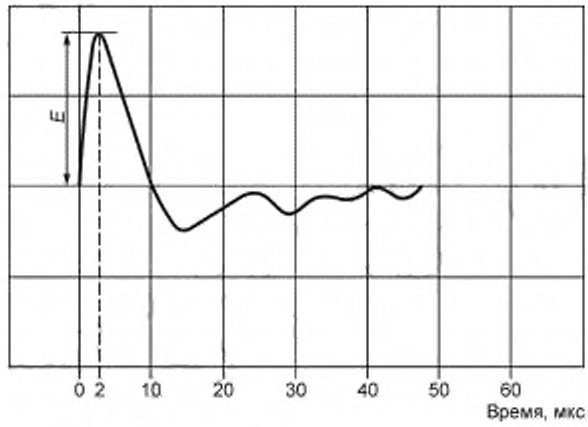


Рисунок Л.1 — Форма импульса напряжения

Л.3 Методика испытания заключается в следующем:

- при отсоединенном ИО необходимо убедиться, что форма кривой переходного процесса соответствует приведенной на рисунке Л.1.

Примечания

1 Показана типовая форма колебаний. Требование к форме колебаний выполняется, если время нарастания импульса не более 2 мкс и полная длительность импульса не менее 10 мкс.

2 Для оборудования предназначенного для подключения в цепях, где необходима высокая степень защиты от повреждения в результате воздействия импульсов напряжения, E = 600 В.

3 Для оборудования, предназначенного в основном для подключения в цепях, где допускается пониженный уровень защиты от импульсов напряжения, E равно удвоенному линейному напряжению (меньшему из значений эффективного напряжения переменного тока или напряжения постоянного тока, или 200 В).

4 Импеданс источника колебаний должен быть 50 Ом ±10 %. Напряжение и длительности задаются только для условий разомкнутой цепи при подключенном оборудовании. Пиковое напряжение может быть значительно ниже. Импеданс испытательного источника может быть проверен испытанием с 50 Ом нагрузочным резистором и должен давать половину заданного напряжения ±10 %;

- на каждый вход первичного электропитания ИО, работающего при расчетном(ых) напряжении(ях), подают серию положительных и отрицательных импульсов, приведенных на рисунке Л.1. За одну минуту подают 50 переходных процессов каждой полярности;
- испытание повторяют для каждого режима работы или функции, выполняемой оборудованием;

- после подачи импульсов напряжения определяют соответствие применимым стандартам на технические характеристики оборудования.

Примечание — Если характеристики ИО определяют во время проведения этого испытания, то они должны соответствовать требованиям стандартов на технические характеристики ИО.

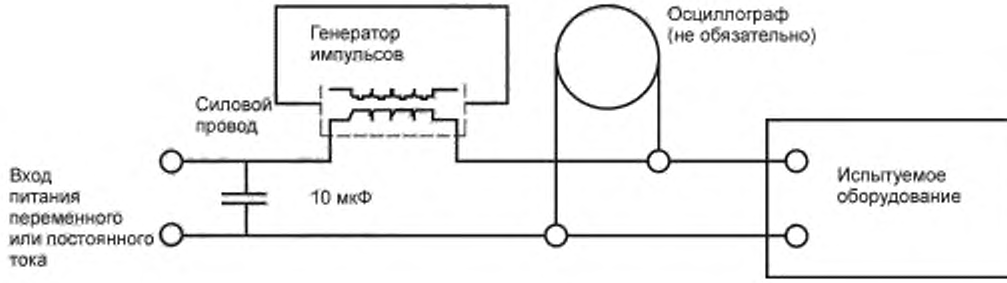


Рисунок Л.2 — Блок-схема установки для испытания импульсом напряжения

Л.4 Для сильноточного оборудования могут потребоваться другие методы испытаний (чтобы избежать насыщения трансформатора и т. п.).

Приложение М
(справочное)

Испытание восприимчивости к кондуктивным помехам в виде наводок в кабелях в диапазоне от 10 кГц до 200 МГц (метод CS114)

Данный метод испытаний согласно [4] применяют для проверки помехоустойчивости ИО к радиочастотным сигналам, наводимым в кабелях, подсоединенных к ИО.

М.1 Испытательное оборудование

Должно применяться следующее испытательное оборудование:

- измерительные приемники;
- токовые зонды (максимальные вносимые потери показаны на рисунке М.1; рекомендуются, но не обязательны, минимальные вносимые потери);

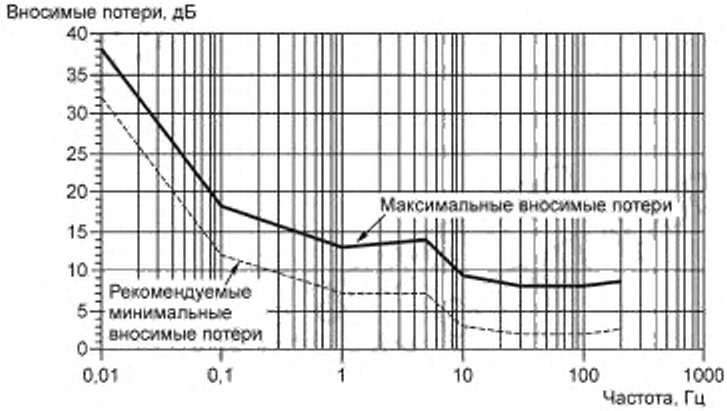


Рисунок М.1 — Максимальные вносимые потери для инжекционных датчиков

- токосъемники;
- приспособление для калибровки (коаксиальная линия передачи с характеристическим импедансом 50 Ом, коаксиальными разъемами на обоих концах и местом для токового зонда вокруг центрального проводника);
- направленные ответвители;
- генераторы сигналов;
- графопостроитель;
- аттенюаторы, 50 Ом;
- коаксиальные нагрузки, 50 Ом;
- усилители мощности;
- эквиваленты сети.

М.2 Испытательная установка

Испытательную установку подготавливают в следующем порядке:

- собирают базовую испытательную установку для ИО, как показано на рисунках В.1—В.4 и описано в В.4 (приложение В);
- собирают испытательную установку в соответствии с блок-схемой, приведенной на рисунке М.2, для калибровки токовых зондов;

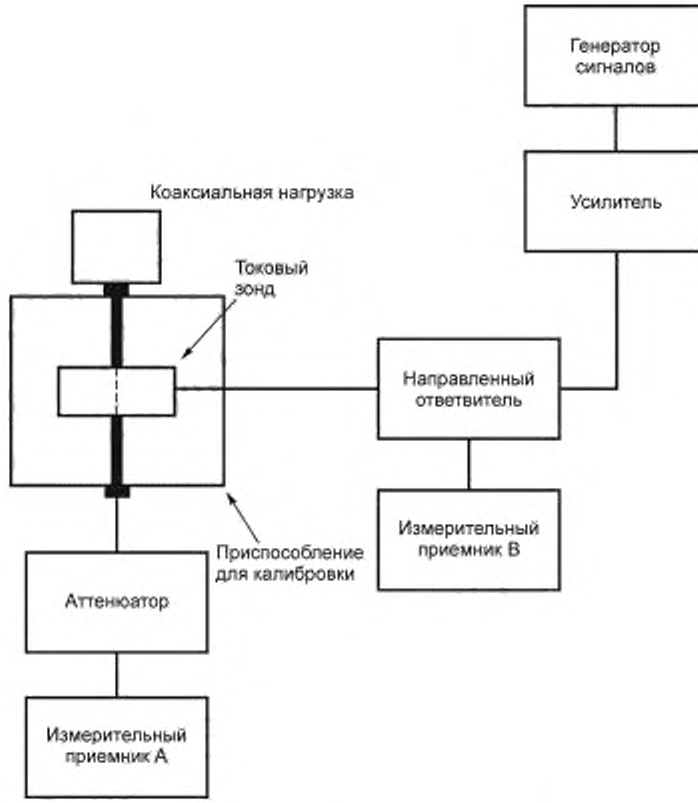


Рисунок М.2 — Блок-схема калибровки

- токовым зондом охватывают центральный проводник приспособления для калибровки;
- к одному концу приспособления для калибровки подключают нагрузку 50 Ом, а к другому концу — аттенюатор, подсоединенный к измерительному приемнику А;
- проводят подключение испытательного оборудования и ИО, как показано на рисунке М.3;

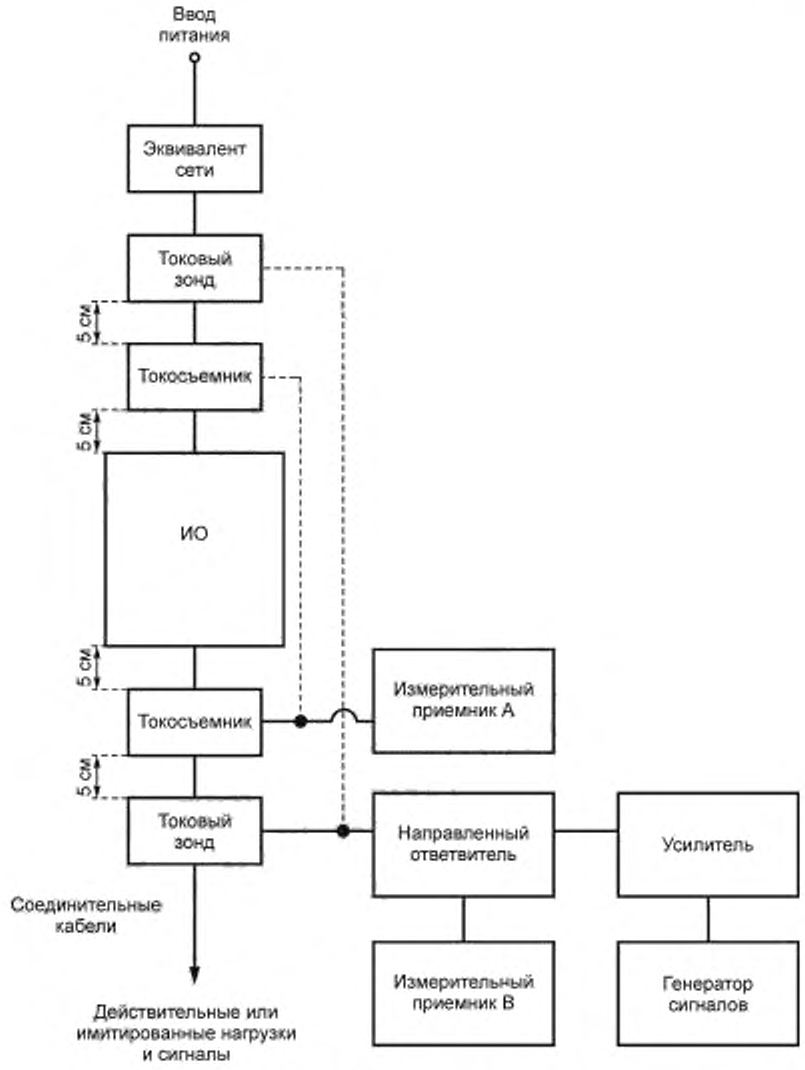


Рисунок М.3 — Блок-схема оценки наводки в кабеле

- токовым зондом и токосъемником охватывают кабельный жгут, подстыкованный к разъему ИО;
- токосъемник располагают в 5 см от соединителя. Если общая длина соединителя и корпуса разъема превышает 5 см, то токосъемник следует расположить как можно ближе к корпусу разъема;
- токовый зонд размещают в 5 см от токосъемника.

М.3 Методика испытаний

Методика испытаний заключается в следующем.

М.3.1 Включают измерительное оборудование и дают достаточное время для его стабилизации.

М.3.2 С учетом схемы калибровки выполняют следующие процедуры:

а) настраивают генератор сигналов на частоту 10 кГц, без модуляции;

б) увеличивают подаваемый сигнал до тех пор, пока измерительный приемник А не покажет, что в центральном проводнике приспособления для калибровки протекает ток уровня, заданного в применимой норме;

в) регистрируют измерительным приемником В «мощность в прямом направлении», подаваемую в токовый зонд;

г) сканируют диапазон частот от 10 кГц до 200 МГц и регистрируют мощность в прямом направлении, которая необходима для поддержания требуемой амплитуды тока.

М.3.3 Испытание оборудования.

Необходимо выполнить перечисленные ниже процедуры на каждом кабельном жгуте, подстыкованном к каждому электрическому соединителю на ИО, включая укомплектованные кабели питания (силовые и обратные провода). Кроме того, провести измерения на кабелях питания при исключении из кабельного жгута обратных проводов и заземлений на корпус (зеленых проводов). Для соединителей, которые включают и соединительные провода и провода питания, выполнить процедуры на полностью укомплектованном жгуте, на проводах питания (включая возвратные и провода заземления), сгруппированных отдельно, и на проводах питания, сгруппированных с возвратными при удаленных проводах заземления.

М.3.3.1 Включают ИО и дают достаточное время для его стабилизации.

М.3.3.2 Оценку восприимчивости проводят следующим образом:

а) настраивают генератор сигналов на частоту 10 кГц при модуляции импульсами с частотой следования 1 кГц и коэффициентом заполнения 50 %;

б) подают в токовый зонд уровень мощности в прямом направлении, определенный согласно М.3.2 перечисление г), наблюдая при этом наведенный ток;

в) проводят сканирование в требуемом частотном диапазоне. В процессе испытаний восприимчивости должен быть просмотрен весь частотный диапазон каждого применяемого метода испытаний. При испытаниях восприимчивости со сканированием частоты скорость сканирования частоты и размеры шага по частоте источников сигналов не должны превышать величин, указанных в таблице М.1.

Таблица М.1 — Сканирование восприимчивости

Диапазон частот	Максимальная скорость аналогового сканирования	Максимальный размер шага при ступенчатом сканировании
От 30 Гц до 1 МГц	0,0333 f_0/с	0,05 f_0
От 1 МГц до 30 МГц	0,00667 f_0/с	0,01 f_0
От 30 МГц до 1 ГГц	0,00333 f_0/с	0,005 f_0
От 1 ГГц до 8 ГГц	0,000667 f_0/с	0,001 f_0
От 8 ГГц до 40 ГГц	0,000333 f_0/с	0,0005 f_0

Скорости и размеры шага выражают как долю частоты настройки (f_0) источника сигнала.

Аналоговое сканирование означает, что источник сигналов непрерывно перестраивается. Ступенчатое сканирование означает, что источник сигналов последовательно настраивается на дискретные частоты. При ступенчатом сканировании на каждой частоте настройки производится задержка минимум на большее из значений 3 с или время отклика ИО. Скорости сканирования и размеры шага должны уменьшаться, если это необходимо, чтобы заметить отклик.

Необходимо поддерживать мощность в прямом направлении на калиброванном уровне, определенном в М.3.2 перечисление г), или максимальный уровень тока для применимой нормы, если он соответствует меньшей мощности;

г) контролируют ухудшение качества функционирования ИО во время испытания;

д) если будет замечена восприимчивость, следует определить порог восприимчивости и убедиться, что он выше применимого требования. Пороги восприимчивости описывают в отчете об испытаниях ЭМП и определяют следующим образом:

1) при обнаружении признаков восприимчивости следует уменьшить мешающий сигнал до такого значения, пока не восстановится нормальное состояние ИО;

2) затем уменьшают мешающий сигнал еще на 6 дБ;

3) постепенно увеличивают мешающий сигнал до тех пор, пока вновь не проявится восприимчивость. Полученный уровень и есть порог восприимчивости;

4) регистрируют этот уровень, диапазон частот, где проявляется восприимчивость, частоту и уровень максимальной восприимчивости и, если нужно, другие параметры испытаний;

е) для ИО с резервной кабельной системой (по соображениям критической безопасности), например, с шинами многокомпонентных данных, следует применять методы одновременного мультикабельного ввода.

М.4 Представление данных

Данные должны быть представлены следующим образом:

- представляют графики зависимости амплитуды от частоты при уровнях мощности в прямом направлении, требуемых для получения калиброванного уровня, определенного в М.3.2;
- представляют таблицы, показывающие сканируемые диапазоны частот и соответствие требованиям при оценке восприимчивости по М.3.3.2 для каждого подстыкованного соединителя. Также представляют пороги восприимчивости, которые были определены, вместе с соответствующими частотами.

Приложение Н
(справочное)

Измерение восприимчивости к излучаемым помехам в виде магнитного поля с помощью катушки Гельмгольца (альтернативный метод RS101)

Н.1 Данный метод испытаний может применяться при условии, что могут быть выполнены ограничения, предусмотренные в Н.3.2 на соотношение размеров ИО и катушки.

Описываемый метод испытаний является альтернативным методом, применяемым для проверки помехоустойчивости ИО к излучаемым магнитным полям.

Н.2 Должно применяться следующее испытательное оборудование:

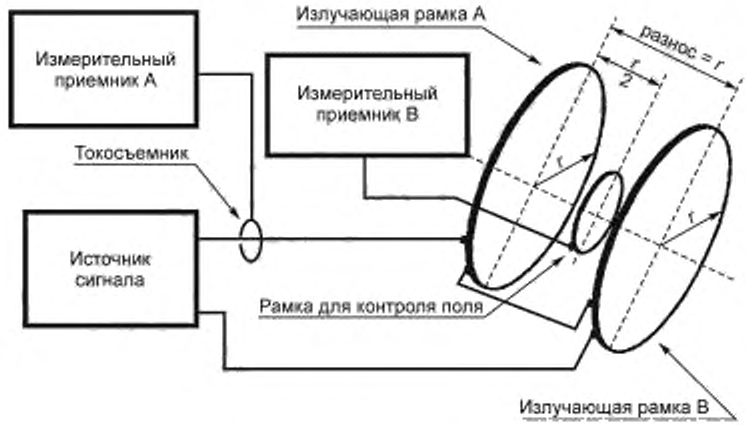
- источник сигналов;
- катушка Гельмгольца переменного тока с последовательной намоткой;
- датчик в виде рамки, имеющей характеристики, приведенные в Ж.2 (приложение Ж);
- измерительный приемник или узкополосный вольтметр;
- токосъемник;
- эквиваленты сети.

Н.3 Испытательную установку подготавливают в следующем порядке.

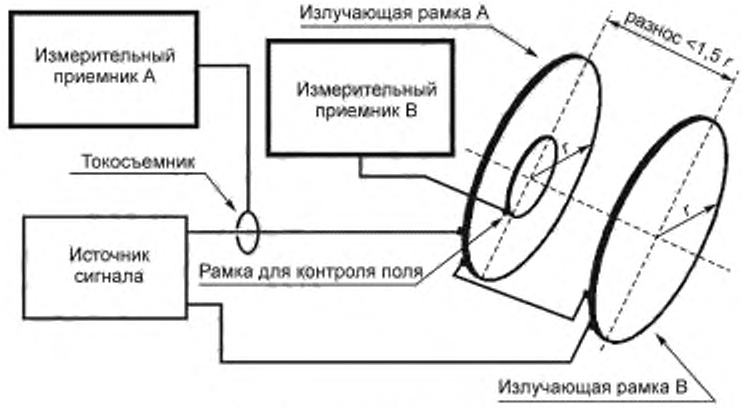
Н.3.1 Собирают базовую испытательную установку для ИО, как показано на рисунках В.1—В.4 и описано в В.4 (приложение В).

Н.3.2 Схема калибровки:

- собирают излучающую систему, блок-схема которой приведена на рисунке Н.1 Выбирают интервал между катушками, учитывая физические размеры корпуса ИО;
- при ИО с размерами, меньшими, чем один радиус катушки, используют стандартную конфигурацию Гельмгольца (катушки, разнесенные на один радиус). Рамку контроля поля помещают в центр испытательного объема;
- при ИО с размерами, большими, чем один радиус катушки, используют дополнительную конфигурацию. Разнос катушек выбирают таким образом, чтобы лицевая плоскость ИО была по меньшей мере в 5 см от плоскости катушек и чтобы разнос между катушками не превышал 1,5 радиуса. Пробник контроля поля помещают в плоскости любой катушки в ее центре.



Стандартная конфигурация

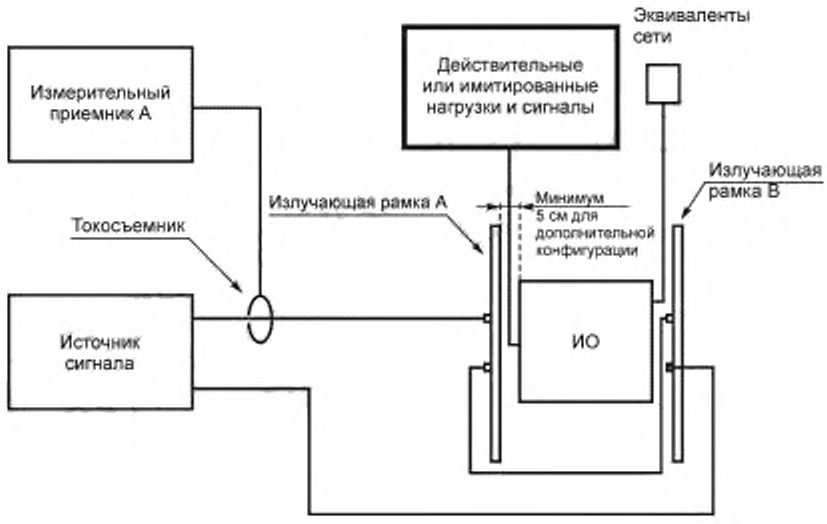


Дополнительная конфигурация

Рисунок Н.1 — Блок-схема калибровки катушек Гельмгольца

Н.3.3 Схема испытания:

- собирают испытательную установку, блок-схема которой приведена на рисунке Н.2, используя тот же интервал между катушками, что был определен при калибровке по Н.3.2;



Примечание — Показана одна из трех требуемых проекций.

Рисунок Н.2 — Блок-схема испытательной установки с катушками Гельмгольца

- катушки размещают таким образом, чтобы лицевая плоскость ИО была параллельна плоскости катушек.

Н.4 Методика испытаний

Н.4.1 Включают измерительное оборудование и дают достаточное время для стабилизации.

Н.4.2 Калибровку измерительного оборудования осуществляют следующим образом:

- настраивают источник сигнала на частоту 1 кГц и проводят регулирование выходного сигнала на достижение плотности магнитного потока 110 дБпТ, используя отсчет измерительного приемника А;
- измеряют выходное напряжение датчика в виде рамки, используя измерительный приемник В;
- следует убедиться, что выходной сигнал измерительного приемника В отличается не более чем на ± 3 дБ от ожидаемой величины, с учетом антенного фактора, и зарегистрировать это значение.

Н.4.3 Порядок испытания оборудования:

а) включают ИО и дают достаточное время для его стабилизации;

б) частоты испытаний выбирают следующим образом:

1) в катушку Гельмгольца подают ток, достаточный для того, чтобы создать напряженность магнитного поля, по крайней мере, на 6 дБ более применимой нормы;

2) выполняют сканирование в применимом частотном диапазоне. Приемлемы скорости перестройки не более чем в 3 раза превышающие значения, указанные в таблице М.1 (приложение М);

3) если будет замечена восприимчивость, следует выбрать не менее трех испытательных частот на октаву из тех частот, где восприимчивость максимальна;

4) катушку Гельмгольца помещают последовательно над каждым участком на каждой лицевой поверхности ИО (по всем трем осям) и над каждым электрическим разъемом, после чего следует повторить процедуры, указанные в Н.4.3.2, перечисление б) (подпункты 2 и 3) для определения участков и частот, где проявляется восприимчивость;

5) из совокупности частот, на которых была замечена восприимчивость при выполнении процедур, указанных в Н.4.3, перечисление б) (подпункты 2—4), выбирают три частоты на октаву в применимом диапазоне частот.

в) на каждой частоте, определенной в Н.4.3, перечисление б) (подпункт 5), в катушку Гельмгольца подается ток, который соответствует применимой норме. Необходимо перемещать катушки так, чтобы найти возможные восприимчивые участки, уделяя особое внимание участкам, определенным в Н.4.3, перечисление б) (подпункт 4). Необходимо обеспечить, чтобы ИО оставалось в центре между катушками, или чтобы катушки оставались на расстоянии 5 см от поверхности ИО. Следует убедиться, что восприимчивость не проявляется.

Н.5 Данные должны представляться следующим образом:

- приводят табличные данные, подтверждающие калибровку катушек Гельмгольца по Н.4.2;
- приводят данные, диаграммы или фотографии, показывающие применимые испытательные частоты и участки, определенные в Н.4.3, перечисление б) (подпункты 4 и 5);
- приводят графические или табличные данные, показывающие частоты и пороги восприимчивости.

Приложение П
(справочное)

Измерение восприимчивости к излучаемым помехам в виде электрического поля в диапазоне от 2 МГц до 40 ГГц (метод RS103)

П.1 Данный метод испытаний согласно [4] применяют для проверки помехоустойчивости ИО и подсоединенных к нему кабелей к электрическим полям.

П.2 Для проведения испытаний применяют следующее оборудование:

а) генераторы сигналов;

б) усилители мощности;

в) приемные антенны:

1) 1 ГГц—10 ГГц — двугребневые рупоры;

2) 10 ГГц—40 ГГц — другие антенны по решению закупающей организации;

г) передающие антенны;

д) измерители напряженности электрического поля (физически малые — электрически короткие);

е) измерительный приемник;

ж) измеритель мощности;

и) направленный ответвитель;

к) аттенюатор;

л) устройство регистрации данных;

м) эквиваленты сети.

П.3 Испытательную установку подготавливают в следующем порядке.

П.3.1 Собирают базовую испытательную установку для ИО, как показано на рисунках В.1—В.4 (приложение В), рисунке И.1 (приложение И), и описано в В.4 (приложение В).

П.3.2 Для калибровки электрического поля требуются измерители напряженности электрического поля на частотах 2 МГц—1 ГГц. Свыше 1 ГГц могут быть использованы либо измерители напряженности электрического поля, либо приемные антенны (см. П.2).

П.3.3 Собирают испытательную установку, блок-схема которой приведена на рисунке П.1.

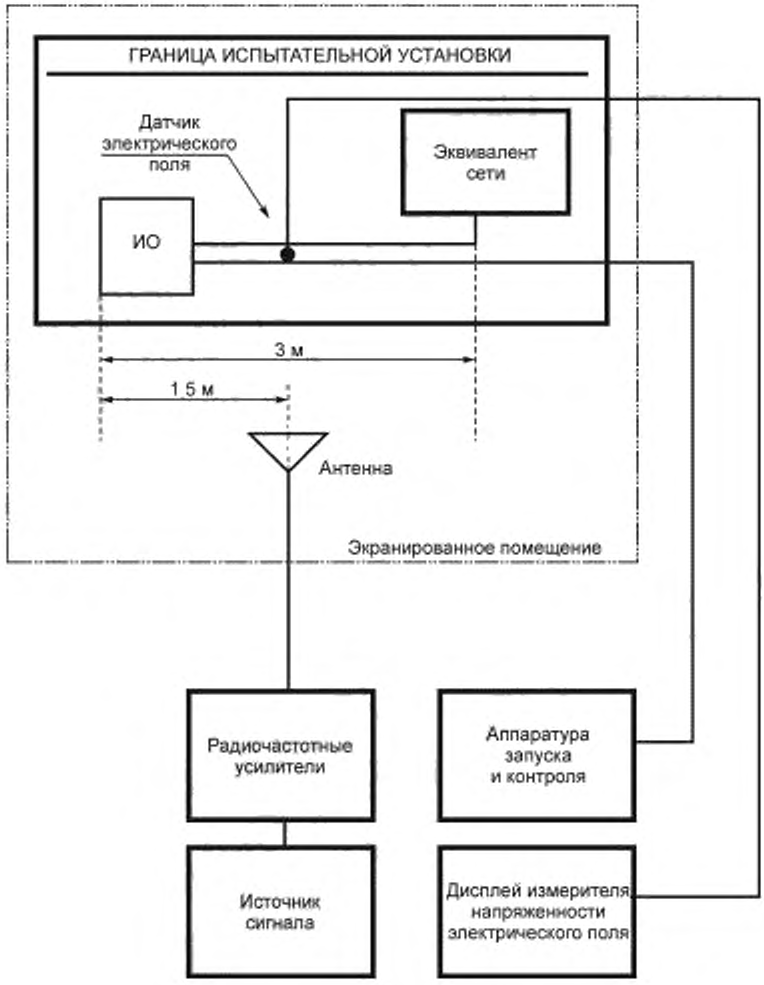


Рисунок П.1 — Блок-схема испытательной установки

П.3.4 Схема калибровки:

а) в случае размещения измерителей напряженности электрического поля (см. П.2) необходимо расположить датчики на расстоянии 1 м напротив передающих антенн, как показано на рисунках П.2 и П.3 и как минимум на 30 см над плоскостью заземления. Располагать датчики непосредственно на углах или ребрах ИО не допускается;

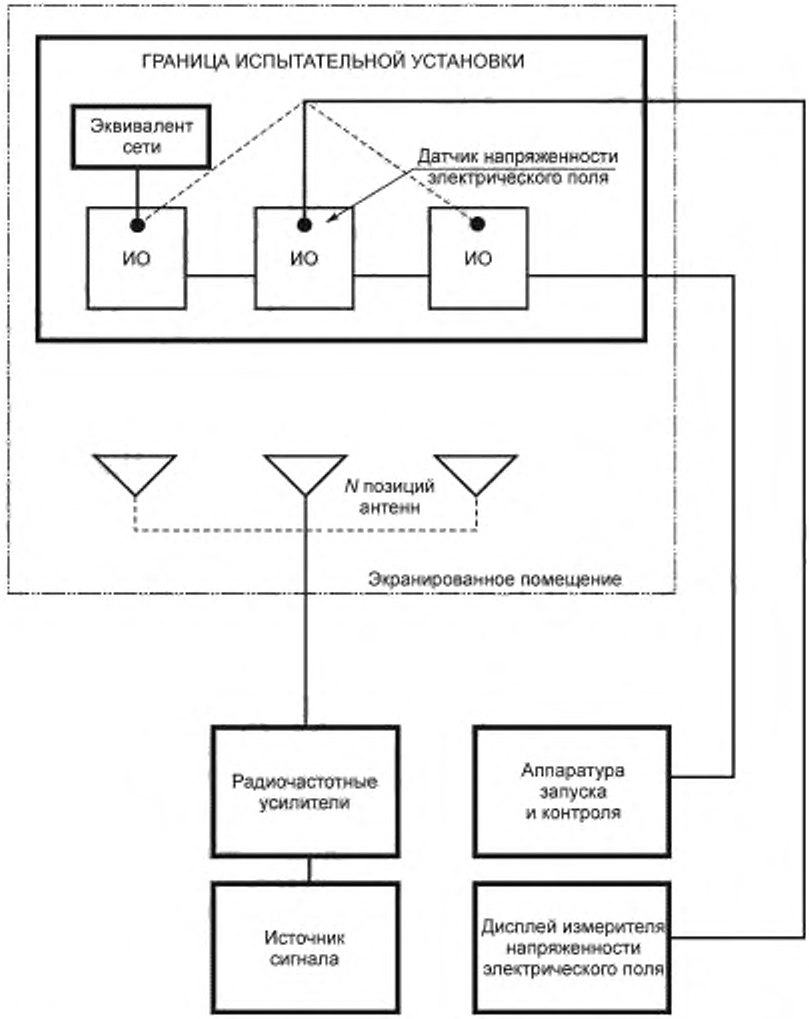


Рисунок П.2 — Несколько позиций испытательных антенн для частоты > 200 МГц

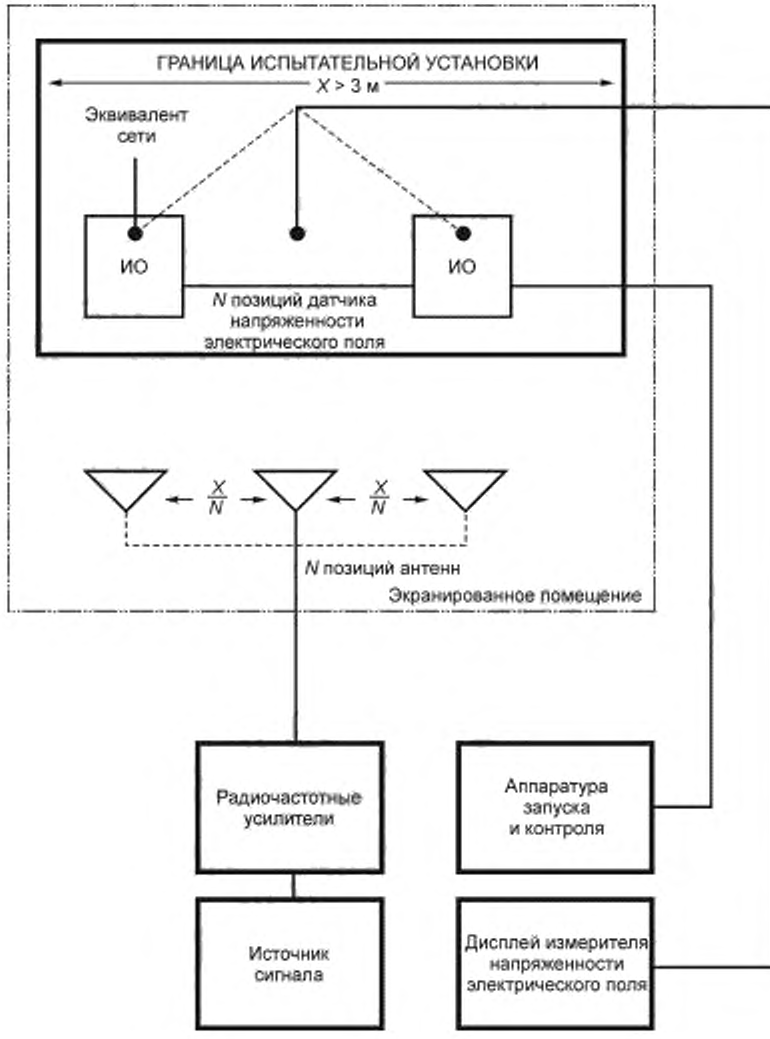


Рисунок П.3 — Размещение антенн на N позициях, $X > 3$ м

б) в случае размещения приемных антенн (см. П.2), прежде, чем помещать ИО, должна быть выбрана позиция приемной антенны, как показано на рисунке П.4. Она должна устанавливаться на диэлектрическом стенде в таком месте и на такой высоте над плоскостью заземления, чтобы оказалась напротив центра ИО.

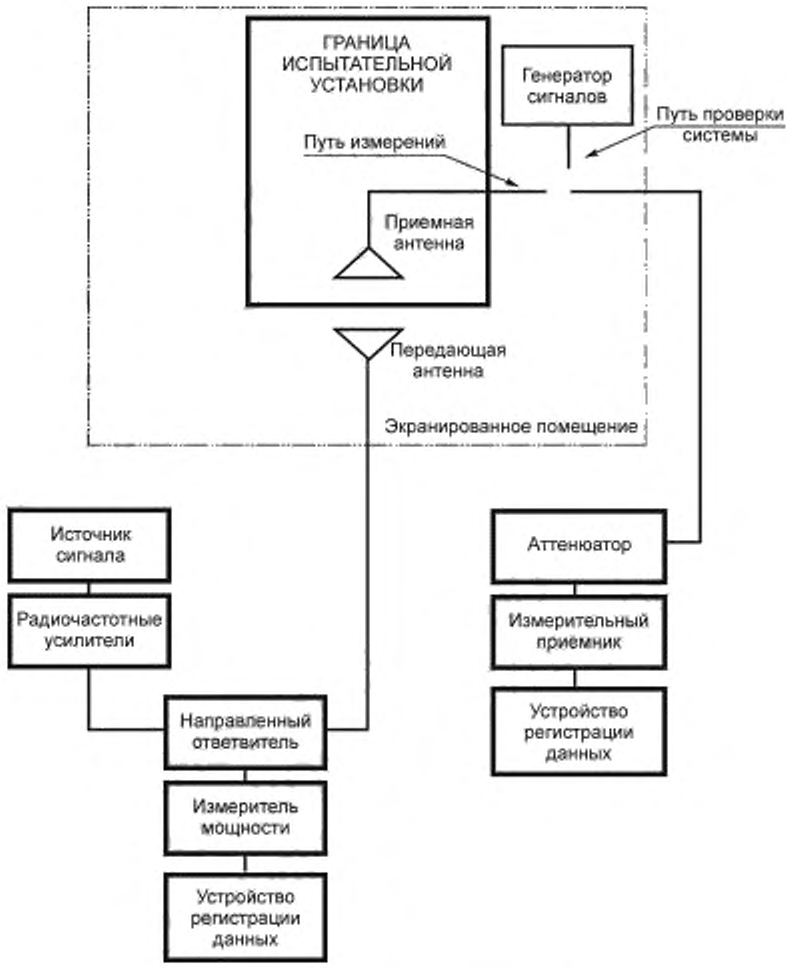


Рисунок П.4 — Метод приемной антенны (1—40 ГГц)

П.3.5 Схема испытания:

а) передающие антенны должны быть размещены на удалении 1 м от границы испытательной установки следующим образом:

1) частота 2 МГц — 200 МГц:

- если размеры испытательной установки ≤ 3 м, то необходимо установить антенну посередине между краями границы испытательной установки. Эта граница охватывает все корпуса ИО и двухметровые отрезки подвергаемых воздействию соединительных проводов и проводов питания, требуемых в В.4.5 (приложение В). Приемлемы соединительные провода короче 2 м, если они реально имеют место на платформе;

- если размеры испытательной установки > 3 м, то необходимо использовать несколько позиций антенн *N* с разносом, показанным на рисунке П.3. Количество позиций антенн *N* определяется делением расстояния между краями границы, м, на три и округлением в бóльшую сторону до целого числа;

2) частота 200 МГц и выше:

Может потребоваться несколько позиций антенн, как показано на рисунке П.2. Число позиций антенн *N* определяется следующим образом:

- при испытаниях на частотах от 200 МГц до 1 ГГц антенна располагается на достаточном числе позиций, так чтобы полная ширина каждого корпуса ИО и первые 35 см кабелей и проводов, подсоединенных к корпусу ИО, попадали в ширину луча антенны по уровню 3 дБ;

- при испытаниях на частотах 1 ГГц и выше антенна располагается на достаточном числе позиций, так чтобы полная ширина каждого корпуса ИО и первые 7 см кабелей и проводов, подсоединенных к корпусу ИО, попадали в ширину луча антенны по уровню 3 дБ;

б) измерители напряженности электрического поля располагаются как указано в П.3.4, перечисление а).

П.4 Методика проведения испытаний

П.4.1 Включают измерительное оборудование и дается достаточное время для его стабилизации.

П.4.2 Оценивают, нет ли на испытательной площадке потенциальной опасности радиочастотных излучений и принимают необходимые меры предосторожности для обеспечения безопасности персонала, проводящего испытания.

П.4.3 Калибровку осуществляют следующим образом:

а) метод измерителя напряженности электрического поля:

1) по индикатору измерителя напряженности поля регистрируют амплитуду внешних ЭМП по отношению к ИО;

2) измеритель перемещают, если необходимо, до тех пор, пока этот уровень не станет <10 % применимой для испытаний напряженности поля;

б) метод приемной антенны (> 1 ГГц):

1) генератор сигналов подсоединяют к коаксиальному кабелю в точке подключения приемной антенны (антенна удалена). Источник сигнала настраивают на выходной уровень 0 дБм на наивысшей частоте, которая должна быть использована в собранной испытательной установке. Измерительный приемник настраивают на частоту источника сигналов;

2) следует убедиться, что отсчет выходного сигнала отличается не более, чем на ±3 дБ, от подаваемого сигнала с учетом всех соответствующих потерь. Если обнаружатся бóльшие отклонения, необходимо найти местонахождение источника ошибки и устранить его, прежде чем продолжать испытание. Если ошибка не устраняется, то значение ошибки фиксируют и учитывают в результатах измерений;

3) приемную антенну подключают к коаксиальному кабелю, как показано на рисунке П.4. Осуществляют импульсную модуляцию источника сигналов частотой 1 кГц с коэффициентом заполнения 50 %. Используя подходящие передающую антенну и усилитель, устанавливают начальную частоту электрического поля для испытаний. Следует постепенно увеличивать уровень электрического поля, пока он не достигнет применимой нормы;

4) выполняют сканирование в диапазоне частот испытания и регистрируют необходимые для поддержания требуемой напряженности поля уровни мощности на входе передающей антенны;

5) процедуры, указанные в П.4.3, перечисление б) (подпункты 1—4) повторяют во всех случаях, когда изменяют испытательную установку или заменяют антенну.

П.4.4 Испытание оборудования:

а) метод измерителя напряженности *E*-поля:

1) осуществляют импульсную модуляцию источника сигналов частотой 1 кГц с коэффициентом заполнения 50 %. Используя подходящие передающую антенну и усилитель, устанавливают электрическое поле на начальной частоте испытаний. Необходимо постепенно увеличивать уровень электрического поля, пока он не достигнет применимой нормы;

2) выполняют сканирование в требуемых диапазонах частот с такими скоростями и в течение таких интервалов времени, как указано в таблице М.1 (приложение М). Необходимо поддерживать уровни напряженности поля в соответствии с применимой нормой. Следует наблюдать, не проявляется ли восприимчивость ухудшением качества функционирования ИО;

б) метод приемной антенны:

1) удаляют приемную антенну и устанавливают ИО в соответствии с П.3.1;

2) осуществляют импульсную модуляцию источника сигналов частотой 1 кГц с коэффициентом заполнения 50 %. Используя подходящие передающую антенну и усилитель, устанавливают электрическое поле на начальной частоте испытаний. Необходимо постепенно увеличивать уровень электрического поля, пока он не достигнет применимого уровня, зарегистрированного в процессе калибровки;

3) выполняют сканирование в требуемом диапазоне частот с такими скоростями и в течение таких интервалов времени, как указано в таблице М.1 (приложение М), одновременно проверяя, правильно ли установлена входная мощность передатчика в соответствии с данными калибровки. Следует постоянно наблюдать, не проявляется ли восприимчивость ухудшением качества функционирования ИО;

в) если будет замечена восприимчивость, необходимо определить ее порог в соответствии с М.4.3.2, перечисление д) (приложение М) и убедиться, что он выше нормы;

г) проводят испытания во всем требуемом частотном диапазоне с вертикально поляризованной передающей антенной. На частотах выше 30 МГц испытания повторяют с горизонтально поляризованной передающей антенной;

д) повторяют испытание по П.4.4 для каждой позиции передающей антенны, требуемой в П.3.5.

П.5 Данные должны представляться следующим образом:

- приводят графические или табличные данные, показывающие частотные диапазоны и уровни напряженности поля при испытаниях;

- приводят графические или табличные данные, полученные при калибровке (только для метода антенны) для учета зависимости требований к входной мощности от частоты, и результаты проверки системы согласно П.4.3, перечисление б) (подпункты 3 и 4);

- приводят поправочные коэффициенты, необходимые для пересчета выходных показателей измерителя напряженности в эквивалентные отсчеты при пиковом детектировании модулированных колебаний;

- приводят графики или таблицы с найденными порогами восприимчивости вместе с соответствующими частотами;

- представляют схемы или фотографии с изображением реальной испытательной установки и указанием соответствующих размеров.

Приложение Р
(справочное)

Измерение восприимчивости к магнитным полям, наводимым в оборудовании

Р.1 Измерение проводят в соответствии с [1] (подпункт 19.3.1). ИО подвергают воздействию магнитного поля звуковой частоты, которое создается током с действующим значением 20 А на частоте 400 Гц, протекающим в излучателе в виде прямого провода на расстоянии 0,15 м от поверхности блока ИО. Определяют соответствие технических характеристик ИО установленным требованиям.

Р.2 Во время этого испытания излучатель должен быть так ориентирован по отношению к каждой внешней поверхности каждого блока, чтобы вызывать максимальные помехи. Длина излучателя должна быть такой, чтобы он выступал по крайней мере на 0,6 м (сбоку) за каждым краем испытываемого блока. Провода, подводящие ток к излучателю, должны быть проложены не ближе 0,6 м от любой части испытываемого блока и от самого излучателя. Все блоки ИО должны испытываться отдельно. Источник питания излучателя магнитного поля не должен быть синхронизирован с источником питания оборудования.

Приложение С
(справочное)

Измерение восприимчивости к магнитным полям, наводимым в соединительных кабелях

С.1 Измерение проводят в соответствии с [1] (подпункт 19.3.2). Испытательную установку собирают в соответствии с блок-схемой, приведенной на рисунке С.1. Все соединительные кабели оборудования должны быть выполнены в соответствии с применяемыми схемами установки и контрольными схемами интерфейса. Любые соединения (вводы или выводы) с другим оборудованием, нормально связанным с ИО, должны быть адекватно имитированы. Источник питания излучателя магнитного поля с источником питания системы энергоснабжения оборудования не синхронизируется.

С.2 Жгут соединительных проводов ИО подвергают воздействию магнитного поля звуковой частоты в соответствии с требованиями, указанными в таблице С.1. Определяют соответствие технических характеристик ИО установленным требованиям при значениях поля, заданных в таблице С.1.

Примечания

1 Жгут соединительных проводов должен быть расположен минимум на 50 мм над плоскостью заземления.

2 Внешнее магнитное поле = ток (*I*, действующее значение, А) • длина (*l*, м).

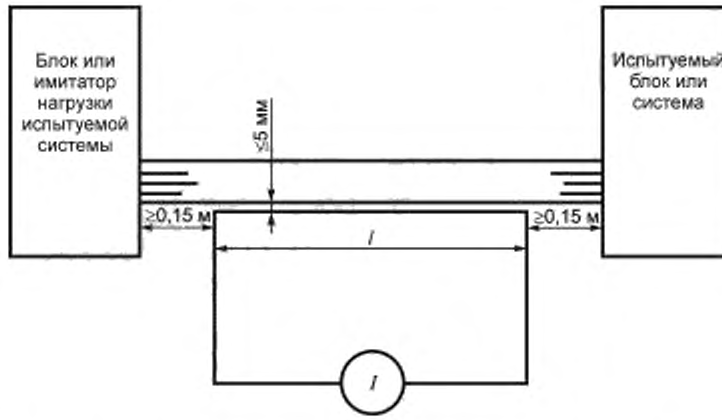


Рисунок С.1 — Блок-схема установки для испытания восприимчивости к магнитным полям звуковой частоты

Таблица С.1 — Применимость категорий оборудования к испытаниям восприимчивости к наводимым сигналам

Категория оборудования	Внешнее магнитное поле
Оборудование, предназначенное в основном для работы в системах, где требуется работа без помех	От 30 А/м при 400 Гц до 0,8 А/м при 15 кГц
Оборудование, предназначенное в основном для работы в системах, где желательна работа без помех	18 А/м от 380 до 420 Гц
Оборудование, предназначенное в основном для работы в системах, где требуется работа без помех и где возникают существенные связи из-за проложенных длинных проводов или минимального разноса между проводами	120 А/м от 380 до 420Гц и от 60 А/м при 400 Гц до 1,6 А/м при 15 кГц

Приложение Т
(рекомендуемое)

План проверки электромагнитных эффектов на уровне комплекса

Т.1 Проверка электромагнитных эффектов на уровне комплекса включает в себя следующие методы:

- выбора критических цепей, которые должны контролироваться на соответствие критериям ухудшения и коэффициенту безопасности;
- проверки совместимости при учете излучаемых и кондуктивных помех на уровне комплекса;
- проверки запасов по кондуктивным помехам в линии питания в дифференциальном и синфазном режимах, особенно для распределительных выводов и критических цепей;
- проверки запаса в синфазном режиме для кабельных жгутов, особенно кабельных жгутов, соединенных с критическими цепями, и жгутов, проложенных близко к датчикам критических цепей;
- проверки радиочастотной внутрисистемной совместимости (совместимости передатчиков, приемников и КА в целом во всех режимах работы);
- проверки конструктивной достаточности защиты КА от электризации (статического электричества, зарядки КА) и программных требований к молниезащите. Заблаговременное планирование заказа электровзрывных устройств, сенсибилизированных или проверенных инструментально с коэффициентом безопасности, имеет определяющее значение для своевременной проверки ЭМС.

Кроме того, должны быть предусмотрены:

- процедуры, применяемые при разработке критериев отказа и норм. При проверке воздействия помех на приемники важно проверять как запирание чистых каналов, так и способность воспроизводить сигналы известной интенсивности;
- способы имитации и испытаний электровзрывных подсистем и устройств;
- проверка качества электрической энергии и методы контроля шин питания постоянного и переменного (в зависимости от необходимости) тока;
- способы проверки ЭМС на интерфейсах, например, на интерфейсе ракеты-носителя;
- эффекты объемных резонаторов.

Т.2 Определение условий испытаний включает в себя следующее:

- условия испытаний для всего электронного и электрического оборудования, установленного в космическом комплексе или связанного с ним, и последовательность операций во время испытаний, включая коммутацию. Матрица испытаний внутрисистемной совместимости «эмиттер ЭМП-восприимчивое к ЭМП ТС» (см. приложение Ф) является частью процедуры проверки космического комплекса;
- реализацию и порядок процедур испытаний, которые должны включать режимы работы и контрольные точки для каждого оборудования и(или) подсистемы;
- использование утвержденных результатов лабораторных испытаний помех от оборудования и(или) подсистем;
- методы регистрации и отчетности о полученных данных и их анализе;
- испытательные площадки и описания приспособлений для имитации рабочих характеристик в случаях, когда реальная работа нецелесообразна;
- такое сочетание режимов работы оборудования и(или) подсистем, которое обеспечивает испытание восприимчивых к ЭМП ТС в наиболее чувствительных режимах, в то время как эмиттеры ЭМП испытываются в самых «шумящих» режимах. Необходимо отметить, что любые отдельные оборудование и (или) подсистема могут быть как эмиттером ЭМП, так и восприимчивым к ЭМП ТС, и поэтому может понадобиться испытывать их в нескольких режимах работы;
- указания, относящиеся к частотным диапазонам, каналам и комбинациям, которые должны быть испытаны специально, таким, как частоты побочных каналов приема, промежуточные частоты, частоты гетеродинов, основные частоты и гармоники передатчиков, ширина полосы приемников и скорость перестройки измерительного оборудования; должны быть включены частоты восприимчивости подсистем, выявленные в ходе лабораторных испытаний.

Приложение У
(рекомендуемое)

Рекомендации по содержанию отчета о проверке электромагнитных эффектов

В отчете о проверке электромагнитных эффектов, как правило, приводят следующее:

- перечисление поставленных целей, включая применимые требования и ссылки на план проверки электромагнитных эффектов;
- описание испытываемого объекта, включая серийный номер, конфигурацию и, если нужно, чертежи (фотографии);
- описание каких-либо изменений местоположения и конфигурации изделий, вызванных отказами при проверке;
- сводка результатов, включая итоговую сводку, устанавливающую степень соответствия требованиям;
- описание любых отклонений от испытательных установок, методов или средств анализа и средств контроля, предусмотренных планом проверки электромагнитных эффектов;
- описание любых отклонений от процедур, предусмотренных планом проверки электромагнитных эффектов;
- схемы или фотографии испытательных установок;
- перечень испытательного оборудования, включая, если необходимо, информацию о калибровке;
- зарегистрированные данные или графики, включая отсчеты приборов, поправочные коэффициенты и предварительно обработанные результаты. Должны быть описаны методы предварительной обработки данных. Если значения данных были искажены условиями испытания, то должны быть установлены причина и влияние на результаты;
- идентификация внешних воздействий и других условий испытаний.

Приложение Ф
(рекомендуемое)

Рекомендации по демонстрации внутрисистемной электромагнитной совместимости

Полезным способом проверки внутрисистемной ЭМС является применение матрицы совместимости, пример которой приведен в таблице Ф.1. Матрица совместимости показывает все сочетания отдельных видов оборудования и(или) подсистем, которые должны быть испытаны, чтобы подтвердить общую внутрисистемную совместимость. Пример матрицы совместимости представлен ниже. Для обеспечения проведения испытаний должны быть включены процедуры проверки работы всех элементов матрицы. Должно быть предусмотрено необходимое специальное обеспечивающее оборудование, требуемое для испытаний ситуаций «эмиттер ЭМП-восприимчивое к ЭМП ТС». Перед демонстрацией совместимости любой конкретной пары «эмиттер ЭМП-восприимчивое к ЭМП ТС» нужно предварительно убедиться, что эмиттер ЭМП функционирует нормально и что восприимчивое к ЭМП ТС также функционирует нормально, когда на эмиттер ЭМП не подано питание.

Таблица Ф.1 — Матрица совместимости

Восприимчивое к ЭМП ТС	Эмиттер ЭМП				
	Оборудование A	Оборудование B	Оборудование C	..	Оборудование N
Оборудование A	Неприменимо	Испытывается	Испытывается	Испытывается	Испытывается
Оборудование B	Испытывается	Неприменимо	Испытывается	Испытывается	Не испытывается
Оборудование C	Испытывается	Не испытывается	Неприменимо	Испытывается	Испытывается
...	Испытывается	Испытывается	Испытывается	Неприменимо	Испытывается
Оборудование N	Испытывается	Не испытывается	Испытывается	Испытывается	Неприменимо
Примечание — «Не испытывается» означает, что эти два средства никогда не работают вместе или не создают друг другу помехи, поэтому демонстрация не требуется.					

Библиография

[1]	ISO 7137:1995	Авиация. Внешние воздействующие факторы и методики испытаний бортового оборудования
[2]	ECSS—E—ST—20—07C	Космическая техника. Электромагнитная совместимость
[3]	ISO 14302:2002	Космические комплексы. Требования к электромагнитной совместимости
[4]	MIL—STD—461F	Требования к контролю характеристик электромагнитных помех в подсистемах и оборудовании

УДК 621.391.82:006.354 ОКС 49.140

Ключевые слова: совместимость электромагнитная, космический комплекс, требования, методы испытаний, космическая техника

Редактор *М.И. Максимова*
Технический редактор *В.Ю. Фотиева*
Корректор *А.С. Черноусова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Подписано в печать 29.04 2016. Формат 60×84⅛ Гарнитура Ариал Усл. печ. л 8,37
Уч.-изд. л 7,65 Тираж 20 экз. Зак. 1216.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru